

**El estado del proyecto a 9 de julio de 2013**

Escuela infantil en los Edificios Luz por

Alejandro Campos Uribe en el Taller 5

# una memoria

Antes de empezar a redactar la "memoria", creo que es interesante preguntarse qué es o qué tiene que ser exactamente una memoria de un proyecto final de carrera. Hay muchas respuestas a la pregunta, y yo he encontrado la mía, algo particular.

La memoria, en principio, explica con palabras y dibujos el estado de un proyecto en el momento de la entrega. No es un estado final, porque un proyecto no se termina hasta que se construye, y al mismo tiempo sí que lo es, porque un PFC se termina (normalmente) cuando se entrega. Entendiendo la memoria como una cristalización de un instante del tiempo en un proyecto, se libera al documento del proceso, y se dirige hacia algo mucho más concreto. Esto estaría bien, y es la manera en la que habitualmente se redactan y dibujan las memorias de los proyectos "finales".

Todo esto a mi me parece bastante mal, y lo escribo porque lo pienso. El proyecto no es lo que hay en un instante detenido de tiempo, sino todo lo que se ha ido realizando desde que se empezó, e incluso desde mucho antes. El proyecto es un proceso, y lo que adquiere validez no es un resultado, puesto que un resultado no adquiere validez hasta que se construye; sino justamente el acierto al elegir los procesos, las preguntas que se movilizan, y no tanto sus respuestas concretas, pero sí el hecho de que existan y tengan coherencia.

Al mismo tiempo, en una memoria, impresa en A3 y con un gusanillo, no caben todas estas cosas, que son (o deben ser) muchas. En un documento de estas características cabe, efectivamente, un "estado actual" del proyecto, y eso es algo que me ha preocupado desde el principio. Se han hecho muchas memorias de PFC (y muy distintas), y algunas han intentado incluir partes del proceso, pero de manera poco efectiva, mezclada, como si el proceso fuera algo sumado a los dibujos finales, cuando justamente es al revés. Los dibujos finales son parte del proceso.

Entendiéndolo así, el estado actual como una parte de un proceso mucho más extenso, en el que cabe un análisis del lugar más intenso, una evolución del proyecto, muchas palabras y conversaciones, maquetas y dibujos; lo que antes era la "memoria" pasa a contar de manera muy efectiva, y directa, únicamente una cosa.

Este documento no se llamará *memoria* a partir de ahora. Este cuaderno A3 se va a llamar "*El estado del proyecto a 9 de julio de 2013*", y eso es lo que se va a contar. La memoria es todo lo demás, ordenado o desordenado, y también esto.

En el estado del proyecto a 9 de julio, ya no hay un **lugar preexistente**, ni un **enunciado**, ni una **evolución**, ni unas **razones**. **No hay procesos**. En definitiva, en el *Estado del proyecto a 9 de julio* hay un índice, que es:

1. **Un lugar modificado**. El lugar anterior ya no existe en los ojos del arquitecto.
2. **Un programa decidido**. El enunciado ha desaparecido, ya se ha encontrado una respuesta concreta.
3. **Unos espacios definidos**. Acotados, delimitados. Ya dibujados.
4. **Una construcción concreta**. Unos materiales elegidos, y unos acuerdos entre ellos.
5. **Una estructura calculada**. Y una normativa.
6. **Unas instalaciones tendidas**. Unos sistemas que satisfacen unas necesidades concretas.

\* Todo lo demás, y su manual de instrucciones, aquí no lo vas a encontrar. Pero también está.

## *un lugar modificado*

A la ciudad se cede un parque, y una circulación libre. Unos comercios que se utilizan, porque el coche queda fuera de de la manzana. Hay unas calles pavimentadas y con árboles, en las que juegan los niños o esperan los padres. Un lugar entre edificios pero bien iluminado, a medio paso de los Jardines de Viveros, y un paso del Jardín del Río Turia, en un barrio residencial, con vida. También se cede un espacio en planta primera, que pueden utilizar los vecinos para reuniones, teatros, cines o exposiciones.

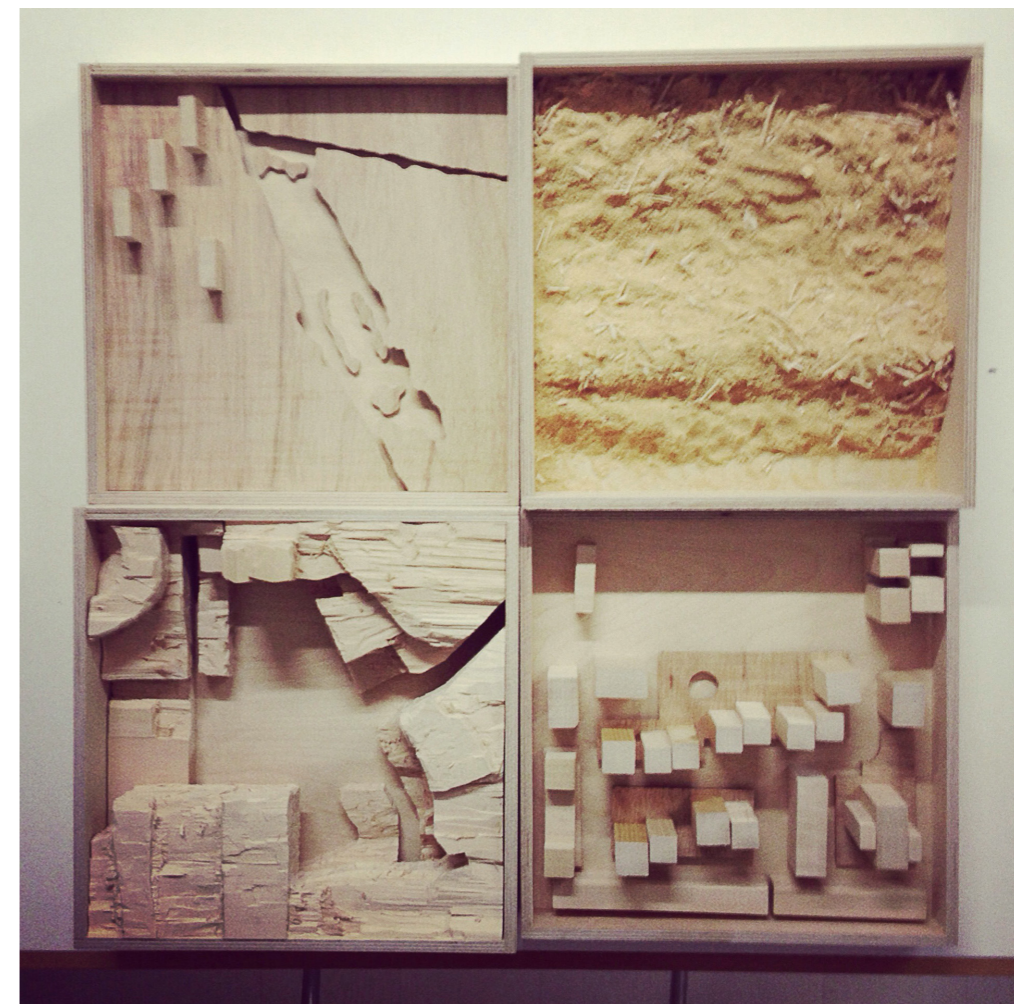
A las oficinas se cede mucha luz, porque se llevan al perímetro, y vistas a la ciudad, de la que viven. Se cede también unas zonas comunes, de reuniones, que se reservan por horas, y una cafetería. Y se unen con las oficinas del otro conjunto, a modo de puente sobre el parque, y se permite un acceso en ese puente, abierto, hacia ambos zócalos. Los recorridos se organizan y se reducen, y las oficinas se dibujan con la dimensión perfecta para tener circulación interior, y espacios de trabajo bien iluminados.

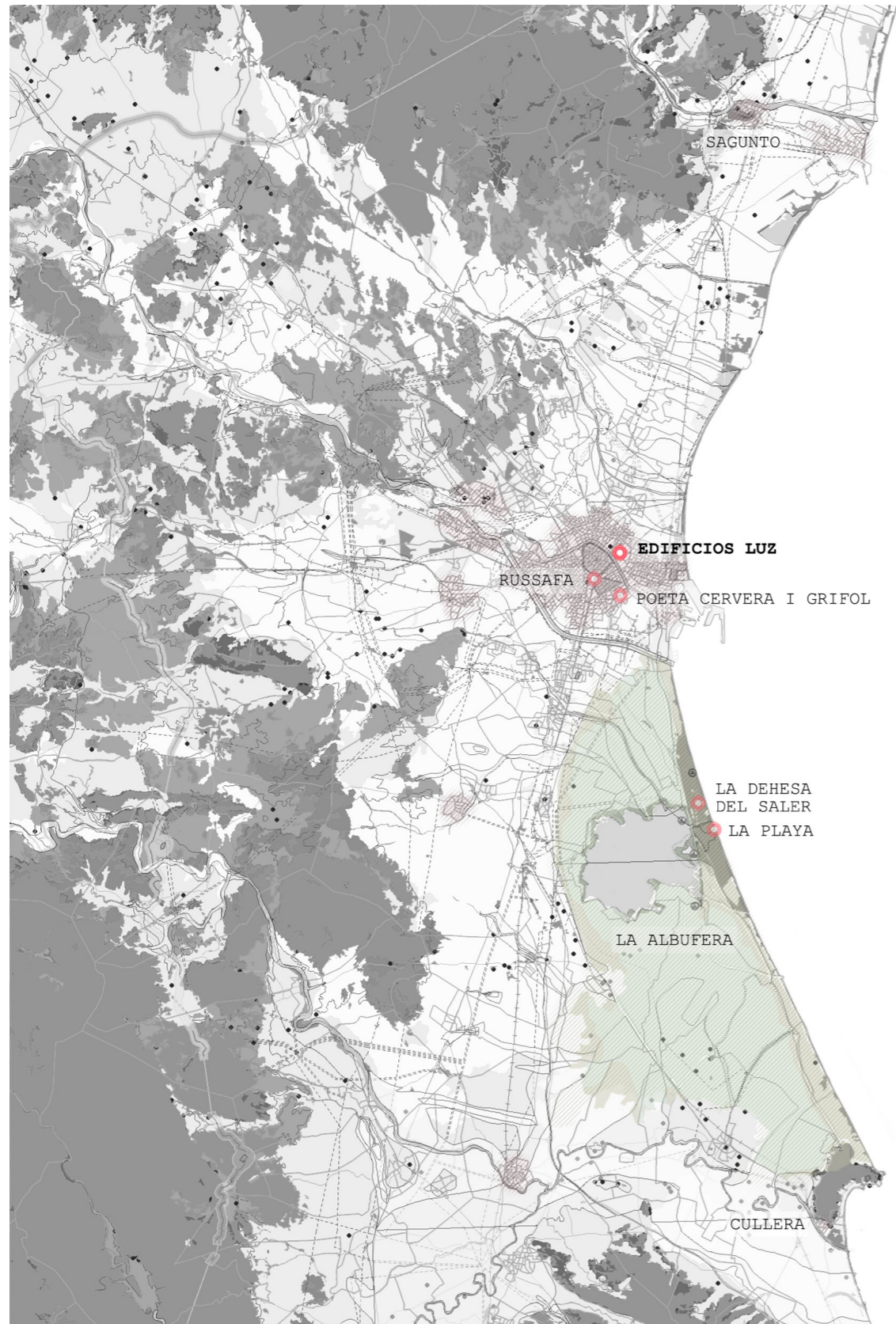
A la escuela se cede la cubierta, que se convierte en el patio de juegos, y el interior del zócalo, que se perfora y se ilumina, y se ventila. Se cede todo esto, y además un patio de entrada, y un recorrido en planta baja hasta llegar al patio, y unas gradas. Se cede silencio, y vistas del cielo.

Es un lugar modificado, en el que adultos y niños tienen su espacio siempre bien iluminado y ventilado. Un lugar en el que el coche casi ha desaparecido, y la planta baja se utiliza, se recorre, y tiene vida.

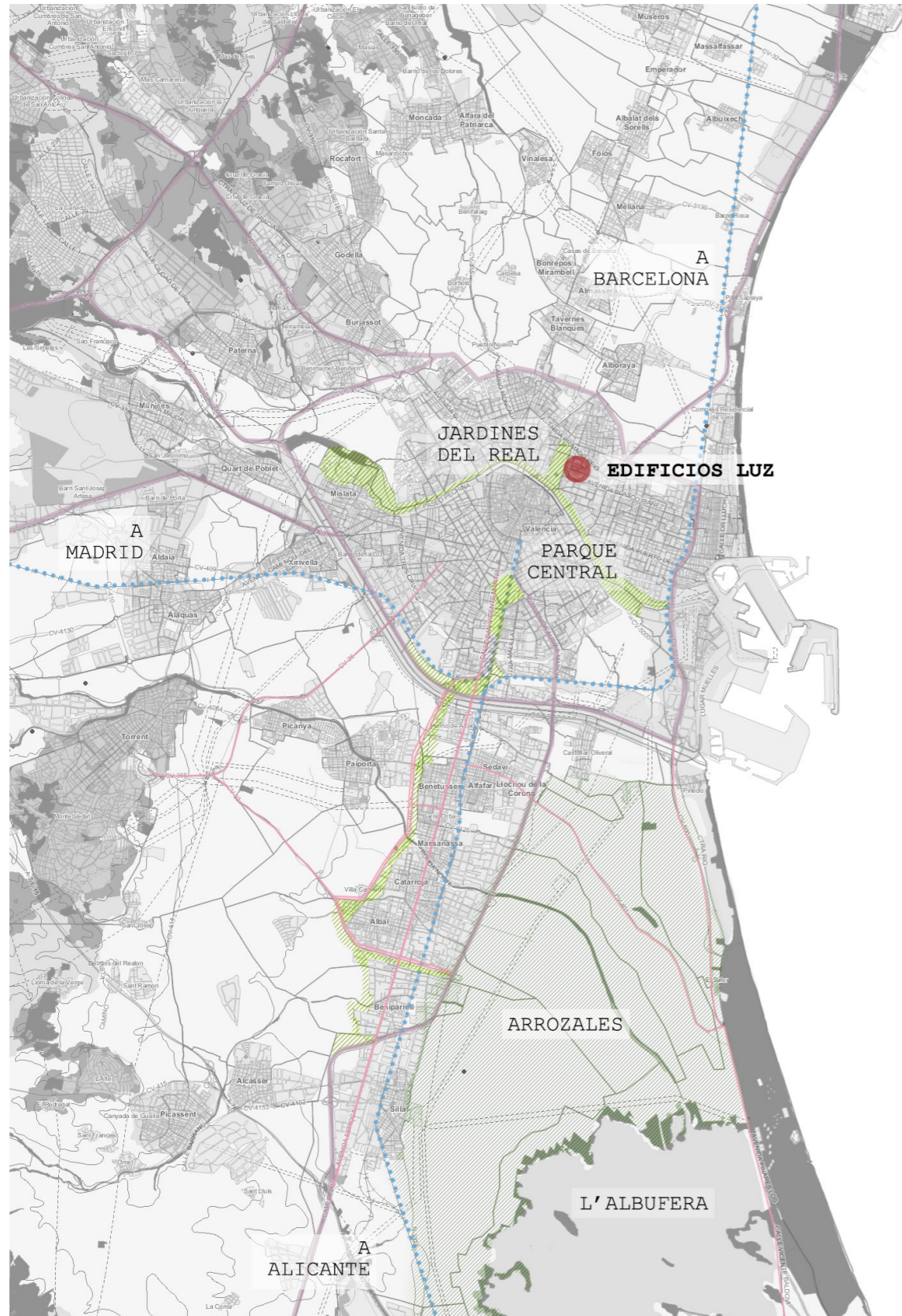
P: ¿Y antes, qué era?

R: Un lugar olvidado





Estos son los 5 emplazamientos propuestos. Y el que se ha escogido, para pasear hasta viveros con el abuelo, ir a la panadería, rehabilitar una zona maltratada de la ciudad, aprender la obra de GODB, trabajar en un edificio existente, con grandes posibilidades. Y porque me apetecía.



Veo este dibujo y pienso. Espacios verdes sin conectar. Un puerto que cierra la vista de la ciudad al mar. Dar la espalda al parque natural de L'Albufera. **La falta de una unión coherente de la ciudad con sus alrededores, la existencia de límites físicos.** Y en cambio, una conexión rodada muy buena con ciudades a 300km de distancia. Unas grandísimas posibilidades. Una unión aquí, un túnel allá. Arreglado.



A esta escala veo que el conjunto de edificios está en una posición privilegiada del núcleo urbano, pero encuentro puntos, y los indico, que no están bien resueltos dentro del trazado de la ciudad. Particularmente siempre me ha molestado la inexistente unión de los Jardines del Real (Viveros) con el jardín del antiguo cauce del río Turia. Es un punto con un potencial enorme, que podría facilitar la bajada de los vecinos al río directamente desde viveros, y que está resuelto con un túnel de 2 metros de anchura, y rampas del 20%.

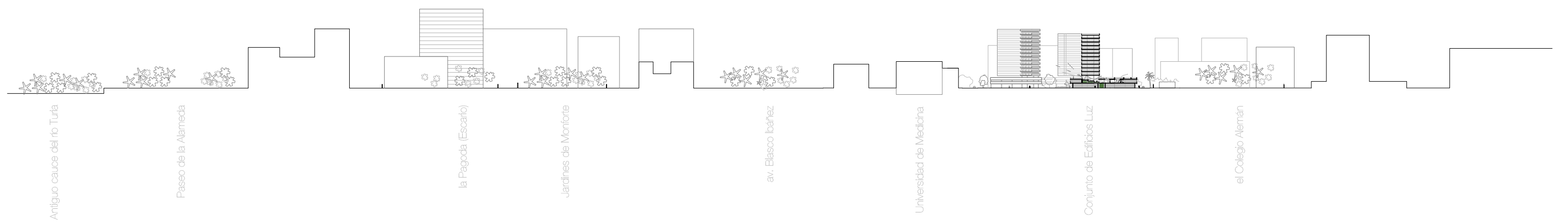
La ciudad se mira con un lápiz en la mano. Y es mejor mirarla de lejos. Es, otra vez, una ciudad con ganas de ser modificada.



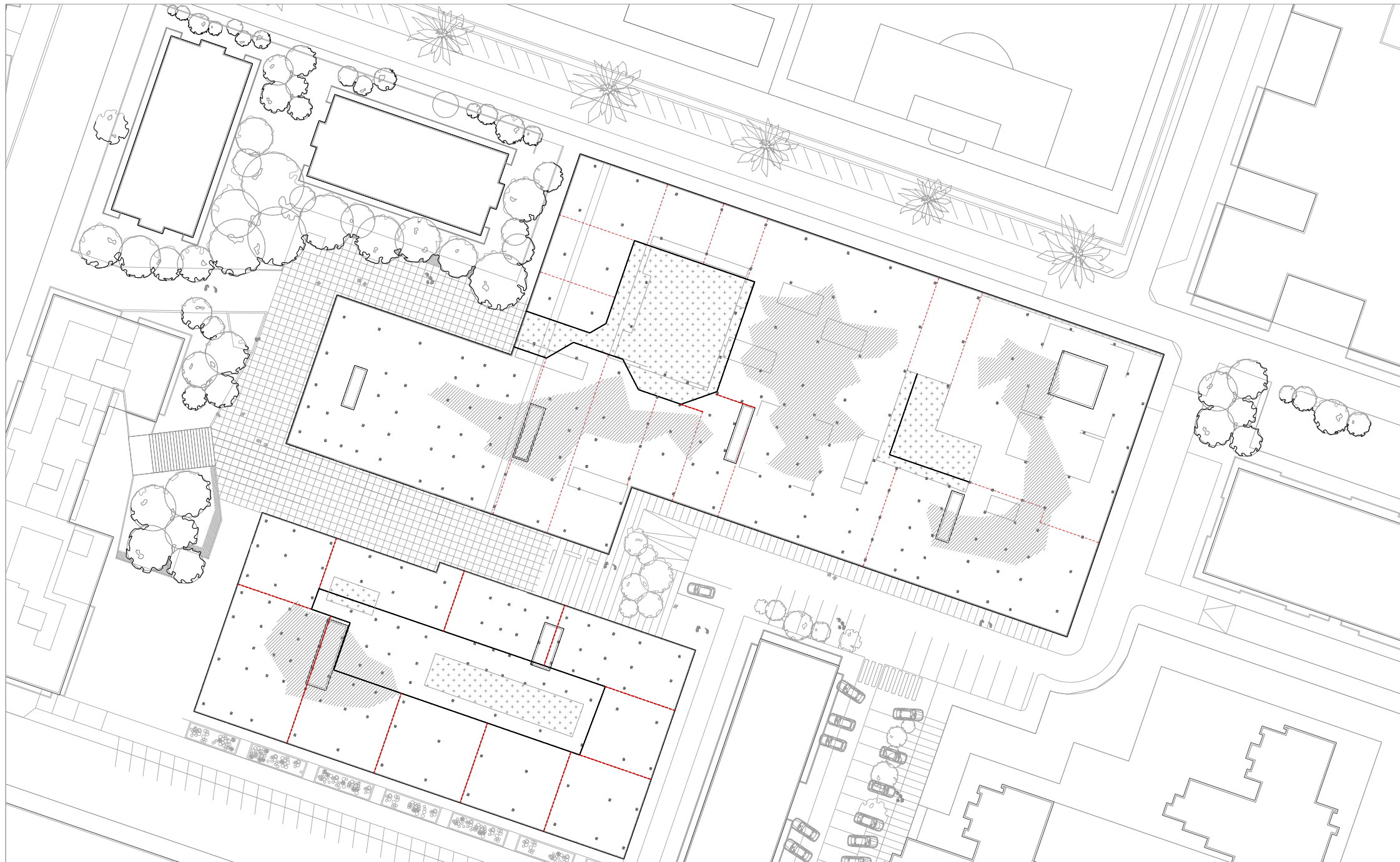
Leyenda

- 1 Campus Universitario.
- 2 Colegio Alemán.
- 3 Parque de Viveros.
- 4 Universidad de medicina y odontología.
- 5 Avenida Blasco Ibañez.
- 6 Paseo de la Alameda.



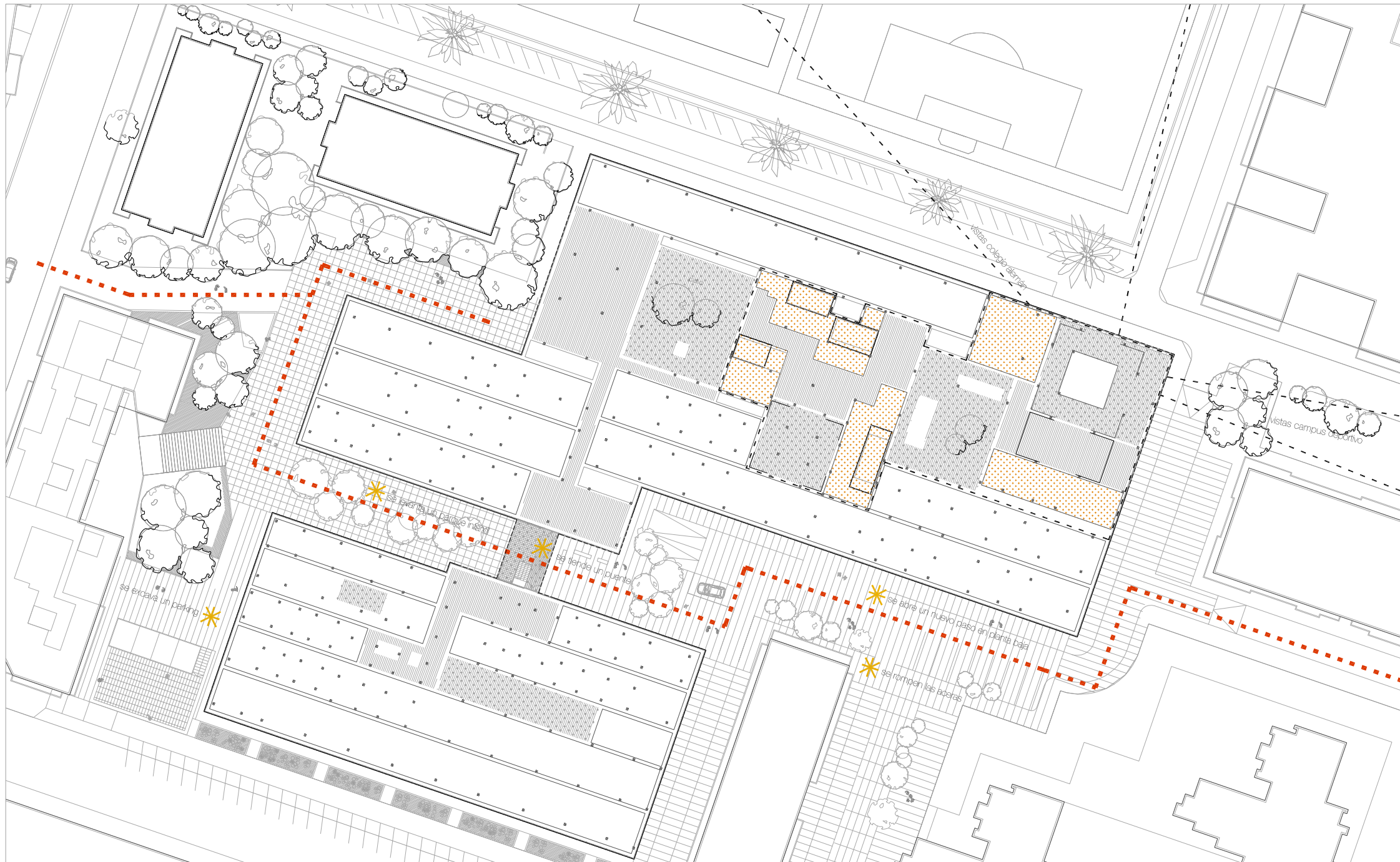






Había edificios separados que dejaban ver el cielo, y entrar la luz. Había un pasaje comercial, y una distancia entre la calle y las viviendas. Había una cubierta con vistas, una superficie con grandes cualidades para ser utilizada. Había un paseo para ir a viveros, por las tardes, con el abuelo, a dar de comer a los patos.

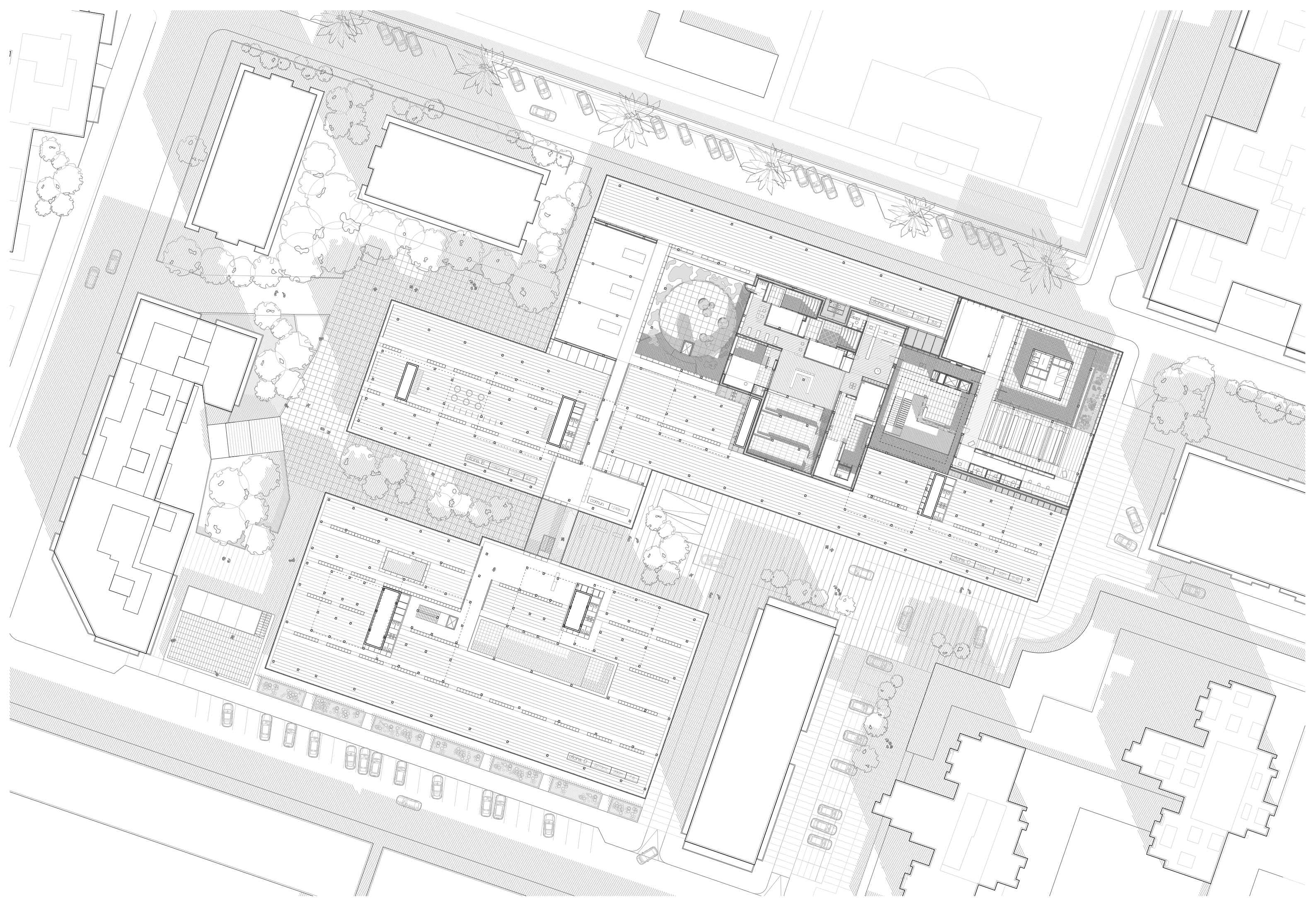
Era evidente que la gran profundidad del zócalo no ayudaba a la distribución de las oficinas. Había lugares sin luz, que tenían únicamente un forjado de separación con el cielo. Había muchos coches, demasiados; que transformaban la edificación abierta en manzana cerrada. Había un suelo; abandonado, y pocos árboles. Hacía falta, una escuela.

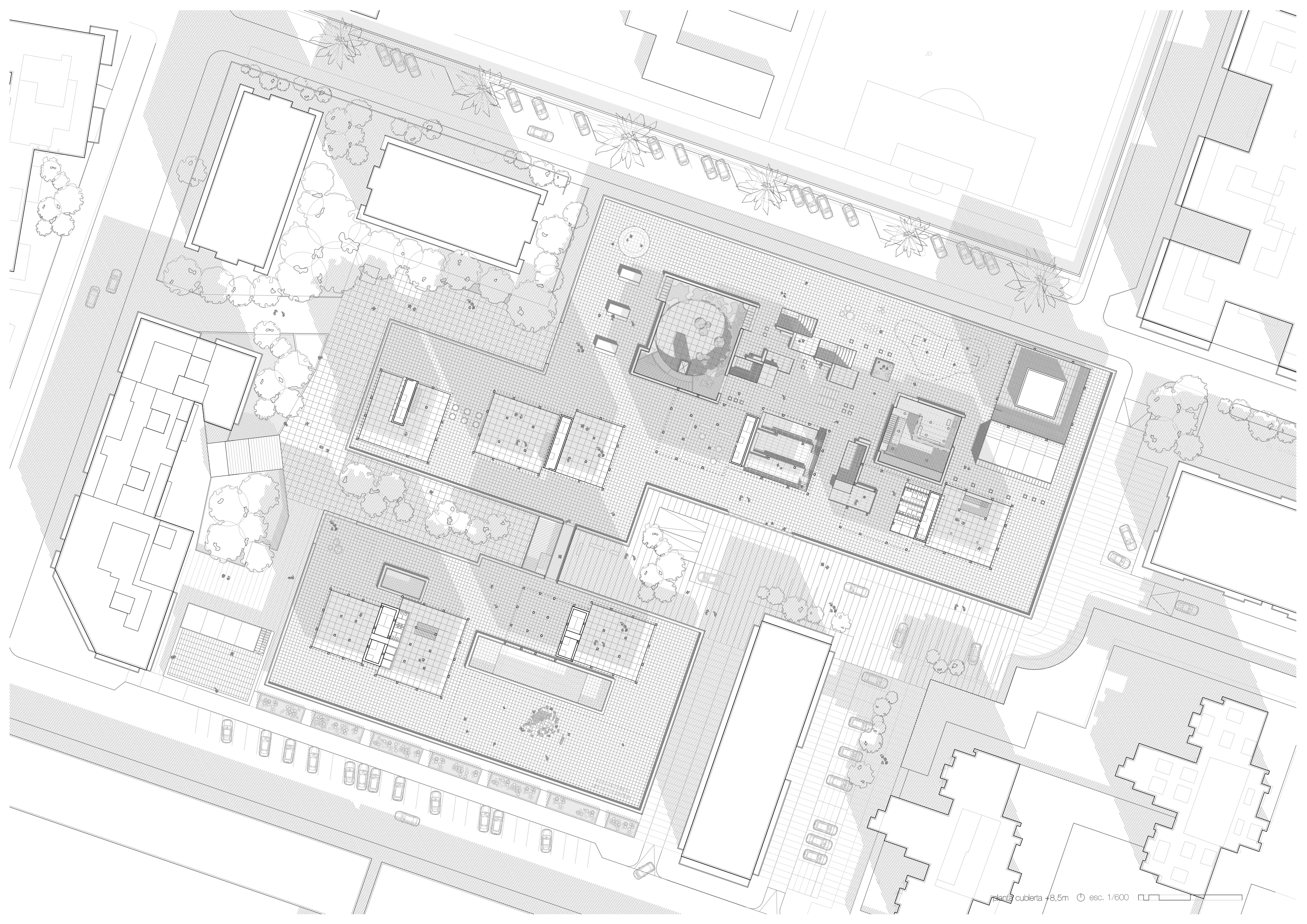


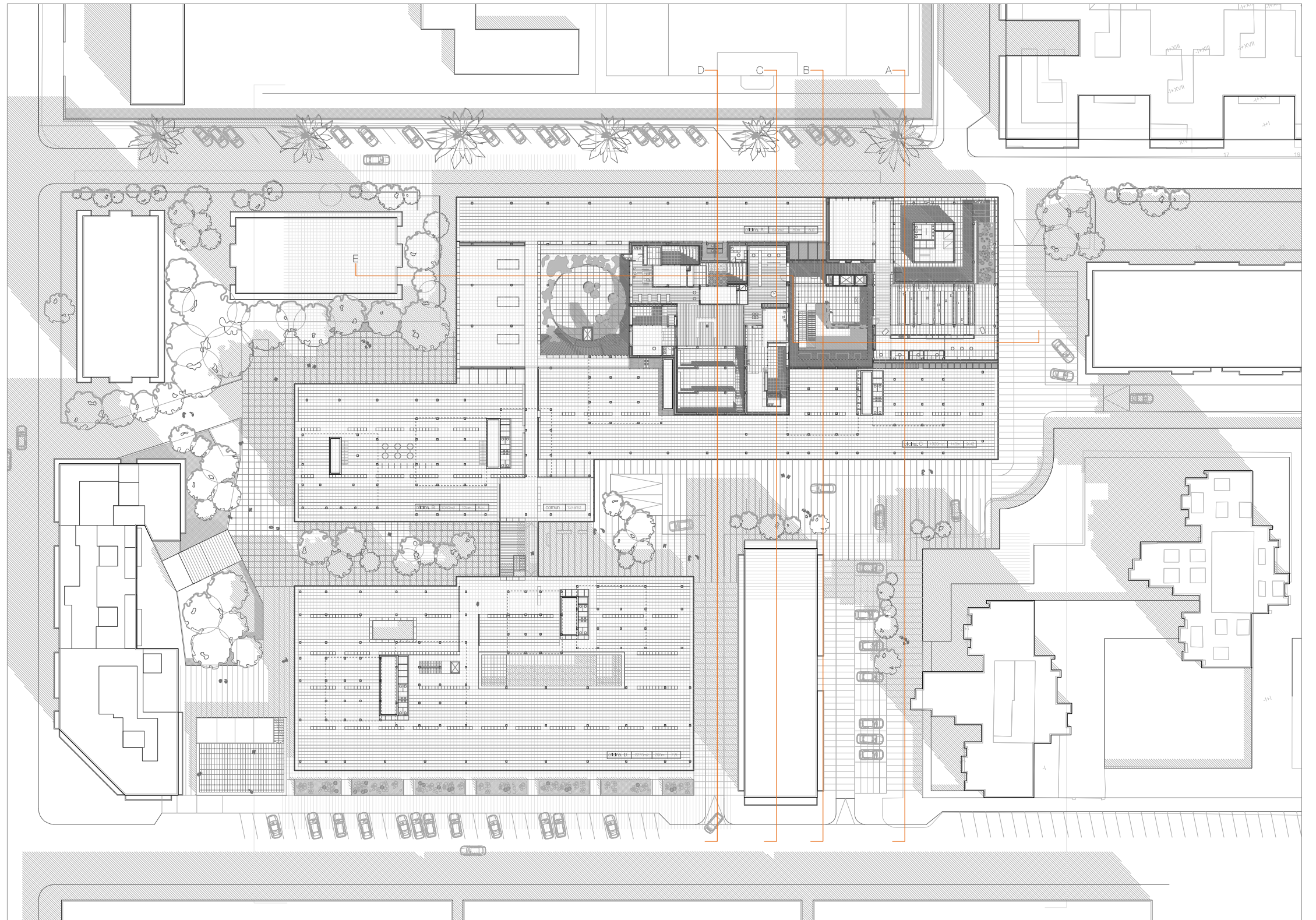
Robaré una frase para comenzar:  
 "Se trató de resolver otros problemas de índole de uso: tener sol, tener sombra, ver el mar"  
 Y la modificaré, con Su permiso, para terminar:  
 "Se trató de resolver otros problemas de índole de uso: tener luz, tener aire, ver el (verde) mar"

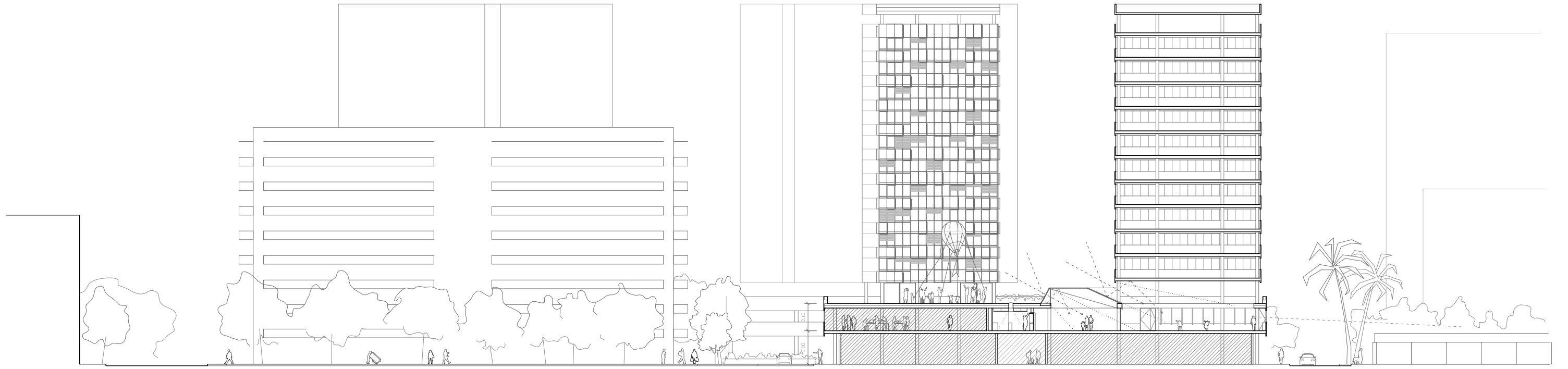
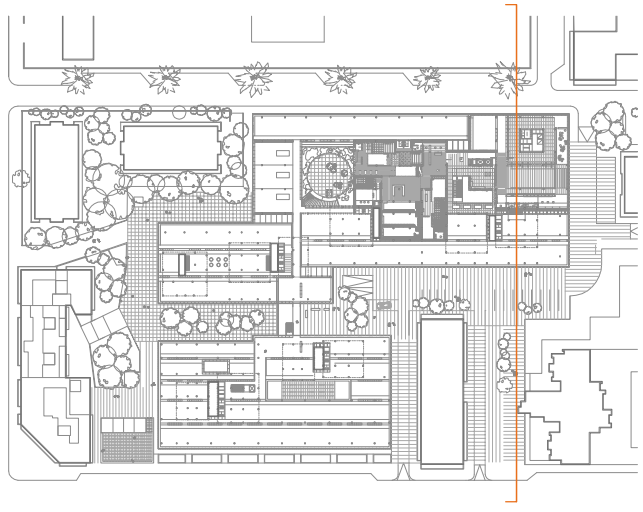
Se construyó una escuela. Y algo más.  
 Y se la devuelvo.

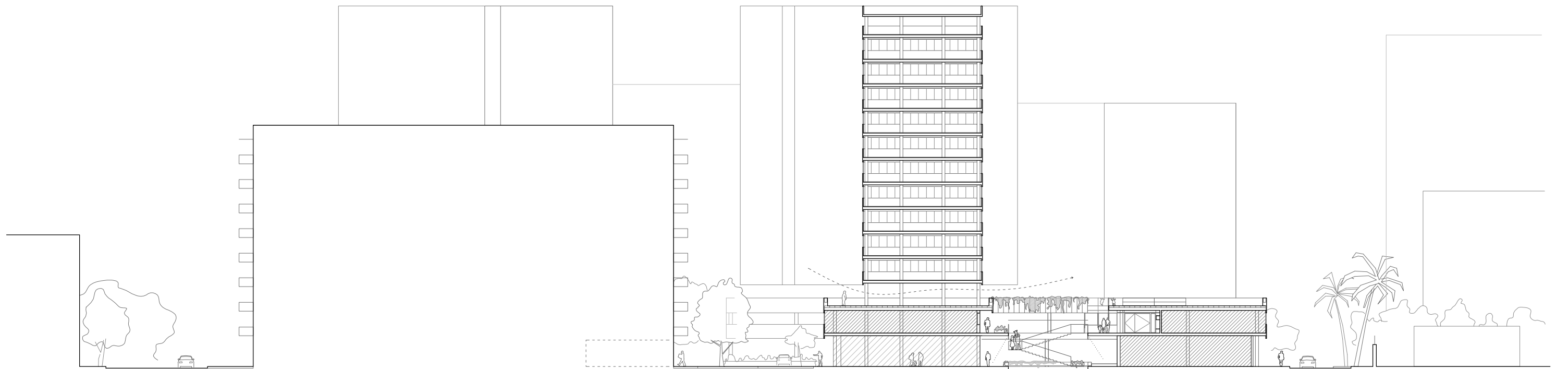
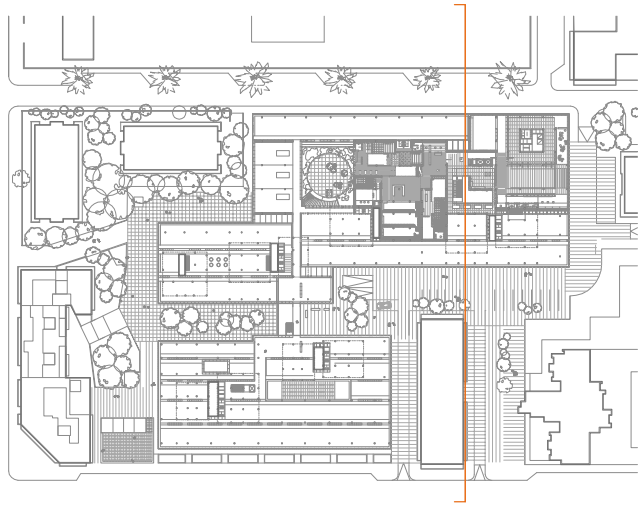




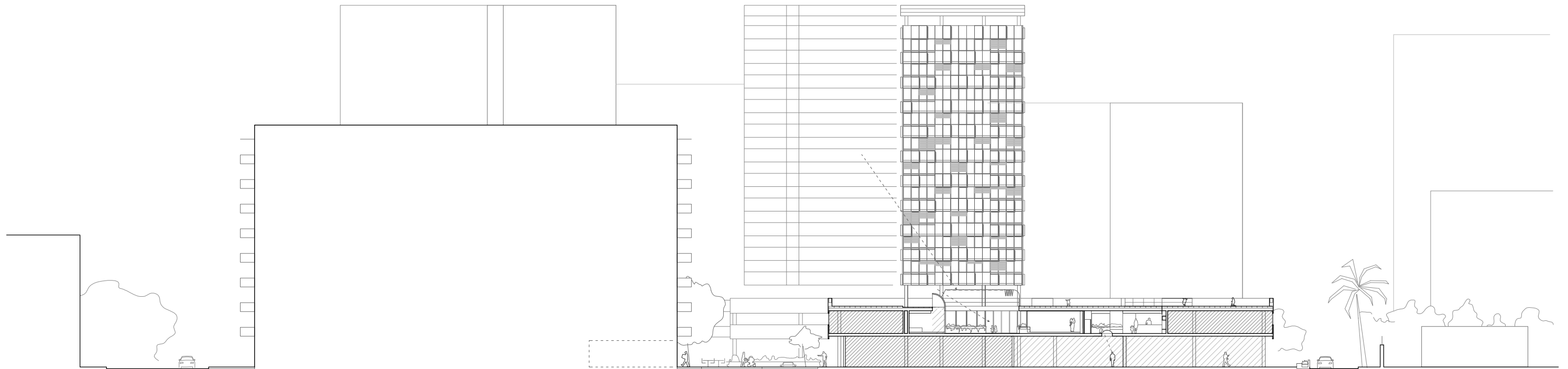
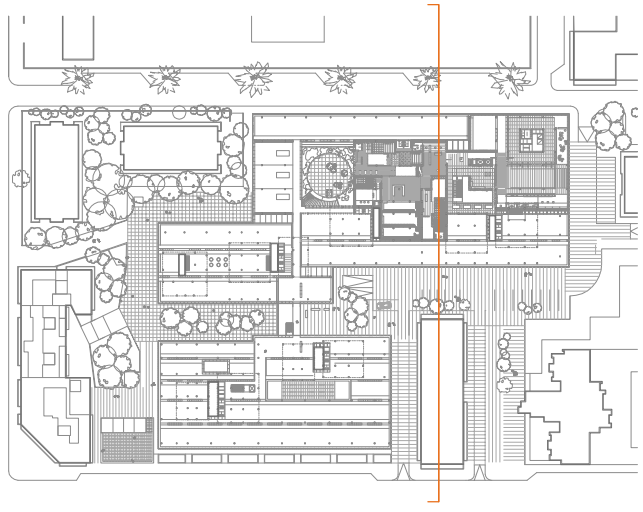


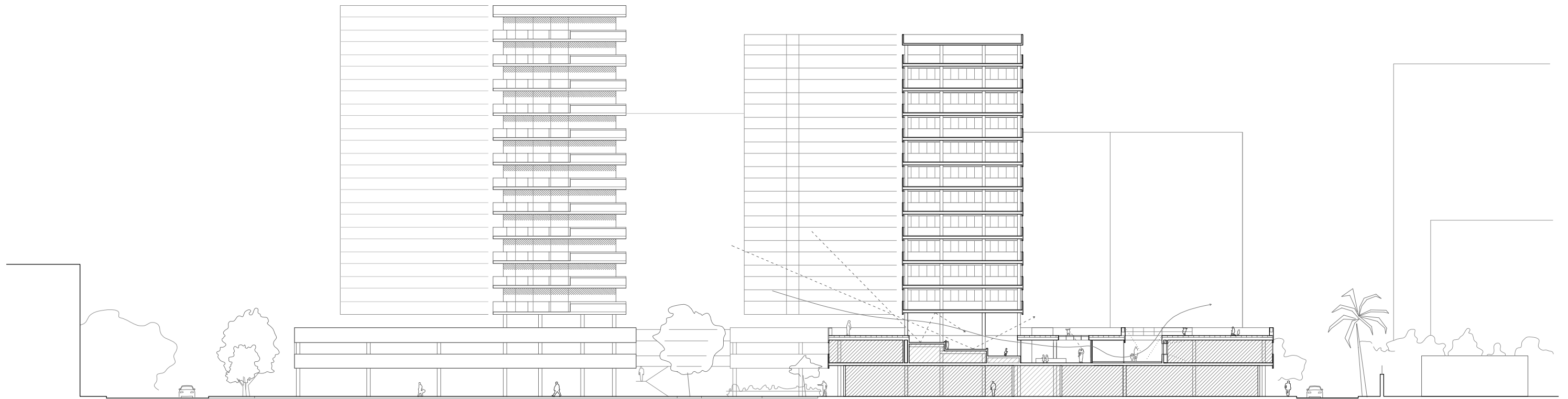
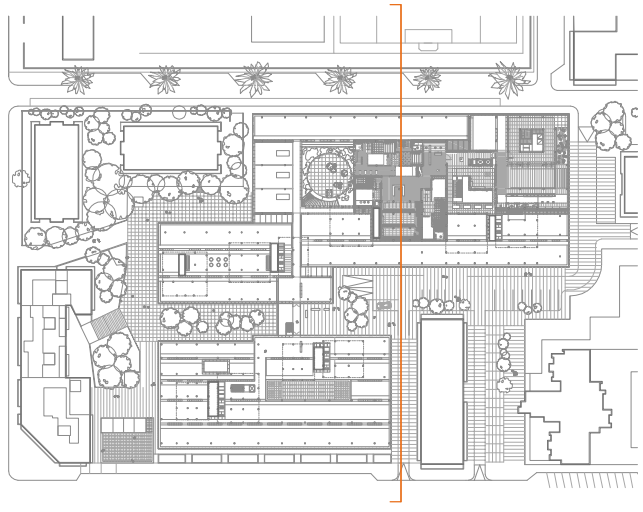


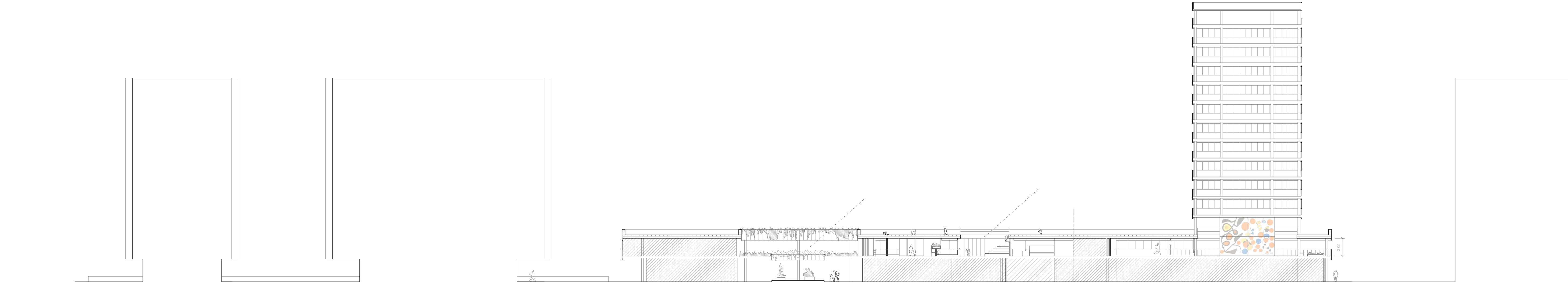












## *un programa decidido*

La escuela está en la ciudad, en el interior del interior de la ciudad, y responde con un programa adecuado. El proyecto se divide en dos partes separadas por el patio de acceso, de forma que se pueden utilizar de manera independiente. Es importante remarcar, desde el principio, que el interés de un proyecto en la ciudad nace justamente de estar dentro, y no fuera, y por eso se potencian los espacios comunes interiores, en silencio, aislados dentro de una cáscara de oficinas. Los espacios exteriores se dejan casi sin tratar, como se encuentran.

Una de las partes de la escuela es la zona de aulas, que es el núcleo fundamental de la escuela, y que tiene espacio suficiente para acoger a todos los alumnos al mismo tiempo, con acceso directo al patio de juegos, que es la cubierta del basamento. La organización concreta de este lugar queda fuera de esta parte del documento. Se proyecta un total de 5 aulas. Un aula para los niños de 3 años, con un tamaño algo mayor, para 25 o 30 alumnos, porque se entiende que a esa edad hay un menor número de niños que van a la escuela, y aún algunos siguen asistiendo a la guardería. Para 4 y 5 años, en cambio, habrá dos aulas con capacidad para 20 alumnos. En total 110 alumnos que viven los espacios de la escuela diariamente.

La otra parte de la escuela es la zona de usos comunes, con el gimnasio, el comedor y la cocina, y aulas taller. Este lugar se cede además a la ciudad cuando no está siendo utilizado por los alumnos. El gimnasio y el comedor, por entender que nunca se usan de manera simultánea, se sitúan en el mismo lugar. Aún así, cuando el tiempo lo permite, se utiliza la zona delimitada en cubierta como gimnasio al aire libre.

El resto es la cubierta, que no solo une el proyecto en la planta superior, sino que además es la que resuelve la iluminación y ventilación de todos los espacios. Como la membrana de un tambor, que vibra.



#### ZONA DE AULAS: 4.9 m2 por alumno

- 1 Aula para **3 años** con: un espacio cubierto y climatizado de 35m2, un espacio de almacenaje de 18m2, un espacio exterior de 26m2, un aseo de 5m2 y un altillo de juegos de 12m2. **Total: 30 alumnos, 3'2 m2 por alumno (96m2)**
- 2 aulas para **4 años** con: dos espacios cubiertos y climatizados de 60m2, un espacio de almacenaje de 28m2, un espacio exterior de 44m2, y un aseo de 8m2. **Total: 40 alumnos, 3'5 m2 por alumno (140m2)**
- 2 aulas para **5 años** con: dos espacios cubiertos y climatizados de 53m2, dos espacios de almacenaje de 30m2, dos espacios exteriores de 60m2, y un aseo de 7m2. **Total: 40 alumnos, 3'75 m2 por alumno**
- 1 espacio cubierto y climatizado para lectura, manualidades, escritura, etc. **Total: 110 alumnos, 65 m2**
- 1 espacio polivalente y climatizado. **Total: 110 alumnos, 115 m2**
- 1 espacio polivalente exterior cubierto. **Total: 110 alumnos, 265 m2**
- Espacio de llegada con conserjería de 60m2 y zona de espera y acceso de 30m2. **Total: 90 m2**
- Zona de dirección con un vestuario/aseo de 10m2 y un espacio de despachos de 25m2. **Total: 35 m2**

#### PATIO DE ACCESO:

- Escalera de comunicación con planta baja, de 1.5 metros de anchura.
- Zona de espera exterior y descubierta, con un montacargas, un ascensor y un cuarto de limpieza
- Acceso directo a la cocina y a la zona de basuras
- Circulación con posibilidad de ser cerrada entre ambas zonas de la escuela.

#### ZONA COMÚN: 6'8 m2 por alumno

- 1 espacio polivalente de gran altura para **gimnasio, comedor, salón de actos, etc**, de **235m2**
- 1 espacio polivalente que complementa al anterior, para **talleres, aula de música, etc**, de **130m2**
- Cocina, con zona de preparación, limpieza, almacén, gestión de residuos, y pequeña lavandería, de **110m2**
- Espacio exterior cubierto para patio de comedor de 248m2 con aseo de 14m2 y almacenamiento de 13m2

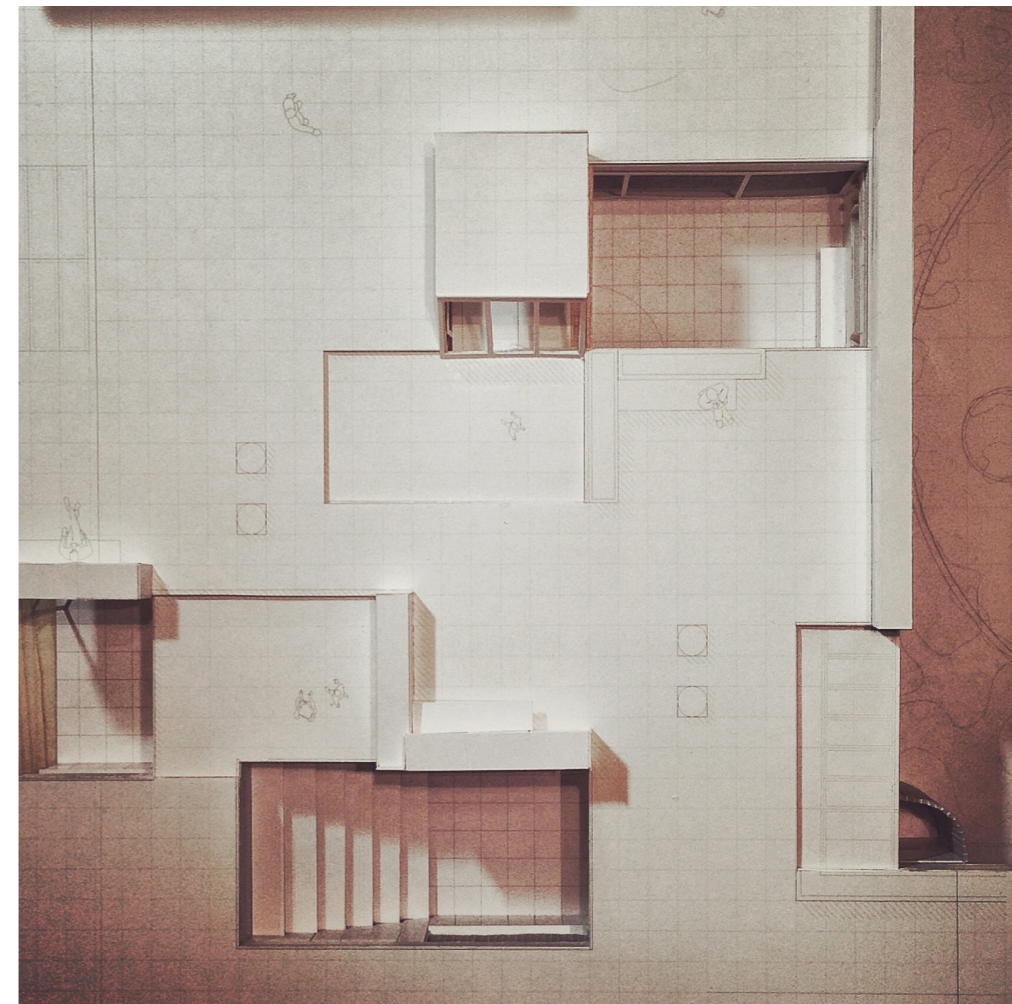
## *unos espacios definidos*

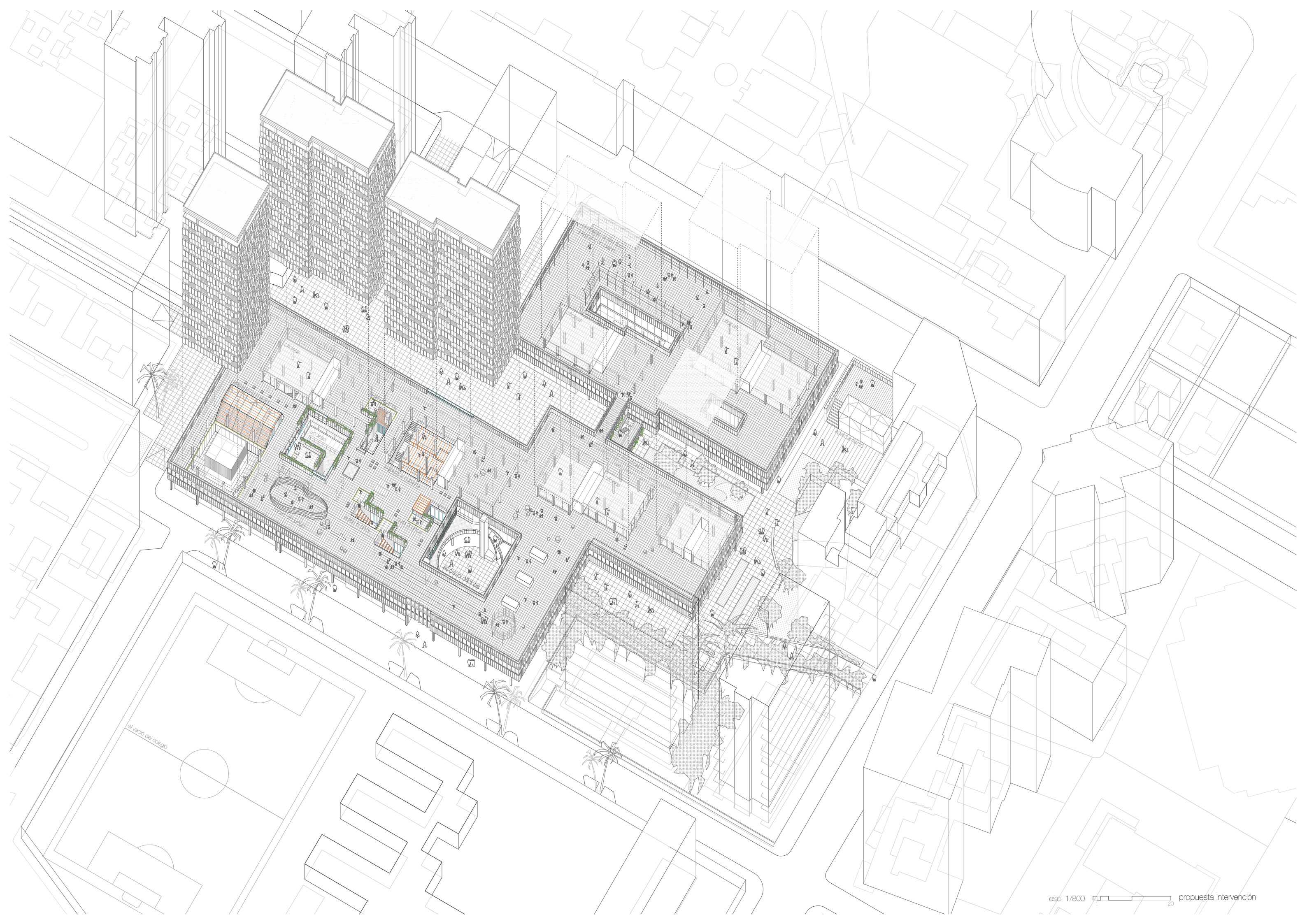
Fundamentalmente la escuela está en la zona interior de un zócalo, un lugar aparentemente oscuro. Las oficinas que antes había en ese lugar se trasladan a la huella de las torres en cubierta, y se modifica ese interior para construir una escuela.

Lo único que separa a ese lugar oscuro de la luz y el aire es un forjado de cubierta, y se propone simplemente su perforación mediante una serie de patios, y la organización de los espacios del programa en torno a ellos. Es, en realidad, una propuesta muy sencilla, que trabaja con jerarquías en árbol, siempre pensando en la luz y el aire, y en ver el cielo y nada más. Aunque está dentro de la ciudad, la ciudad queda oculta en la mayoría de los lugares, y los niños encuentran así un rincón en silencio.

Se trata de coger algo que ya estaba bien, y encontrar sus carencias, e intentar mejorarlo. Es hacer sitio a la escuela en el peor lugar del conjunto, pero mejorándolo en gran medida. Mejorar la escuela, las oficinas, la planta baja, y la cubierta, con muy pocas modificaciones, pero necesarias. Son unos espacios iluminados desde arriba, de superficies blandas, pequeños y a veces apretados. Y el patio es la cubierta, que ofrece una visión de la ciudad que no se ve en ningún otro sitio. Son espacios para los niños.

Hay muchas palabras escritas sobre estos espacios, aunque éste no es el lugar para copiarlas. Pero están, si se sabe buscarlas.





el vacío del colegio



patio del colegio alemán

patio de acceso

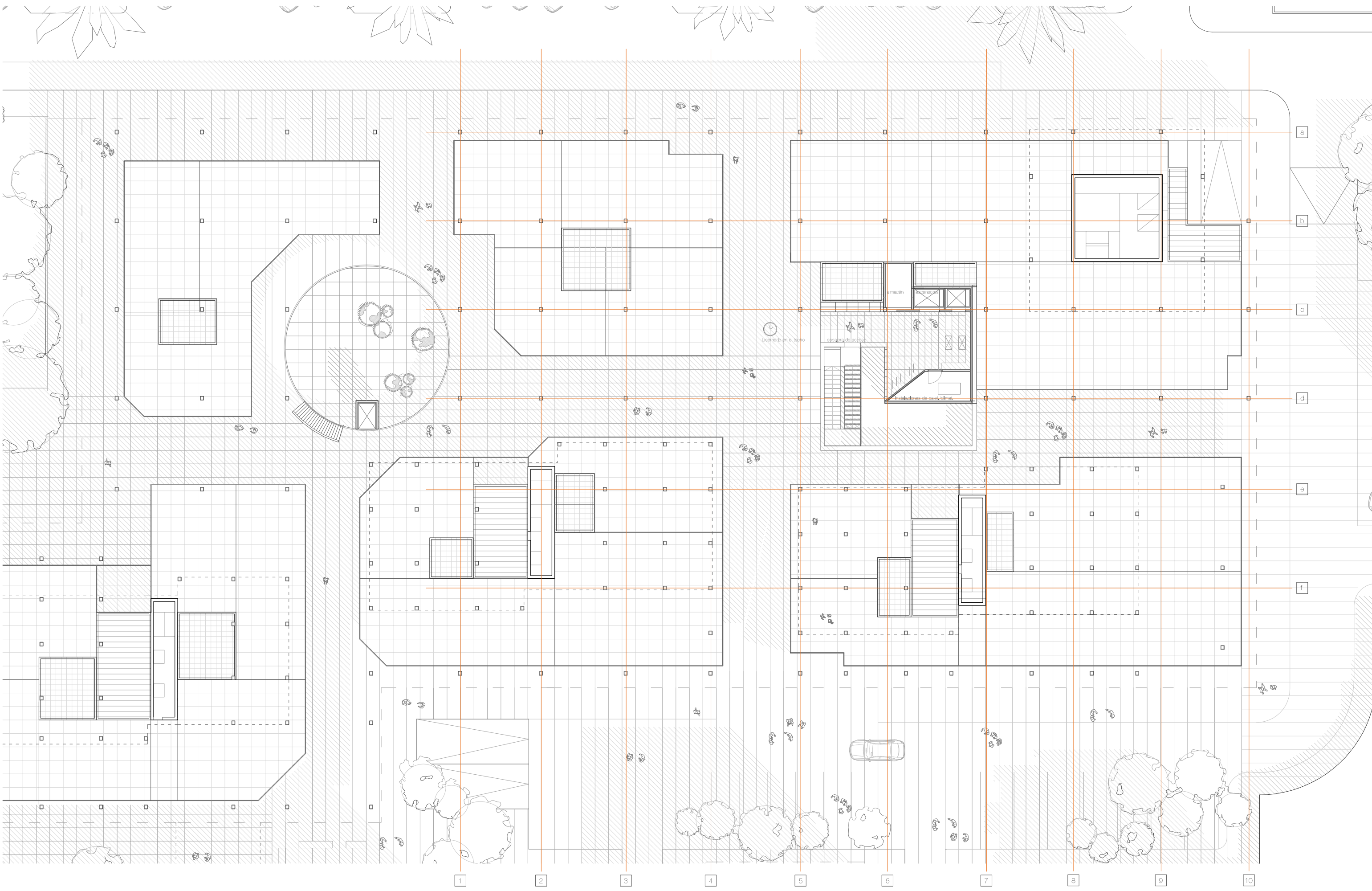
patio de acceso oficinas

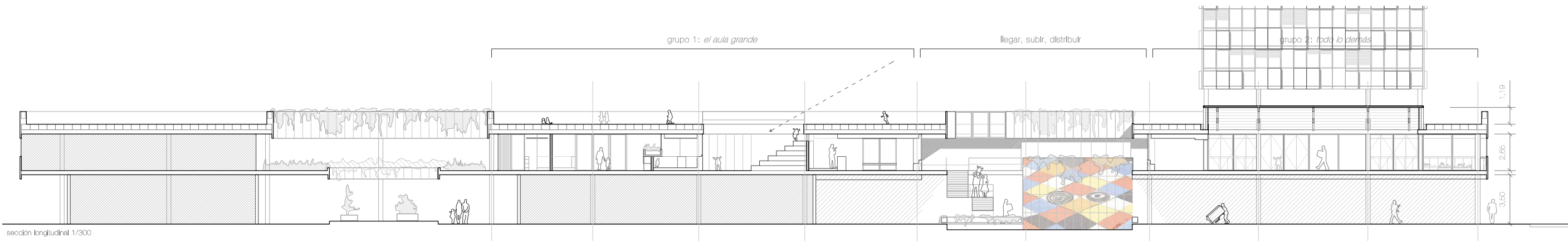
patio de acceso

patio de acceso oficinas

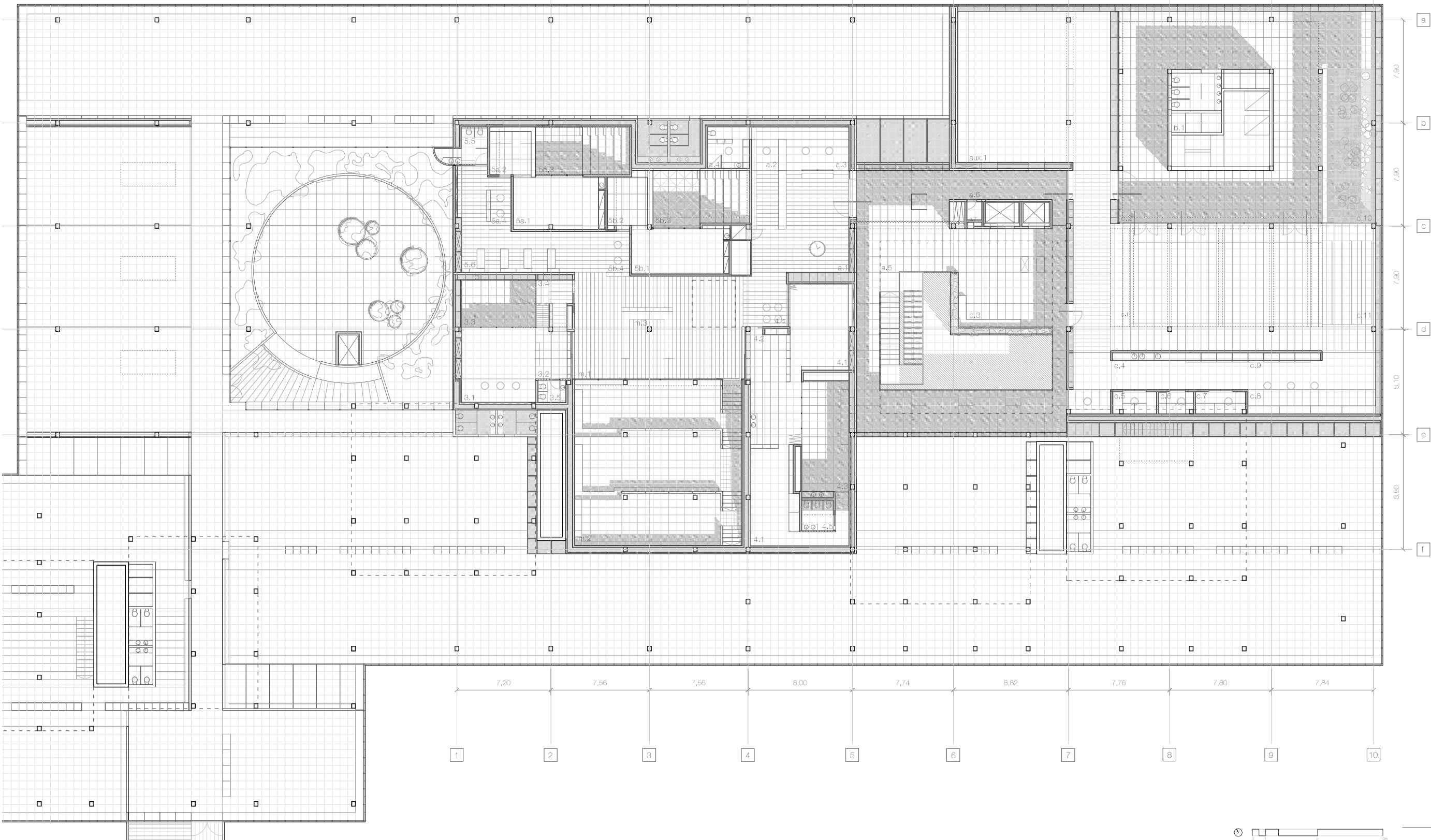
patio de acceso biopaisaje







sección longitudinal 1/300

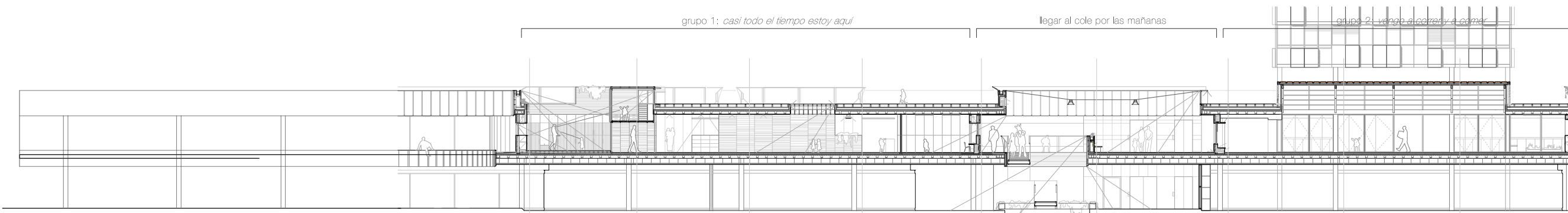


- m. sala de usos múltiples
  - 1. espacio principal
  - 2. espacio exterior cubierto
  - 3. rincón de lectura
- a. acceso
  - 1. zona de espera
  - 2. mostrador de recepción y administración
  - 3. zona de reuniones
  - 4. vestuario personal/cuarto limpieza
  - 5. patio de acceso y escalera
  - 6. corredor para alumnos
  - 7. comunicación vertical/contadores
- c. comedor/gimnasio/público
  - 1. espacio principal
  - 2. espacio exterior cubierto
  - 3. espacio exterior de espera
  - 4. zona de limpieza
  - 5. instalaciones de agua
  - 6. cuarto de basuras
  - 7. almacén de comida
  - 8. zona de preparación de alimentos
  - 9. zona de "transporte" de comida
- b. baños/almacén
  - aux. aula auxiliar
- 3. aula de 3 años
  - 1. espacio principal
  - 2. almacenamiento
  - 3. espacio exterior
  - 4. perchas
  - 5. baño
- 4. aulas de 4 años
  - 1. espacios principales
  - 2. almacenamiento
  - 3. espacio exterior
  - 4. perchas
  - 5. baño
- 5. aulas de 5 años
  - 1. espacios principales
  - 2. almacenamiento
  - 3. espacios exteriores
  - 4. perchas
  - 5. baño
  - 6. zona común (dibujo/lectura)

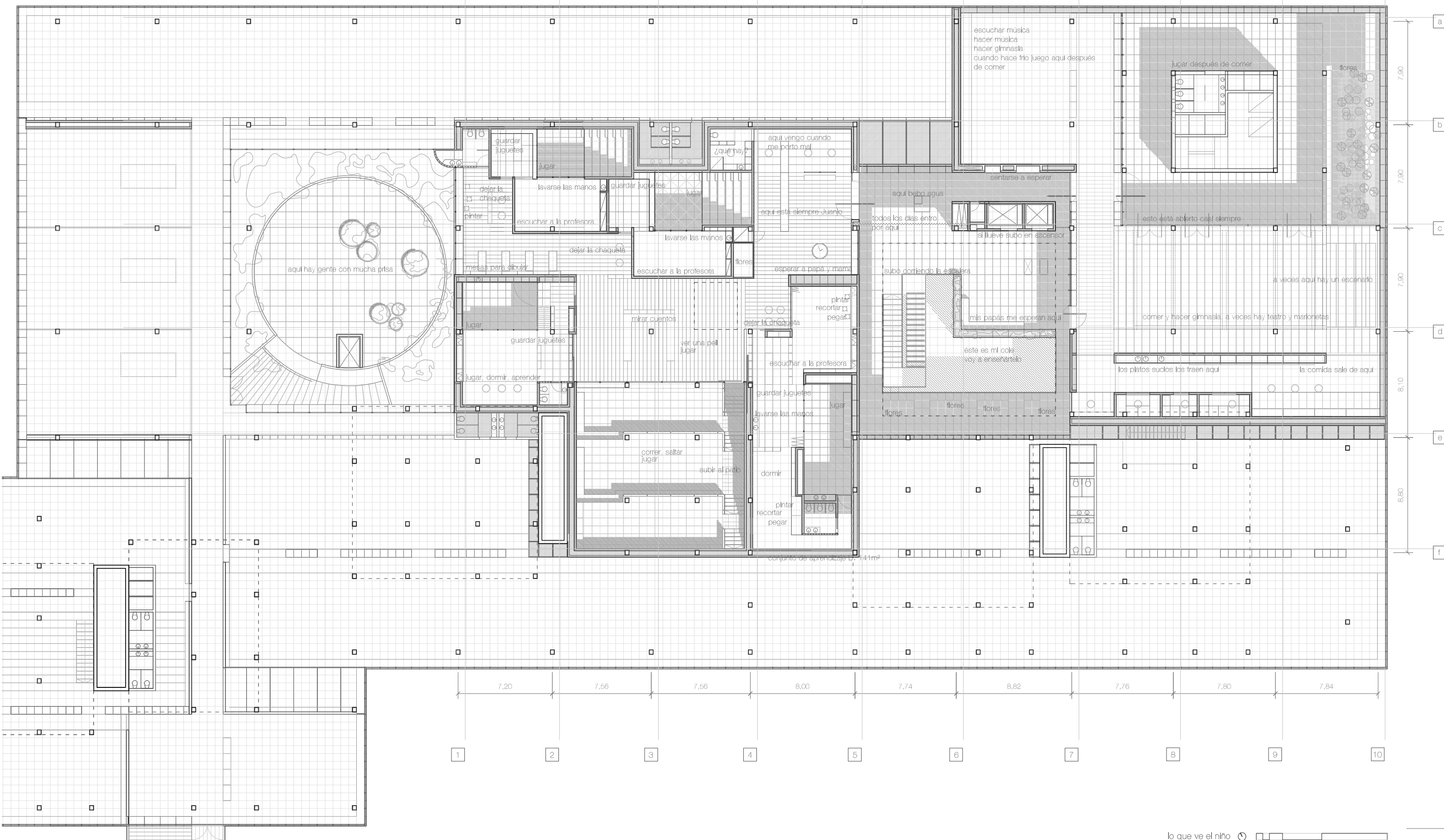
grupo 1: casi todo el tiempo estoy aquí

llegar al cole por las mañanas

grupo 2: vengo a correr y a comer

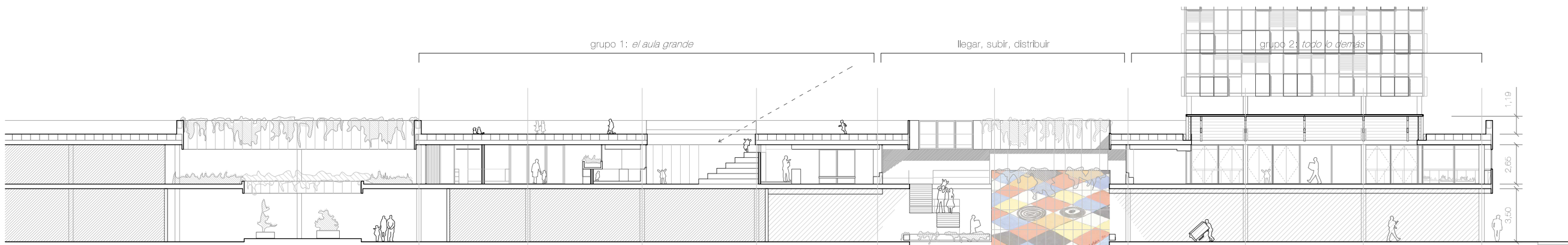


sección de la escuela 1/300



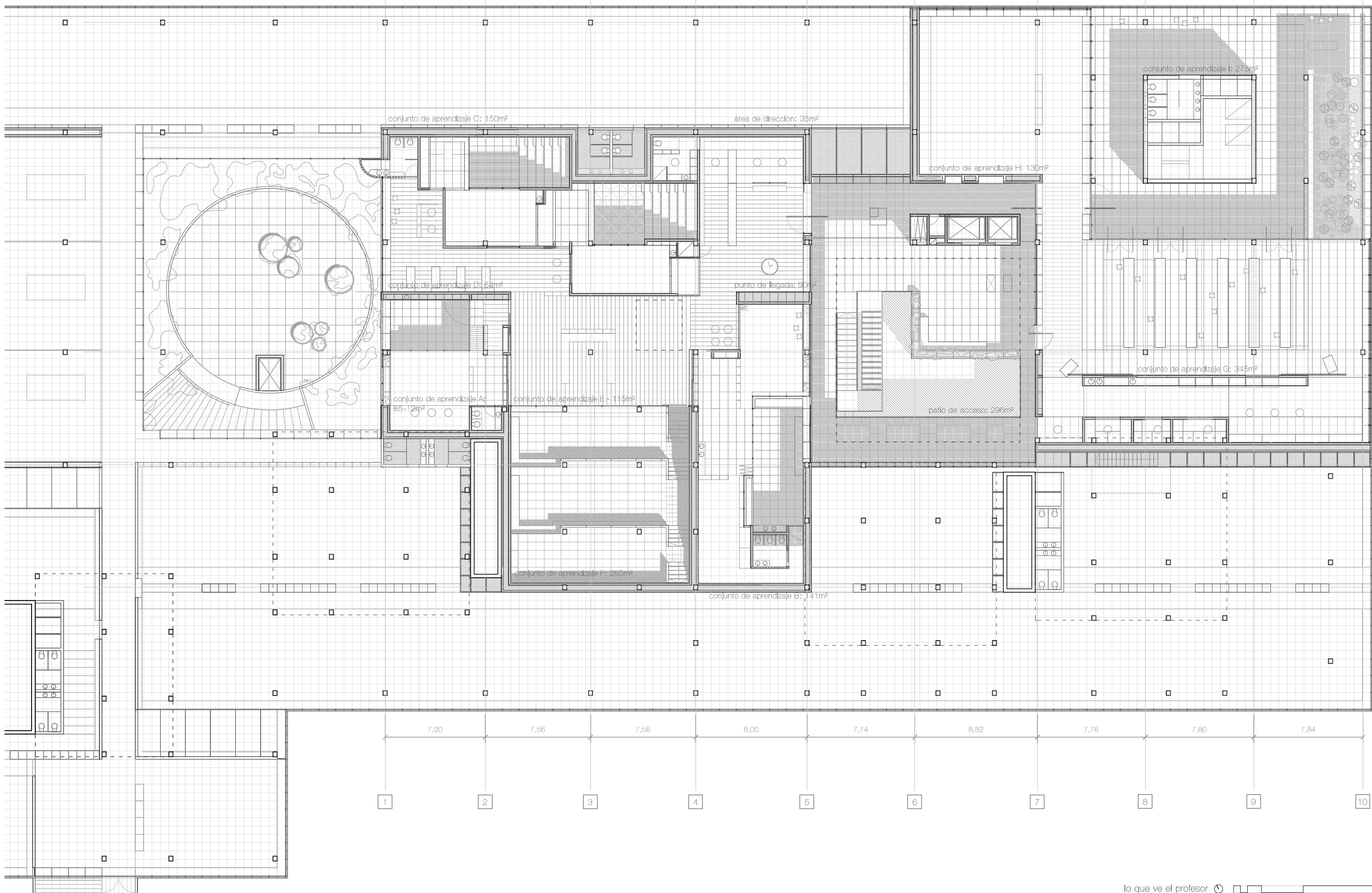
lo que ve el niño

planta de la escuela  
+4.70m (+0.9m) 1/300



sección de la escuela 1/300

Nótese el craso error. Se habla de espacios, pero se mide en metros cuadrados. Mal camino.



**Aprender separados 1ª agrupación de conjuntos**  
**Conjuntos de aprendizaje A, que contiene:**  
 - 1 espacio aislado, cubierto y climatizado, para 30 alumnos, 35m²  
 - 1 espacio cubierto y climatizado, de almacenaje y entrada, para 30 alumnos, 18m²  
 - 1 espacio exterior, para 30 alumnos, 26m²  
 - 1 espacio de higiene para 30 alumnos, 5m²  
 - 1 área de juegos, climatizado y cubierto, con conexión con el área de recreo, 12m²  
 Total: 3,2 m² por alumno de 3 años

**Conjuntos de aprendizaje B, que contiene:**  
 - 2 espacios aislados, cubiertos y climatizados, cada uno para 20 alumnos, 60m²  
 - 1 espacio cubierto y climatizado, de almacenaje y entrada, para 40 alumnos, 28m²  
 - 1 espacio exterior, con conexión directa con el área de recreo, para 40 alumnos, 44m²  
 - 1 espacio de higiene para 40 alumnos, 8m²  
 Total: 3,5 m² por alumno de 4 años

**Conjuntos de aprendizaje C, que contiene:**  
 - 2 espacios aislados, cubiertos y climatizados, cada uno para 20 alumnos, 53m²  
 - 2 espacios cubiertos y climatizados, de almacenaje y entrada, cada uno para 20 alumnos, 50m²  
 - 2 espacios exteriores, con conexión directa con el área de recreo, cada uno para 20 alumnos, 60m²  
 - 1 espacio de higiene para 40 alumnos, 7m²  
 Total: 3,75 m² por alumno de 5 años

**Aprender unos de otros 2ª agrupación de conjuntos**  
**Conjuntos de aprendizaje D, que contiene:**  
 - 1 espacio abierto cubierto y climatizado para lectura, manualidades, escritura, etc. para 110 alumnos (no de manera simultánea), 65m²

**Conjuntos de aprendizaje E, que contiene:**  
 - 1 espacio polivalente con zona de lectura o zona de juego o zona de proyección o zona de teatro común, y acceso a los conjuntos más privados, Actividades de Invierno para 110 alumnos, 115m²

**Conjuntos de aprendizaje F, que contiene:**  
 - 1 espacio cubierto y exterior polivalente, con comunicación directa con el área de recreo, Juego, Cine, discursos, Actividades de verano para 110 alumnos, 265m²

**Punto de llegada, que contiene:**  
 - 1 espacio interior con consigna y zona de espera cubierto y climatizado, 60m²  
 - 1 espacio con zona de espera exterior, de acceso al recinto, 50m²

**Área de dirección, que contiene:**  
 - 1 espacio de servicio, con aseo y vestuario, 10m²  
 - 1 espacio de despacho y sala de profesores, 25m²  
 Total: 4,9m² por alumno, 4,38m² por docente

**Patio de acceso, 296m², que contiene:**  
 - 1 escalera de salida desde la planta baja, de 1,5m de anchura, con huellas de 40 y contrahuellas de 12, perfectas para 2 pasos por peldaño para el niño y 1 paso para el adulto. Escalera exterior cubierta o descubierta, según sea necesario.  
 - 1 espacio de entrada de luz y relación con la planta baja con la geometría existente en L.  
 - 1 zona de espera exterior y descubierta, bien para recoger a los alumnos, o bien para entrar al espacio de "salón de actos".  
 - 1 zona de acceso secundario de abastecimiento a la cocina, y evacuación de las cisternas en caso de incendio, Jardinerías.  
 - Dos ascensores, un cuarto de limpieza, y una "cancela", cerrados y abitados pero cubiertos.  
 - 1 circulación con posibilidad de ser cerrada, para conectar ambas zonas de la escuela

**Crear, desarrollarse 3ª agrupación de conjuntos**  
**Conjuntos de aprendizaje G, que contiene:**  
 - 1 espacio polivalente cubierto y climatizado de gran altura para 110 alumnos (simultáneo o no), Comedor, gimnasio, salón de actos o de exposición, Acceso Independiente, 235m²  
 - 1 espacio abierto, cubierto y climatizado, de servicios, Cocina, con zona de preparación y zona de limpieza, almácen, instalaciones, Acceso secundario, Uso esporádico por los alumnos, 110m²

**Conjuntos de aprendizaje H, que contiene:**  
 - 1 espacio polivalente cubierto y climatizado, que continúa al conjunto anterior, para 110 alumnos (no simultáneo), Música, reunión de padres, 130m²

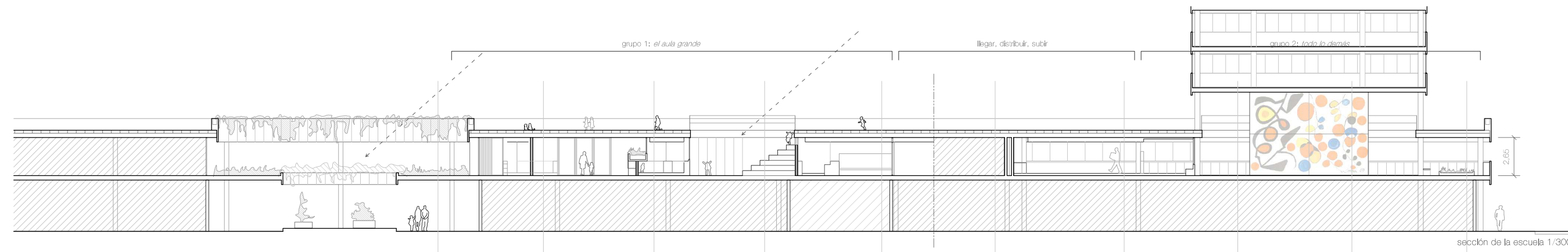
**Conjuntos de aprendizaje I, que contiene:**  
 - 1 espacio cubierto y exterior, con luz perimetral para 110 alumnos, Patio de comedor, exposiciones, 248m²  
 - 1 aseo mixto, exterior, de dimensión generosa, para 110 alumnos, 14m²  
 - 2 espacios de almacenamiento exterior, para mobiliario del gimnasio, 13m²  
 Total: 6,8m² por alumno

Primer grupo de agrupaciones de conjuntos: el aula grande

Segundo grupo de agrupaciones de conjuntos: todo lo demás

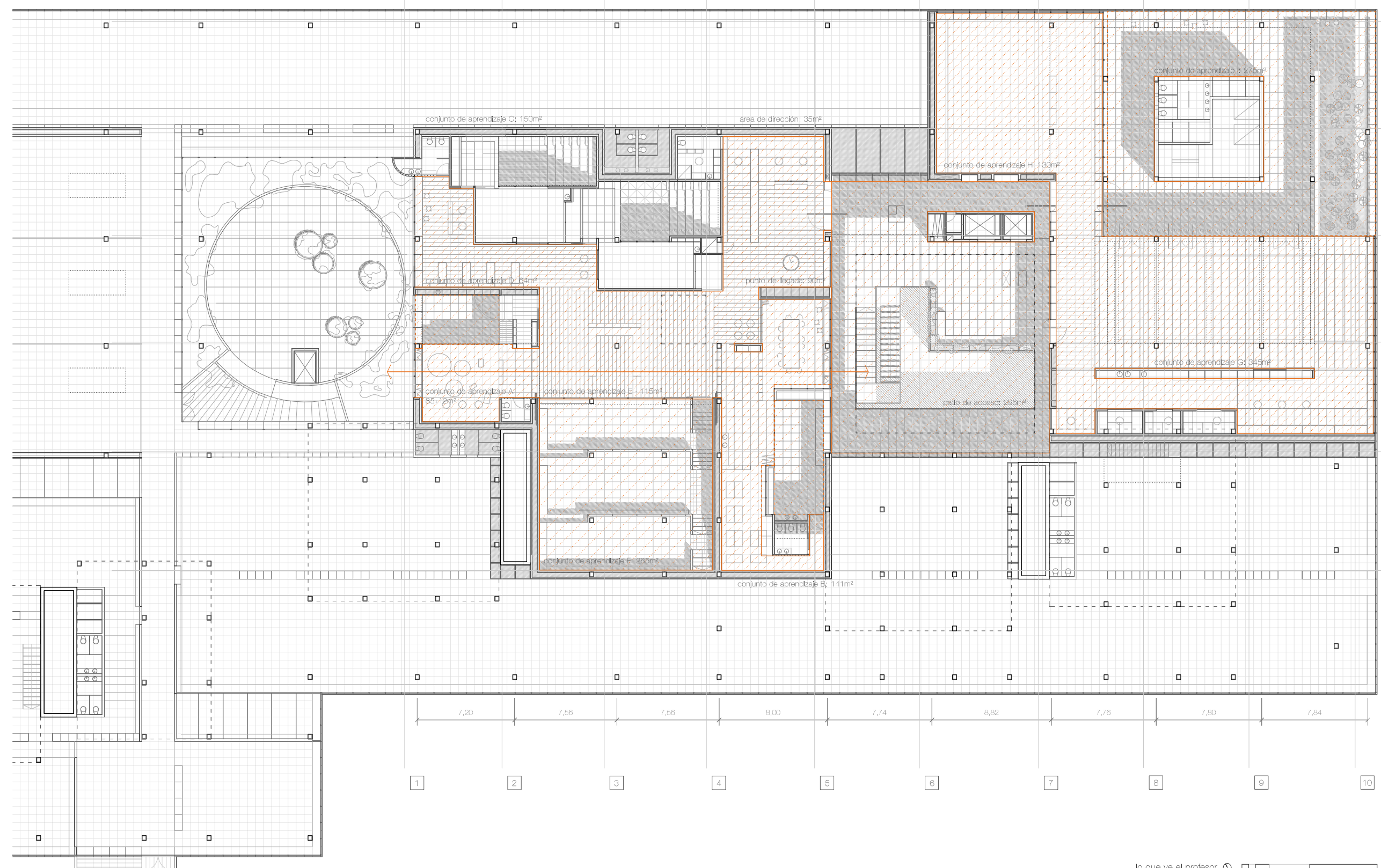
lo que ve el profesor

planta de la escuela +5.30m (+1.5m) 1/300



sección de la escuela 1/300

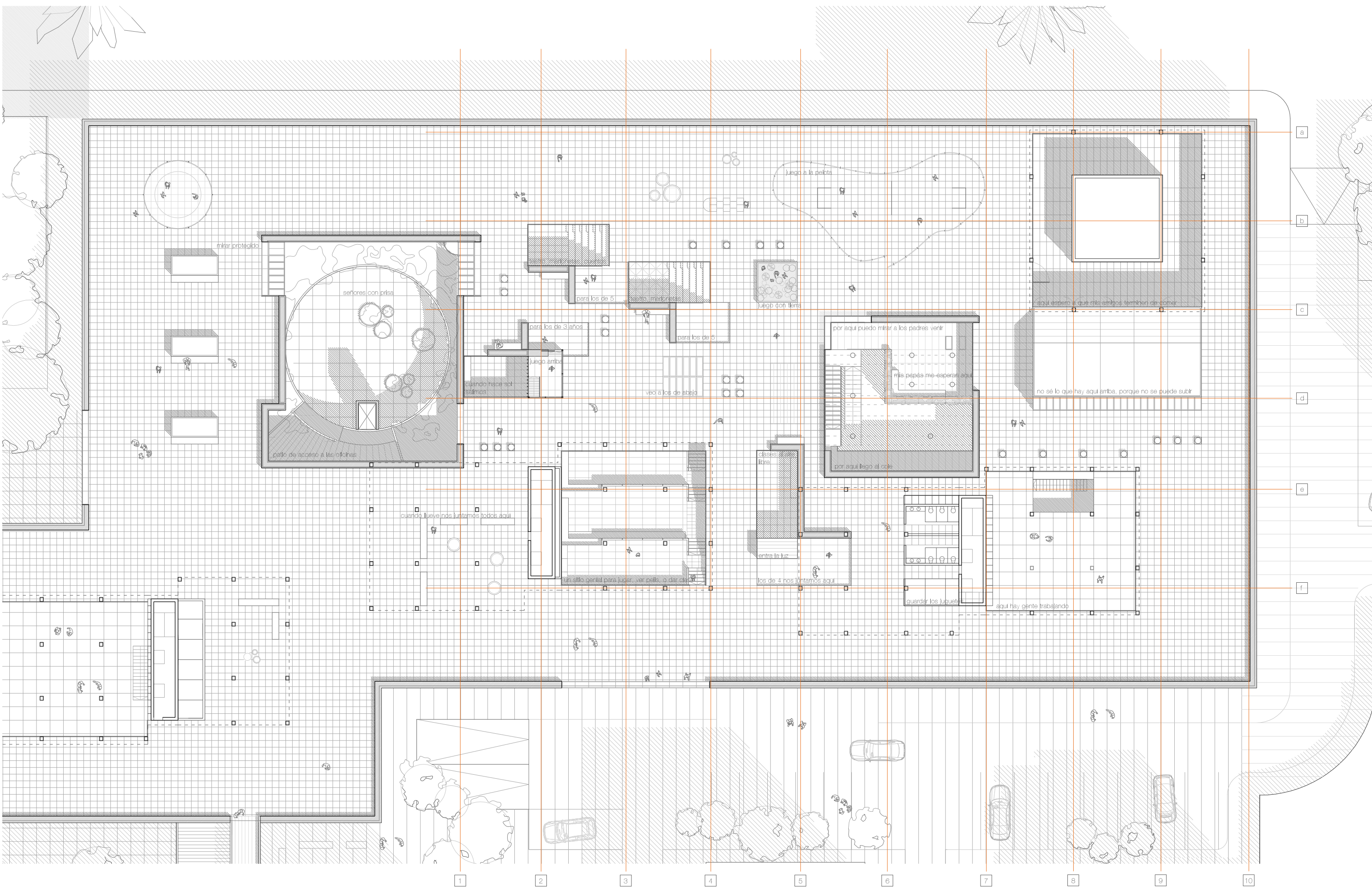
Notéese el craso error. Se habla de espacios, pero se mide en metros cuadrados. Mal camino.  
 ¿Y cómo funciona esto?  
 La escuela se convierte en una gran sala común, con distintos lugares que tienen altura de suelo y de techo distintos, distintas condiciones de iluminación, etc. Esto permite que, aunque formen un único espacio, puedan usarse simultáneamente para cosas distintas. Cuando es necesario algo de privacidad para grupos menores de alumnos, se utilizan las aulas que continúan separadas, pero siempre teniendo en cuenta que los alumnos que no estén en ellas, estarán realizando otras actividades, en común, en el resto de espacios.  
 Una especie de esquema en el que todos aprenden juntos, y hay tres aulas compartidas, para cuando sean necesarias. Ehhhhhh.



- a** **Aprender separados 1ª agrupación de conjuntos**  
*Conjunto de aprendizaje C, que contiene:*
  - 2 espacios acotados, cubiertos y climatizados, cada uno para 20 alumnos, 53m<sup>2</sup>
  - 2 espacios cubiertos y climatizados, de iluminación y entrada, cada uno para 20 alumnos, 30m<sup>2</sup>
  - 2 espacios exteriores, con conexión directa con el área de recreo, cada uno para 20 alumnos, 60m<sup>2</sup>
  - 1 espacio de higiene para 40 alumnos, 7m<sup>2</sup>
 Total: 3,75 m<sup>2</sup> por alumno de 6 años
- b** **Aprender unos de otros 2ª agrupación de conjuntos**  
*Conjunto de aprendizaje D, que contiene:*
  - 1 espacio abierto cubierto y climatizado para lectura, manualidades, escritura, etc. para 110 alumnos (no de manera simultánea), 60m<sup>2</sup>*Conjunto de aprendizaje A+B+E, todo para 110 alumnos, que contiene:*
  - 1 espacio polivalente con zona de lectura o zona de juego o zona de proyección o zona de teatro común, y accesos a los conjuntos más privados, Actividades de Invierno. Acceso directo a la cubierta, 115m<sup>2</sup>
  - 2 espacios polivalentes de menor dimensión, con sus correspondientes espacios de almacenamiento, 111m<sup>2</sup>
  - 1 espacio acotado, cubierto y climatizado, para proyecciones, lectura, o discursos, 30m<sup>2</sup>
  - 2 espacios exteriores, con conexión directa con el área de recreo, que limitan las salas próximas desfilas, 70m<sup>2</sup>
  - 2 espacios de higiene, 13m<sup>2</sup>
  - 1 área de juegos, climatizado y cubierto, con conexión directa con el área de recreo, 12m<sup>2</sup>*Conjunto de aprendizaje F, que contiene:*
  - 1 espacio cubierto y exterior polivalente, con comunicación directa con el área de recreo, juegos, cine, discursos, Actividades de verano para 110 alumnos, 265m<sup>2</sup>*Punto de llegada, que contiene:*
  - 1 espacio interior con consigna y zona de espera cubierta y climatizada, 60m<sup>2</sup>
  - 1 espacio con zona de espera cubierta y exterior, de acceso al recinto, 50m<sup>2</sup>*Área de dirección, que contiene:*
  - 1 espacio de servicio, con aseo y vestuario, 10m<sup>2</sup>
  - 1 espacio de despacho y sala de profesores, 25m<sup>2</sup>
 Total: 7,34m<sup>2</sup> por alumno, 4,38m<sup>2</sup> por docente
- c**
- d**
- e** **Llegar, subir, distribuir**  
*Patio de acceso, 296m<sup>2</sup>, que contiene:*
  - 1 escalera de subida desde la planta baja, de 1,5m de anchura con bueltes de 40° y contrabultes de 10°, perfiles para 2 pasos por pedáneo para el niño y 1 paso para el adulto, escalera exterior cubierta o descubierta, según sea necesario.
  - 1 hueco de entrada de luz y riego con la planta baja, con la geometría existente en ella.
  - 1 zona de espera exterior y descubierta, bien para recoger a los alumnos, o bien para entrar al espacio de "sala de actos".
  - 1 zona de acceso secundario de abastecimiento a la cocina, y evacuación de las cisternas en caso de incendio, Jardinería.
  - Dos accesorios, un cuarto de limpieza, y una "cancha" cerrada y aislada pero cubierta.
  - 1 circulación con posibilidad de ser cerrada, para conectar ambas zonas de la escuela.
- f** **Crear, desarrollarse 3ª agrupación de conjuntos**  
*Conjunto de aprendizaje G, que contiene:*
  - 1 espacio polivalente cubierto y climatizado de gran altura para 110 alumnos (simultáneo o no), Comedor, gimnasio, sala de actos o de exposición, Acceso Independiente, 235m<sup>2</sup>
  - 1 espacio abierto, cubierto y climatizado, de servicios, Cocina, con zona de preparación y zona de limpieza, Almacén, Instalaciones, Acceso secundario, Uso específico por los alumnos, 110m<sup>2</sup>*Conjunto de aprendizaje H, que contiene:*
  - 1 espacio polivalente cubierto y climatizado, que complementa al conjunto anterior, para 110 alumnos (no simultáneo), Música, reunión de padres, 130m<sup>2</sup>*Conjunto de aprendizaje I, que contiene:*
  - 1 espacio cubierto y exterior, con luz perimetral, para 110 alumnos, Patio de comedor, exposiciones, 248m<sup>2</sup>
  - 1 aseo riego, exterior, de dimensión generosa, para 110 alumnos, 4m<sup>2</sup>
  - Espacios de almacenamiento exterior, para mobiliario del gimnasio, 13m<sup>2</sup>
 Total: 6,8m<sup>2</sup> por alumno

Primer grupo de agrupaciones de conjuntos: el aula grande

Segundo grupo de agrupaciones de conjuntos: todo lo demás



mirar protegido

señores con prisa

para los de 5

juego con tierra

para los de 3 años

juego arriba

veo a los de abajo

por aquí puedo mirar a los padres venir

mis papás me esperan aquí

no sé lo que hay aquí arriba, porque no se puede subir

patio de acceso a las oficinas

clases de teatro libre

entre la luz

los de 4 nos juntamos aquí

guardar los juguetes

aquí hay gente trabajando

cuando llegue nos juntamos todos aquí

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

a

b

c

d

e

f



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

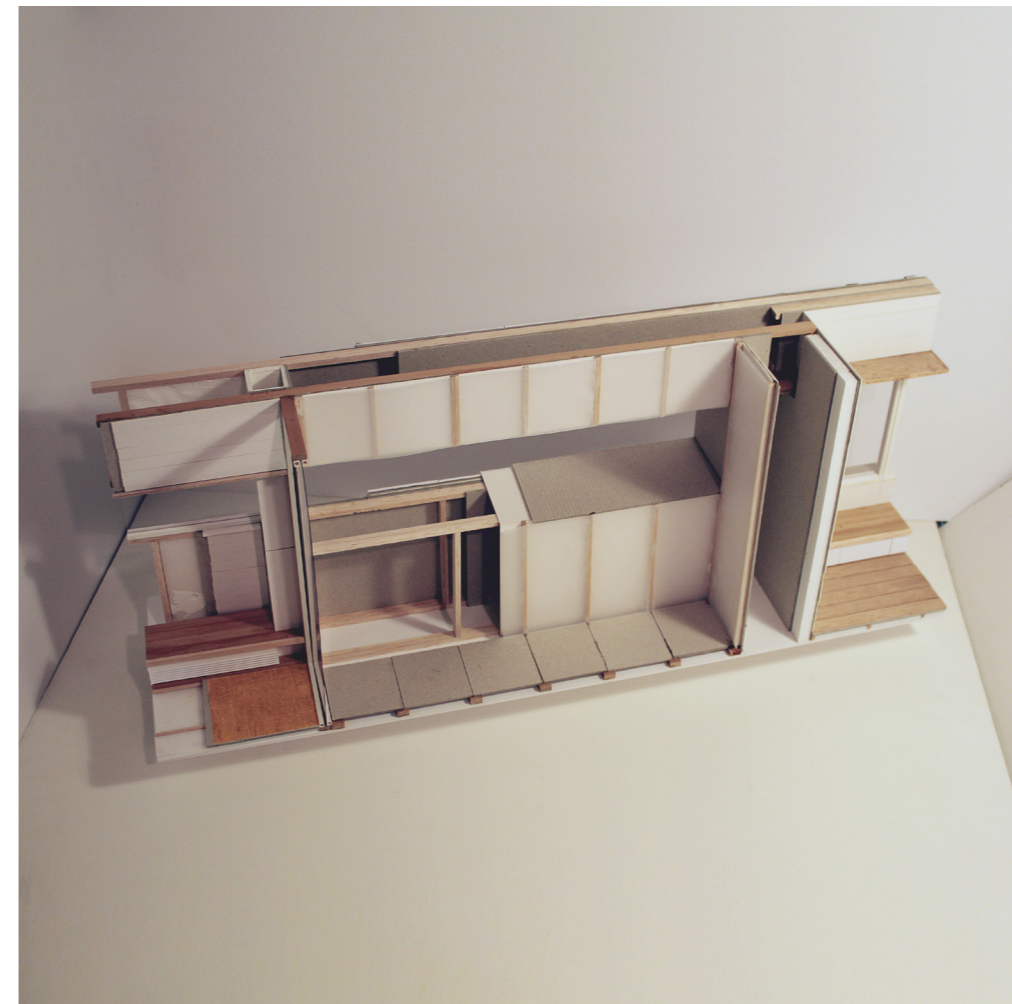
## *una construcción concreta*

Aunque la construcción está en todos los dibujos anteriores, aquí se explica y se entiende. La construcción concreta es al mismo tiempo abstracta. Es evidente que esta escuela no sería exactamente así si se contruyera, porque se encontrarían múltiples problemas al tratarse de un edificio existente. Los dibujos, las secciones, son una posibilidad de entre las infinitas.

Cuando se consigue abstraer una construcción concreta, se puede construir una escuela, casi cualquier escuela, en este lugar. Las respuestas de la construcción tienen que ver con las condiciones del edificio que se modifica, con su estructura, con sus paramentos actuales, y con la utilización de los espacios interiores.

Se dan aquí unas claves para este lugar concreto, y se dibuja una aplicación de esas claves sobre los espacios que se creen adecuados con la información de que se dispone sobre el lugar existente.

Dos preguntas: ¿Cuál es la estrategia para construir esta escuela? ¿Qué hace falta dibujar para construir esta escuela?





**Perímetro**

Parecía imprescindible, desde el principio, definir la construcción del perímetro que genera las relaciones entre la escuela y su exterior, bien sea oficinas, patio, o calle.

Es un perímetro exterior definido por las necesidades de programa de escuela, y las dimensiones para la utilización correcta de las oficinas. Por esa razón alberga a su vez distintos usos, como un muro habitado, solarizando ambos límites.

El perímetro se resuelve con un sistema capaz de adaptarse a cada lugar, que se dibuja y se define con intensidad a continuación. Genera además unos alzados, también dibujados, que reflejan el uso interior de cada uno de los espacios.

Documentación: una lámina A1 con detalles a escala 1/20, mapa de tipos, y alzado a 1/50

**Relaciones de las aulas con la cubierta**

En cada una de las aulas se propone la realización de un "agujero" en cubierta, que deja pasar la luz y el aire, y que establece unas relaciones visuales o incluso una comunicación directa, con la cubierta. Además, junto a estos patios se generan distintos mecanismos que permiten al niño la vivencia de otro tipo de relaciones espaciales. *Sentarse en los escalones, ver caer la luz, o subir a jugar en un sitio pequeño.*

Estos "agujeros", y los nuevos espacios y relaciones que generan, son de vital importancia para entender el proyecto, y se ha definido su construcción de manera pormenorizada, a pequeña escala. Posteriormente, se resume todo en una o varias secciones del espacio, que contienen casi más información que la que se ve. *El medio de dibujo es vectorial, y el de transmisión es escalar.*

Documentación: tres láminas con secciones de los espacios a escala 1/30

**Espacios de uso común**

En el proyecto aparece tres espacios de uso común, que tienen una importancia vital para entender cómo se organizan el programa y las circulaciones del proyecto. Estos espacios se relacionan también con la cubierta de maneras diversas, e incluso con la planta baja en el caso del acceso, y definen la manera de moverse en la escuela.

Se han definido también con precisión, siempre seccionando transversalmente el edificio por completo, para que se entienda la posición de la escuela en la zona interior del zócalo, la proporción de estos espacios que organizan la escuela, y la relación de cada uno de ellos con la cubierta, es decir, con la luz. Además, se ha tratado de definir otros aspectos como la iluminación artificial de los lugares menos habituales. Se corta también longitudinalmente, para entender la relación de estos espacios entre sí.

Documentación: cuatro láminas con secciones de los espacios a escala 1/50 + una lámina con sección longitudinal a 1/100

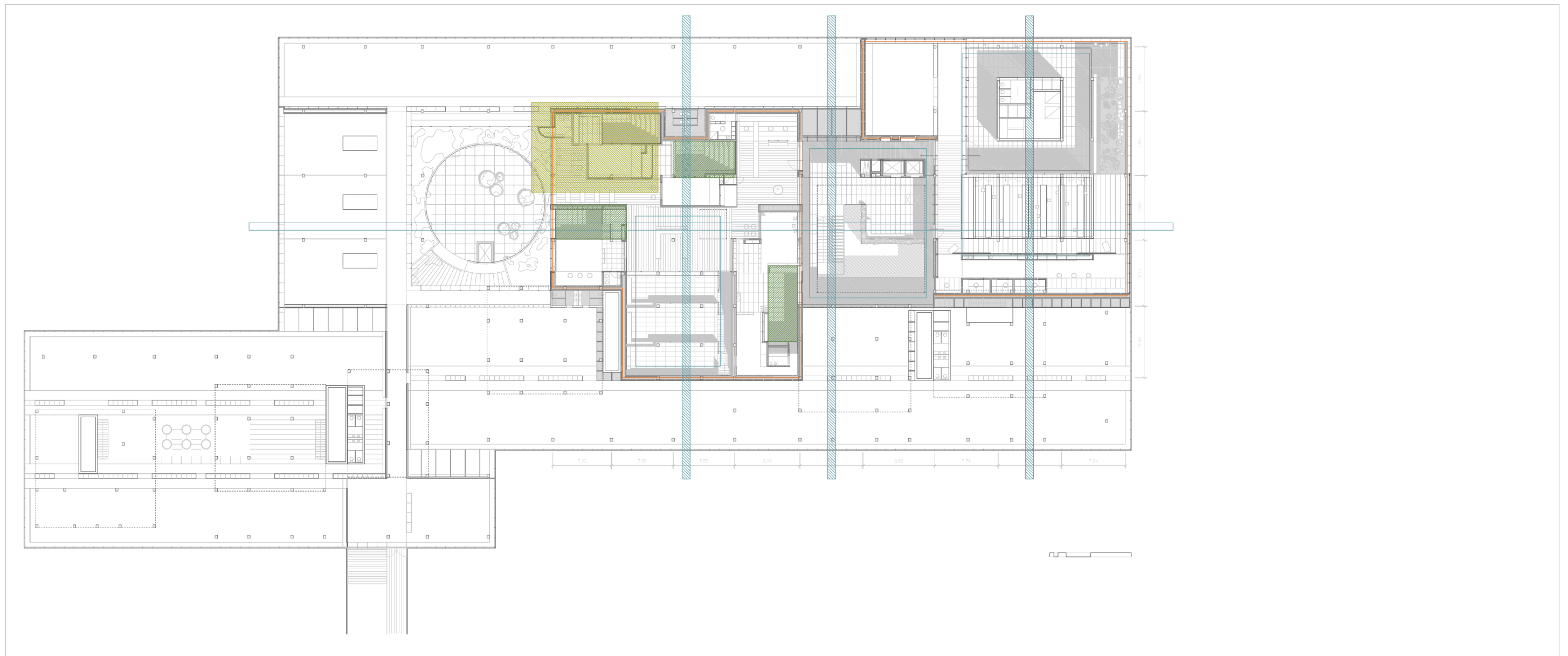
**Zona de aulas**

Por último, es importante hablar del aula, como respuesta a la pregunta del enunciado: ¿Cómo es un espacio para aprender?

Se escoge un aula a definir entendiendo que lo importante a la hora de vivir esos espacios es el interior (la última capa de acabado) de esos lugares. Por eso se dibujan plantas evidenciando el sistema constructivo y definiendo los límites a distintas alturas, y posteriormente se trabajan únicamente los alzados interiores.

Aunque en esta lista es el último, en realidad fue el primero, y amara ciertas decisiones que posteriormente han cambiado, pero no tienen importancia suficiente para justificar un "redibujo". Falta la planta de techos, pues se trabaja de manera conjunta en toda la escuela.

Documentación: cuatro láminas con plantas y alzados interiores a escala 1/50



**Plano de falsos techos**

Definición de los falsos techos de toda la escuela, colocados únicamente en ciertos puntos de interés.

Documentación: 1 lámina con mapa de falsos techos y detalles a escala 1/10

**Cocina**

Definición a más escala de la zona de la cocina y sus alzados

Documentación: 1 lámina con planta y alzados de la cocina

**Puertas**

Definición de la dimensión y tipo de puertas del proyecto.

Documentación: 1 lámina con mapa de puertas y cuadro de tipos

**Sección desplegada del acceso desde la calle**

Para explicar la transición de la calle a los espacios interiores de la escuela, y a la cubierta, se realiza una sección del recorrido, en la que además se pretende hablar de los distintos acabados que vamos encontrando conforme avanzamos por los espacios

Documentación: 1 lámina con sección desplegada a 1/100 y fotografías.

Las claves del edificio existente (el lugar) - Las claves de carácter técnico (confort, construcción)

Situación: Antepechos de la cubierta bajos.  
 Respuesta: Colocando un perfil metálico cada 180cm y uniendo todos con cables metálicos, se levanta el antepecho hasta la altura necesaria (115cm). Inclinando el perfil y por tanto los cables se consigue que el niño quede protegido, y que las plantas que crecen en las macetas, calgan sobre la cubierta

Situación: Hay que transportar electrones y agua.  
 Respuesta: perímetro doble

Situación: Hay que calentar y enfriar las cosas.  
 Respuesta: perímetro, y aprovechar los pocos falsos techos. Desde los falsos techos en las entradas de las aulas sale no solo aire frío y caliente, sino incluso los cables de las luminarias.

Situación: Altura libre escasa.  
 Respuesta: Evitar los falsos techos, y únicamente colocarlos cuando la manera de vivir los espacios lo requiera. Para resolver ciertos temas como iluminación o atenuación acústica; habrá que ir con cuidado. Se propone la colocación de telas que confeccionan los niños, para lo segundo

Situación: Pilares no colocados en una retícula.  
 Respuesta: Se podría pensar que estamos ante un edificio muy modulado, siempre con las mismas medidas, y que un sistema prefabricado para dividir el espacio podría funcionar. No es así, y se requiere algo que sea fácil de traer y de montar, que no pese demasiado, flexible y adaptable. Creí que lo mejor era utilizar bastidores de madera (porque no me gustan los metálicos), que se podían cortar con facilidad, encajar, y que además, con dos tableros de a cada lado forman un tabique con bastante resistencia.

Situación: Una fachada con un orden muy marcado y que responde bien a la ciudad (da carácter al edificio).  
 Respuesta: La existencia de esta fachada pone difícil cualquier compartimentación interior, porque corta contra una carpintería de 4 o 5 cm un tabique de 18. Además, los vidrios existentes son insuficientes para garantizar nada. Se decide pasar el perímetro doble por detrás de la fachada (cuando la escuela llega a fachada), ahorrando muchos problemas, y estableciendo un límite grueso que tamiza la relación con la ciudad y que permite habitar ese muro de distintas maneras según el uso del espacio (como ocurre en el resto del perímetro)



Las claves del programa (uso de los espacios) - Las claves de carácter técnico (confort, construcción)

Situación: Cantos de los forjados cortados.  
 Respuesta: se cubren con un material resistente al exterior, y que evite el puente térmico. No puede ser la pared del patio que sube, porque no quiero perder la entidad de ese plano de hormigón que vibra y deja pasar la luz, y el aire. Como un tambor.

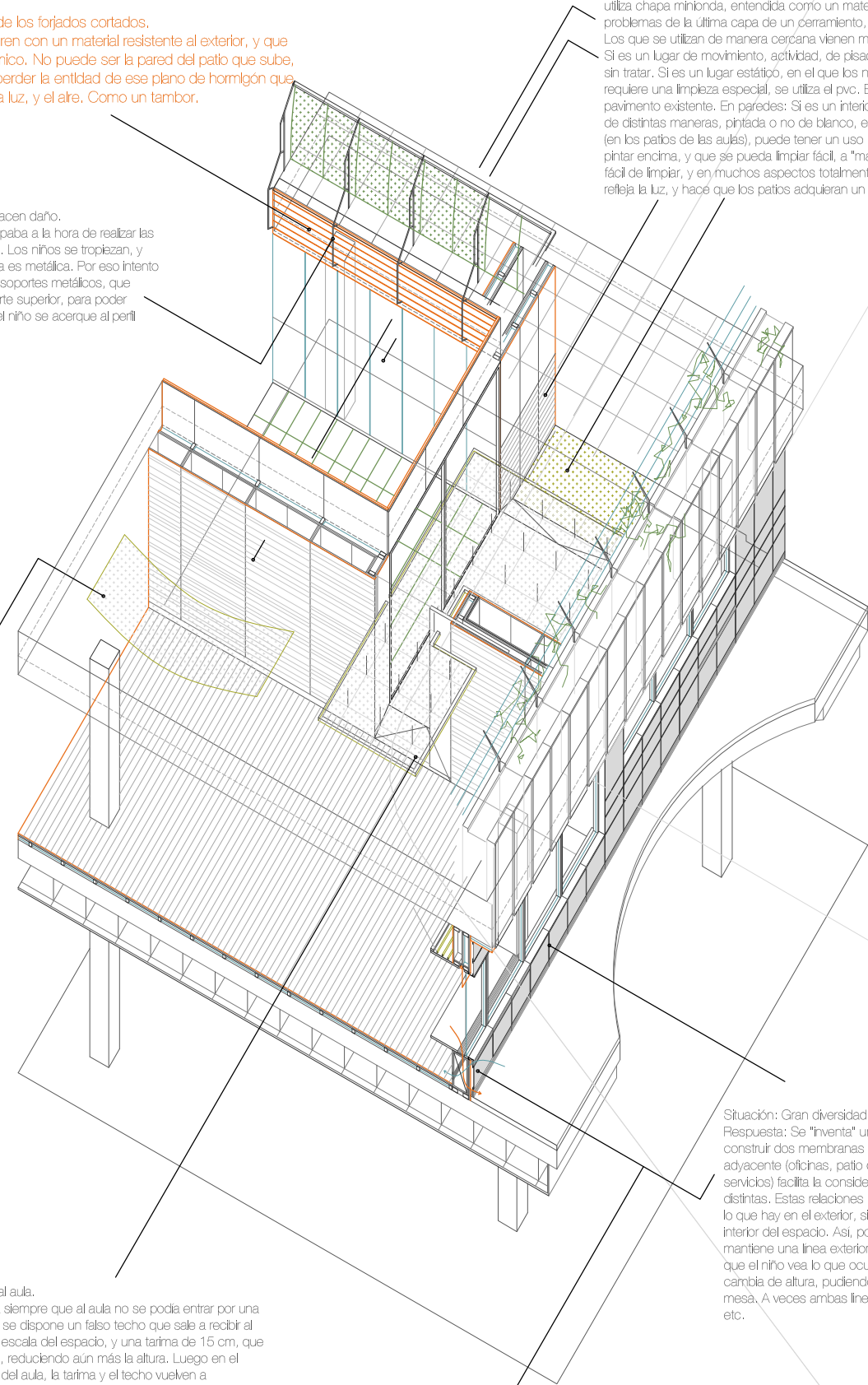
Situación: Los niños se caen y se hacen daño.  
 Respuesta: Es algo que me preocupaba a la hora de realizar las perforaciones y de utilizar la cubierta. Los niños se tropezaban, y pueden hacerse daño si la barandilla es metálica. Por eso intento trabajar con redes o telas sujetas a soportes metálicos, que tienen una forma inclinada en su parte superior, para poder "lanzar" la red de forma que nunca el niño se acerque al perfil metálico de soporte

Situación: Maneras distintas de utilizar los interiores.  
 Respuesta: Hay paredes y suelos que se utilizan de una manera cercana, y otros que se utilizan de una manera lejana. En los que se "ven" desde lejos, se utiliza chapa minioda, entendida como un material que resuelve bien los problemas de la última capa de un cerramiento, y da una imagen controlada. Los que se utilizan de manera cercana vienen matizados por el uso. En suelos: Si es un lugar de movimiento, actividad, de pisadas, se utiliza la madera casi sin tratar. Si es un lugar estático, en el que los niños manchan el suelo, que requiere una limpieza especial, se utiliza el pvc. En los exteriores se usa el pavimento existente. En paredes: Si es un interior, se utiliza madera, colocada de distintas maneras, pintada o no de blanco, en listones o lisa. Si es exterior, (en los patios de las aulas), puede tener un uso mucho más agresivo. Incluso pintar encima, y que se pueda limpiar fácil, a "manguerazos". El mejor material, fácil de limpiar, y en muchos aspectos totalmente estable, es el vidrio. Además, refleja la luz, y hace que los patios adquieran un neseque.

Situación: Entrar al aula.  
 Respuesta: Creía siempre que al aula no se podía entrar por una puerta, y por eso se dispone un falso techo que sale a recibir al niño, bajando la escala del espacio, y una tarima de 15 cm, que hace subir al niño, reduciendo aún más la altura. Luego en el espacio tranquilo del aula, la tarima y el techo vuelven a desaparecer. No se podía acceder por una puerta. No hay otra razón.

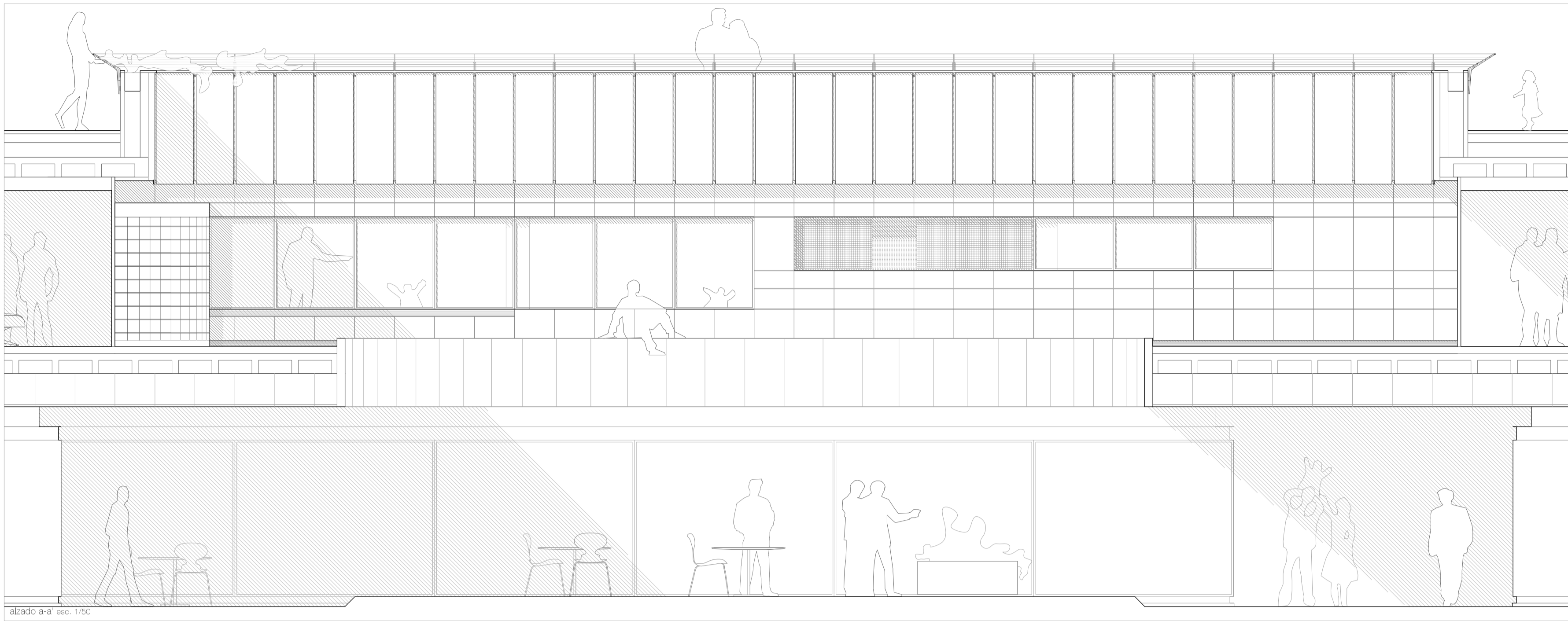
Situación: Hay que transportar electrones y agua.  
 Respuesta: perímetro doble

Situación: Hay que calentar y enfriar las cosas.  
 Respuesta: perímetro, y aprovechar los pocos falsos techos. Desde los falsos techos en las entradas de las aulas sale no solo aire frío y caliente, sino incluso los cables de las luminarias.

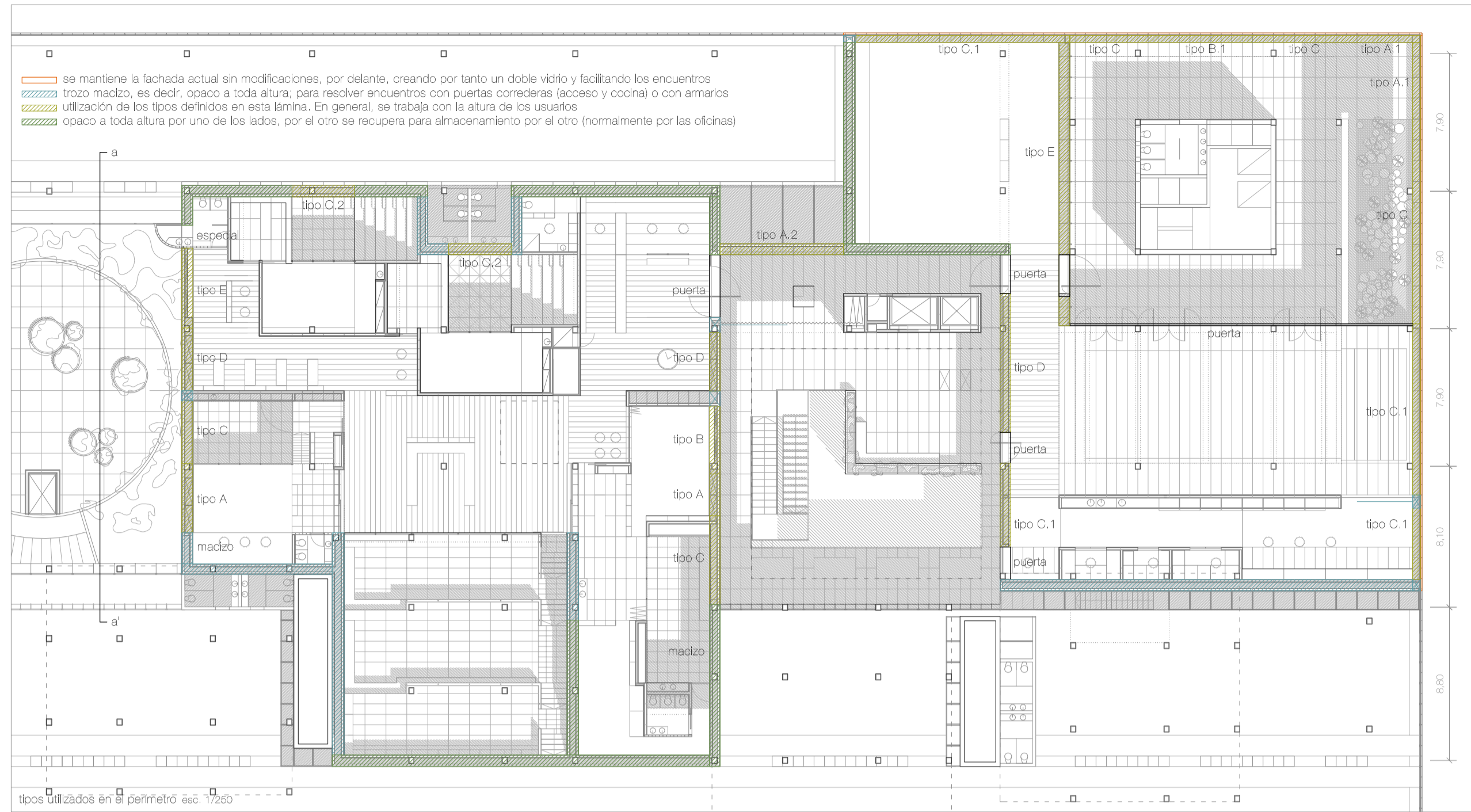


Situación: Gran diversidad de situaciones en el límite.  
 Respuesta: Se "inventa" un perímetro doble, que al construir dos membranas de separación con el uso adyacente (fichas, patio de acceso, exterior, servicios) facilita la consideración de relaciones distintas. Estas relaciones no solo tienen que ver con lo que hay en el exterior, sino también con el uso interior del espacio. Así, por ejemplo, en aulas se mantiene una línea exterior de 115cm, para impedir que el niño vea lo que ocurre fuera, pero la línea interior cambia de altura, pudiendo ser armario, banco o mesa. A veces ambas líneas se llevan hasta el techo, etc.



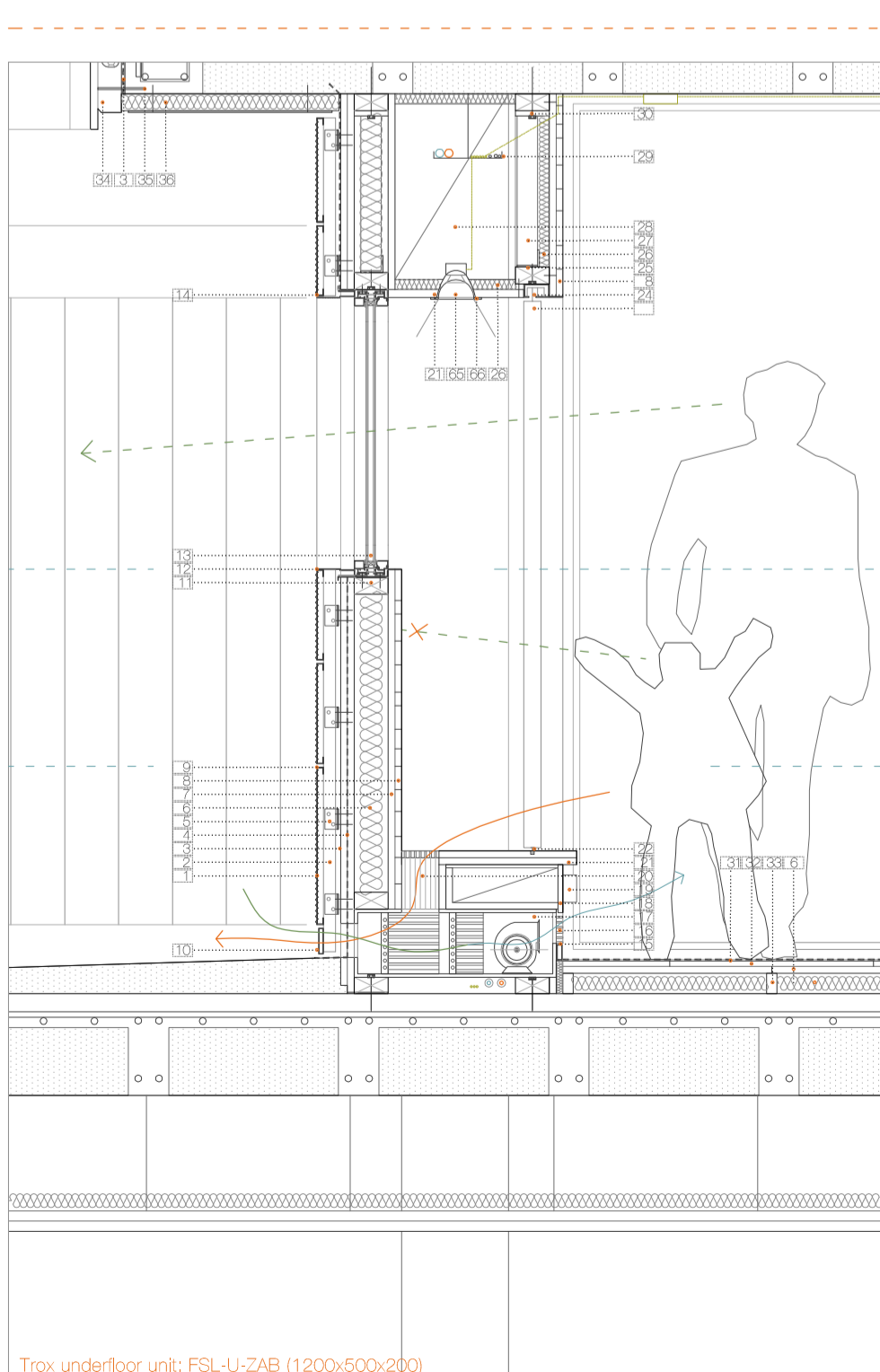
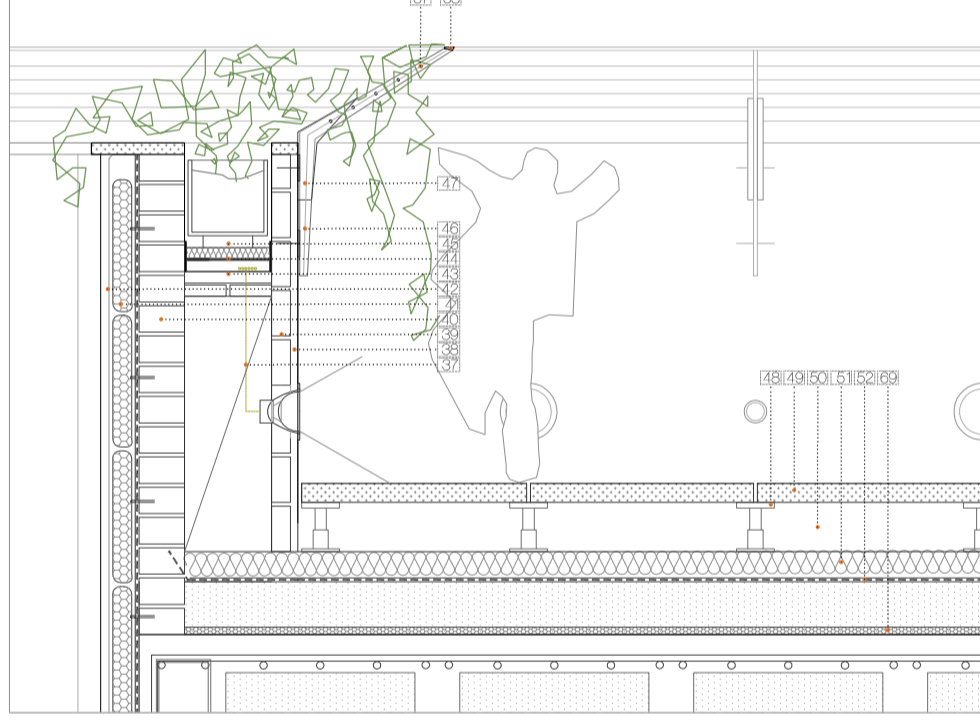


alzado a-a' esc. 1/50



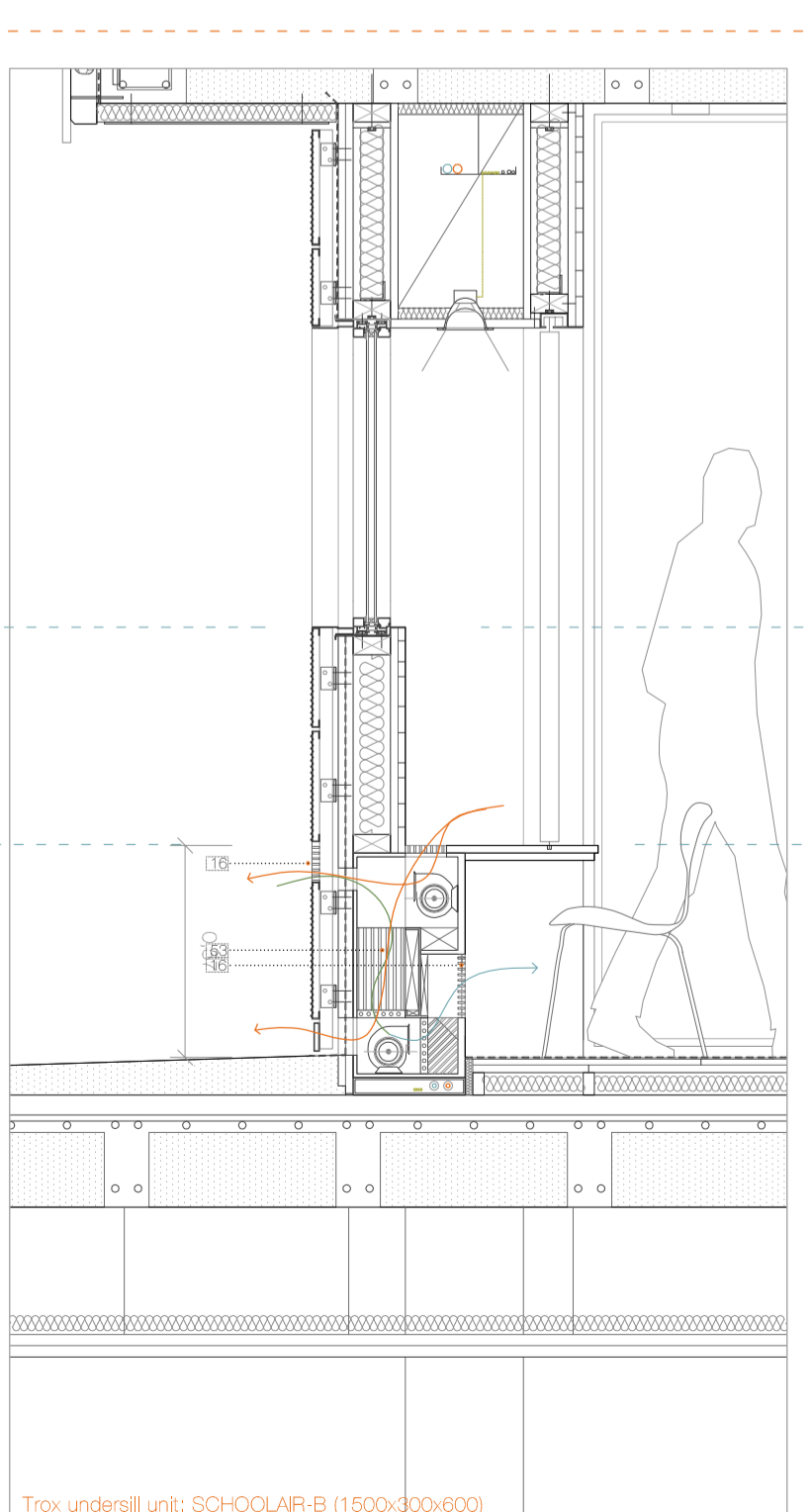
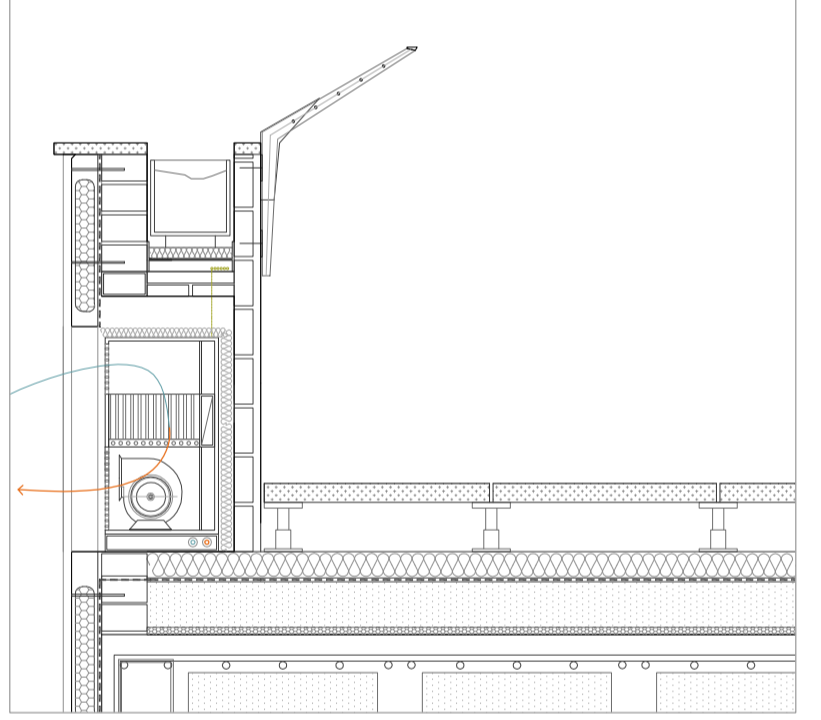
tipos utilizados en el perímetro esc. 1/250

- sección antepecho tipo A, macizo con maceta**
- 1 Faja de ducto térmico
  - 2 Cámara de aire y soportes para placas  $e=40mm$
  - 3 Laminas H0300g EcoPur Acti Fibra  $1x1x1,5m$   $e=2mm$
  - 4 Tablero contrachapado de abedul  $e=20mm$  x 2
  - 5 Fijación de la subestructura de fachada a los tableros
  - 6 Panel alabastro térmico, lana de roca Rockwool  $e=50mm$  x 2
  - 7 Tablero contrachapado de abedul  $e=20mm$
  - 8 Laminas de madera de roble  $e=15mm$  de blanco  $e=20mm$
  - 9 Fijación metálica oculta de las placas de acabado de fachada
  - 10 Zoclo de aluminio o steel metálica para ventilación
  - 11 Sostenedores de madera de pino  $100x30mm$
  - 12 Chapa de aluminio para cubrir la cámara ventilada  $e=2mm$
  - 13 Caprietas metálicas tipo Vitrocas, modelo 15-4
  - 14 Chapa de aluminio perforada para evacuación de agua
  - 15 Placa de perfil recuadrado de aluminio estado 15-50mm
  - 16 Perfil metálico para insonorización
  - 17 Unidad Trox para ventilación y climatización, FSL-U-ZAB
  - 18 Tablero de madera de roble  $150x30mm$  de blanco
  - 19 Trox metálico para cubrir / cajón más profundo
  - 20 Torno de aluminio para evacuación / cajón más profundo
  - 21 Tablero de madera de roble natural  $e=20mm$ , blanco
  - 22 Fijación en el tablero para cajón de perfiles
  - 23 Plankas móviles de madera de roble acabado natural  $e=40mm$
  - 24 Guía metálica V48 para panel conductor de madera
  - 25 Canal Angular metálico, colado del forjado, L 60x60x6 mm
  - 26 Alabamento acústico: dantón, algodón y fibra  $100x4$   $e=20mm$
  - 27 Perfil metálico rectangular 20x20mm para sujeción del cristal
  - 28 Flujo regulable para el paso de instalaciones (agua-eléctric)
  - 29 Serralla metálica
  - 30 Fijación del basidor / el perfil rectangular al forjado
  - 31 Tratamiento del hierro color "galvanizado"  $e=2,5mm$
  - 32 Tablero de contrachapado de abedul  $e=20mm$  x 2
  - 33 Plankas de madera de pino  $30x30mm$
  - 34 Perfil contrachapado, actual: embudo concreto, hueco: GFC
  - 35 Fijación metálica del panel a la cara lateral del forjado
  - 36 Tablero de madera de roble  $150x30mm$  de blanco

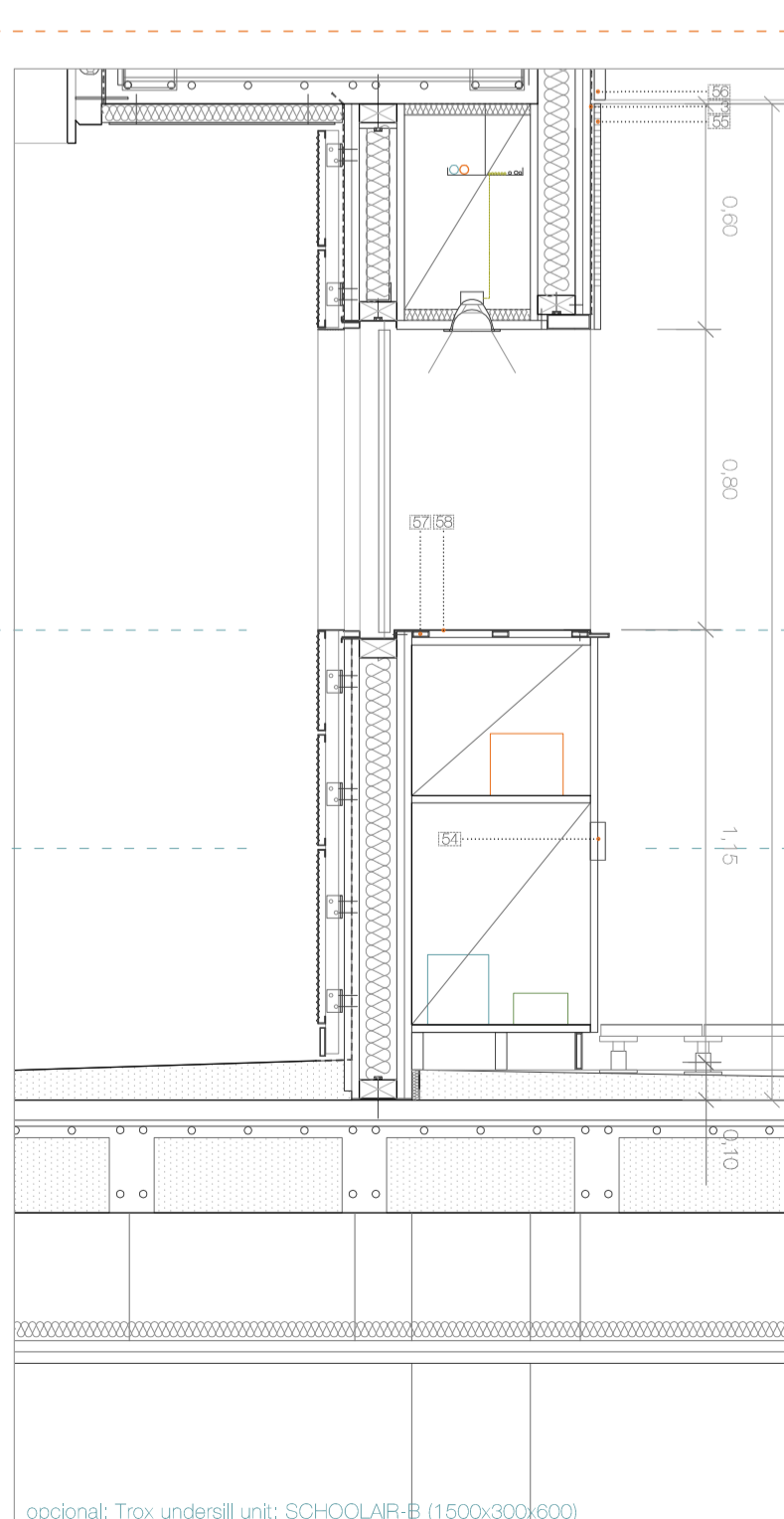
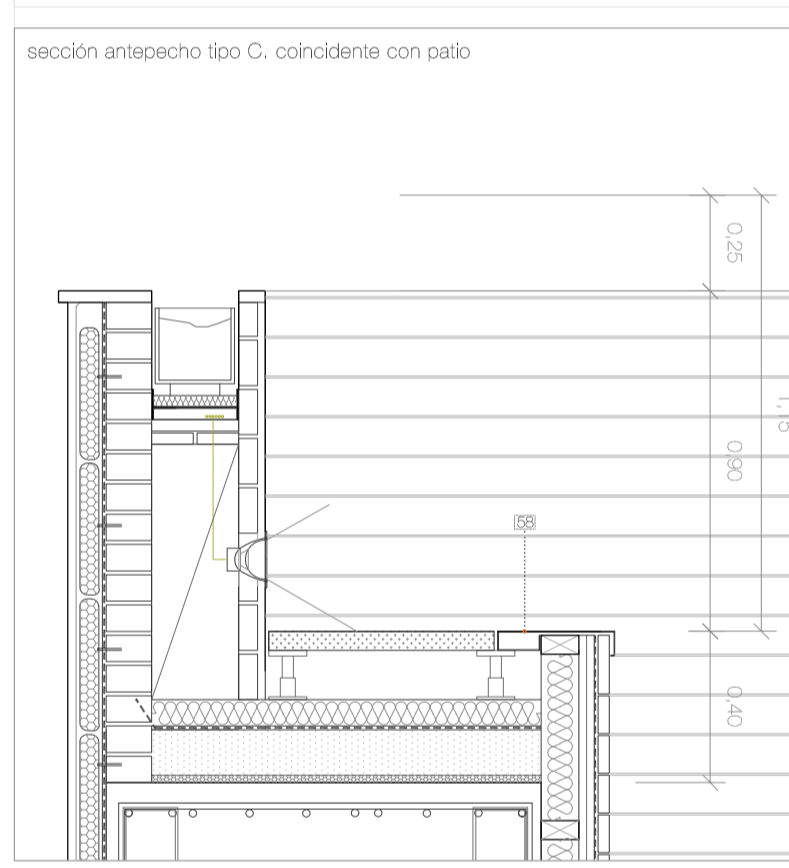
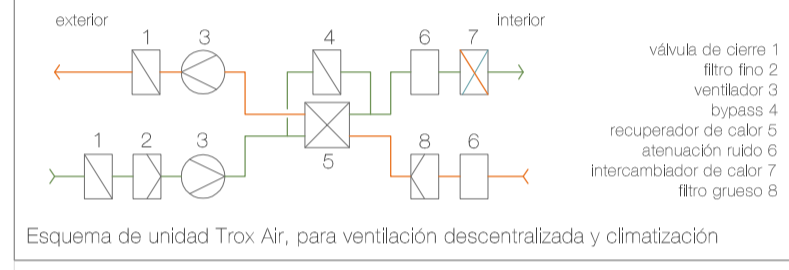


Trox underfloor unit: FSL-U-ZAB (1200x500x200)  
sección fachada tipo A, aula con banco (A,1 sin vidrio, A,2 vidrio translúcido)

- 37 Cebado en el hueco del antepecho
- 38 Embudo de monero bright  $e=10mm$
- 39 Techar negro (Quick)  $1x1,70$
- 40 Murete de ladrillo macizo, soporte para los perfiles
- 41 Cables en los canales con aislamiento proyectado
- 42 Acabado (color y textura) análogo al existente
- 43 Soporte horizontal exterior (Quick)
- 44 Serralla metálica con hueco para instalaciones y
- 45 Soporte para los macizos
- 46 Perfil de acero inoxidable  $e=2mm$
- 47 Recubrimiento de madera de teca  $e=10mm$
- 48 Soportes de plástico para cerramiento lateral
- 49 Alabamento de goma, grueso de 300x300mm
- 50 Cámara de aire
- 51 Alabamento tipo: ventana 10: Hincanderson
- 52 Lámina impermeable de butil elastomero SBS
- 53 Impactador 10mm (serina flexible de poliuretano de célula cerrada para aljibe de rubio de impacto)
- 54 Almacenamiento con tablero de resina térmica
- 55 Vidrio translúcido, 10mm (sujeción en borde)
- 56 Murete de madera de teca  $150x30mm$  de blanco
- 57 Perfil de aluminio anodizado para fijación de la chapa
- 58 Chapa de aluminio para protección del armario
- 59 Luminaria, tubo fluorescente
- 60 Angular para soporte de la carpintería a forjado
- 61 Cebado para paso de instalaciones
- 62 Luminaria de goma para vidrio  $10mm$
- 63 Perfil metálico, soporte del vidrio, fijo verticalmente
- 64 Estor amovible de tela y guías metálicas (blanco)
- 65 Luminaria: Downlight
- 66 Embudo de acero inoxidable
- 67 Cables de acero 6mm
- 68 Perfil de acero inoxidable (pasamanos)



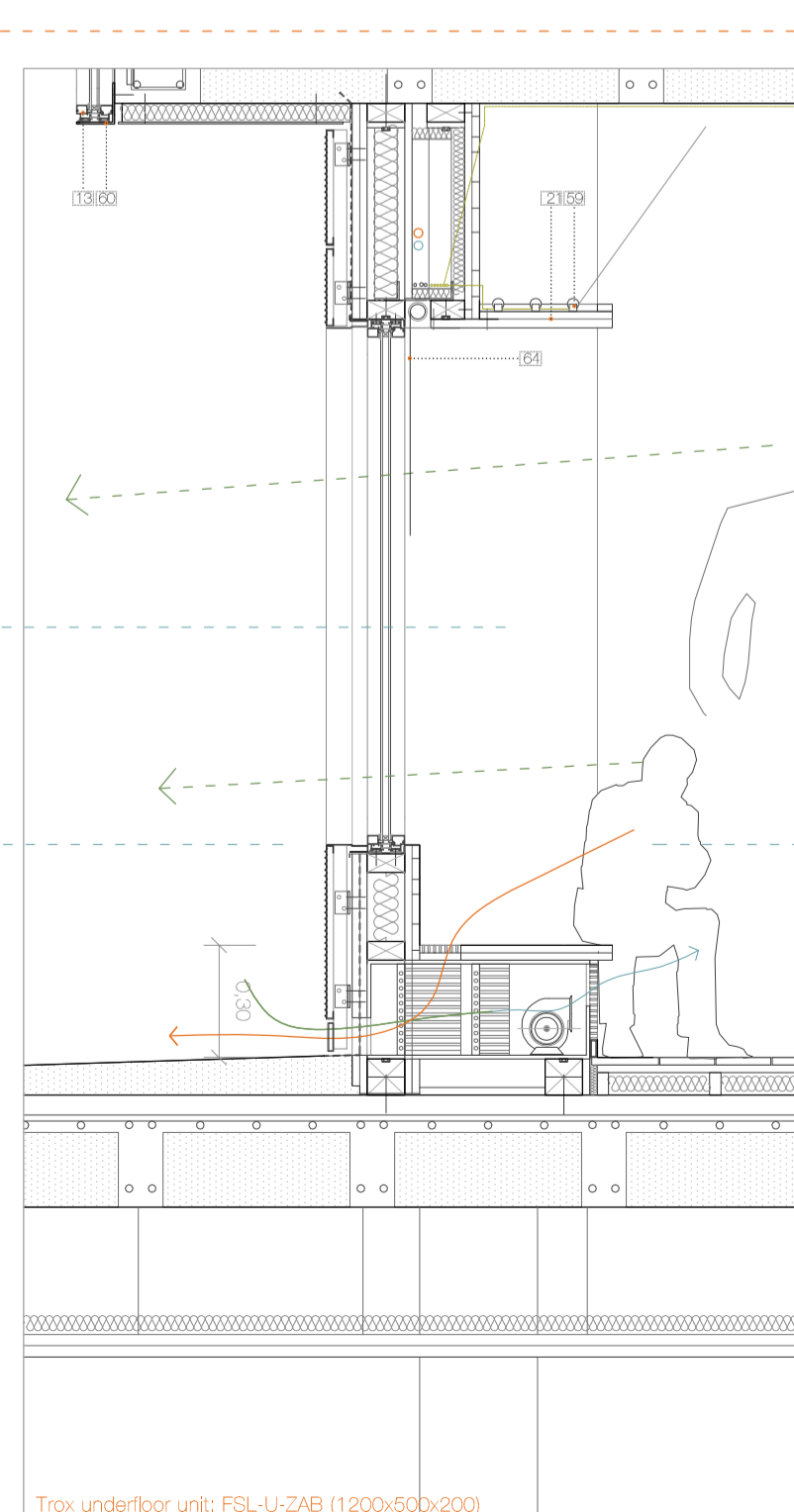
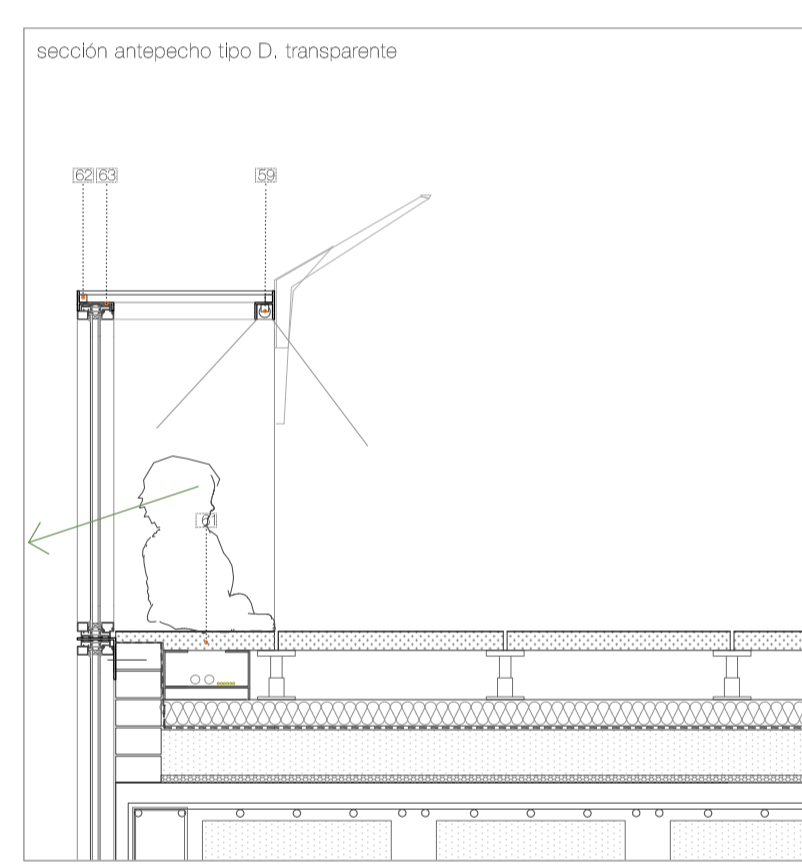
Trox underfloor unit: SCHOOLAIR-B (1500x300x600)  
sección tipo B, aula con mesa (B,1 sin vidrio)



opcional: Trox underfloor unit: SCHOOLAIR-B (1500x300x600)  
sección tipo C, con almacenamiento (C,1 con vidrio o C,2 con vidrio translúcido)

Construir esta escuela es, básicamente, construir el perímetro, que es a la vez medianera y fachada, y muro técnico. Tiene que resolver tantas situaciones distintas que se busca un sistema flexible, capaz de adaptarse. Este marco dentro del que se va resolviendo cada caso concreto no es otra cosa que un muro grueso, o dos muros separados, que van tomando distintas alturas. Esos muros, contruados con listones y tableros, son el soporte al que se añaden los distintos acabados, adecuados para cada ambiente, y para cada utilización.

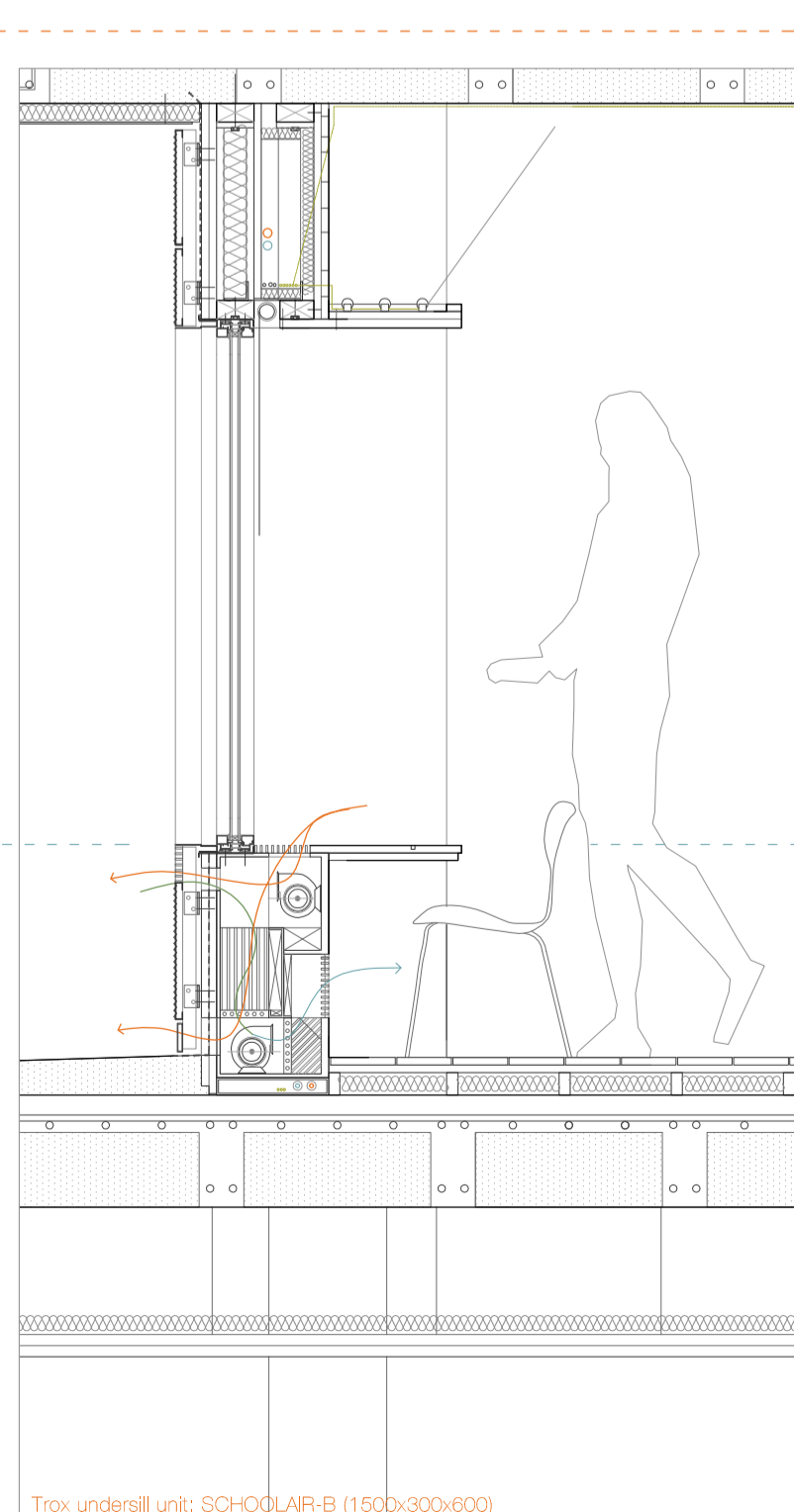
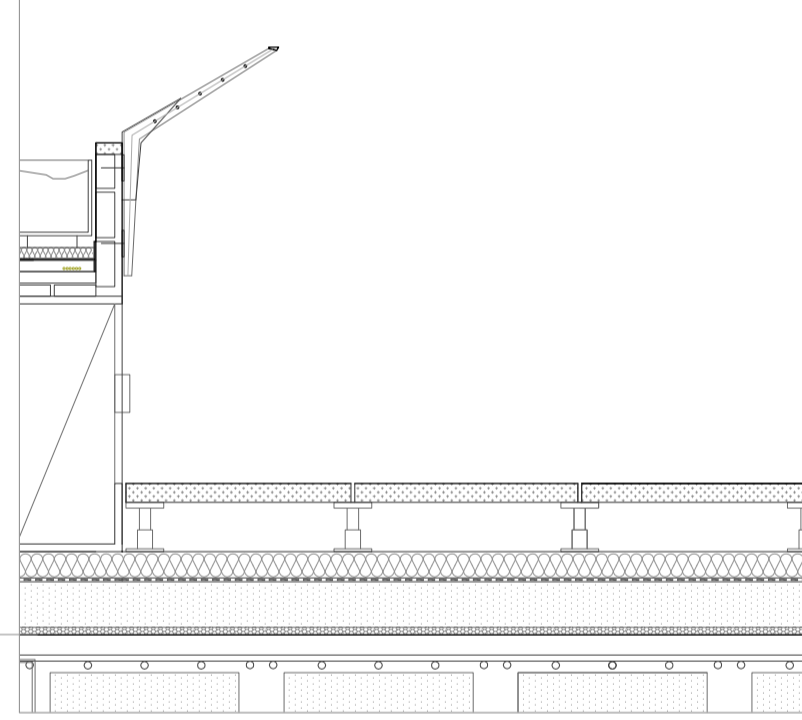
Entre ellos, se colocan las cosas: las agujetas, los libros, los lapiceros de colores, las cartulinas, las luces, los cables, las flores...



Trox underfloor unit: FSL-U-ZAB (1200x500x200)  
sección tipo D, zona común con banco

Trabajar con una estructura existente permite olvidarse de algunas cosas, pero acordarse de otras. No hace falta que los muros soporten cargas. Con una altura libre de 260cm, interesa mantener el techo, y se decide llevar todas las instalaciones al perímetro. No tienen que soportar, pero tienen que acondicionar, calefactar, y climatizar, y protegerlos de la lluvia. Y aprovechando la ocasión, también sirven que almacenar, y cogor inercia. Y funcionar.

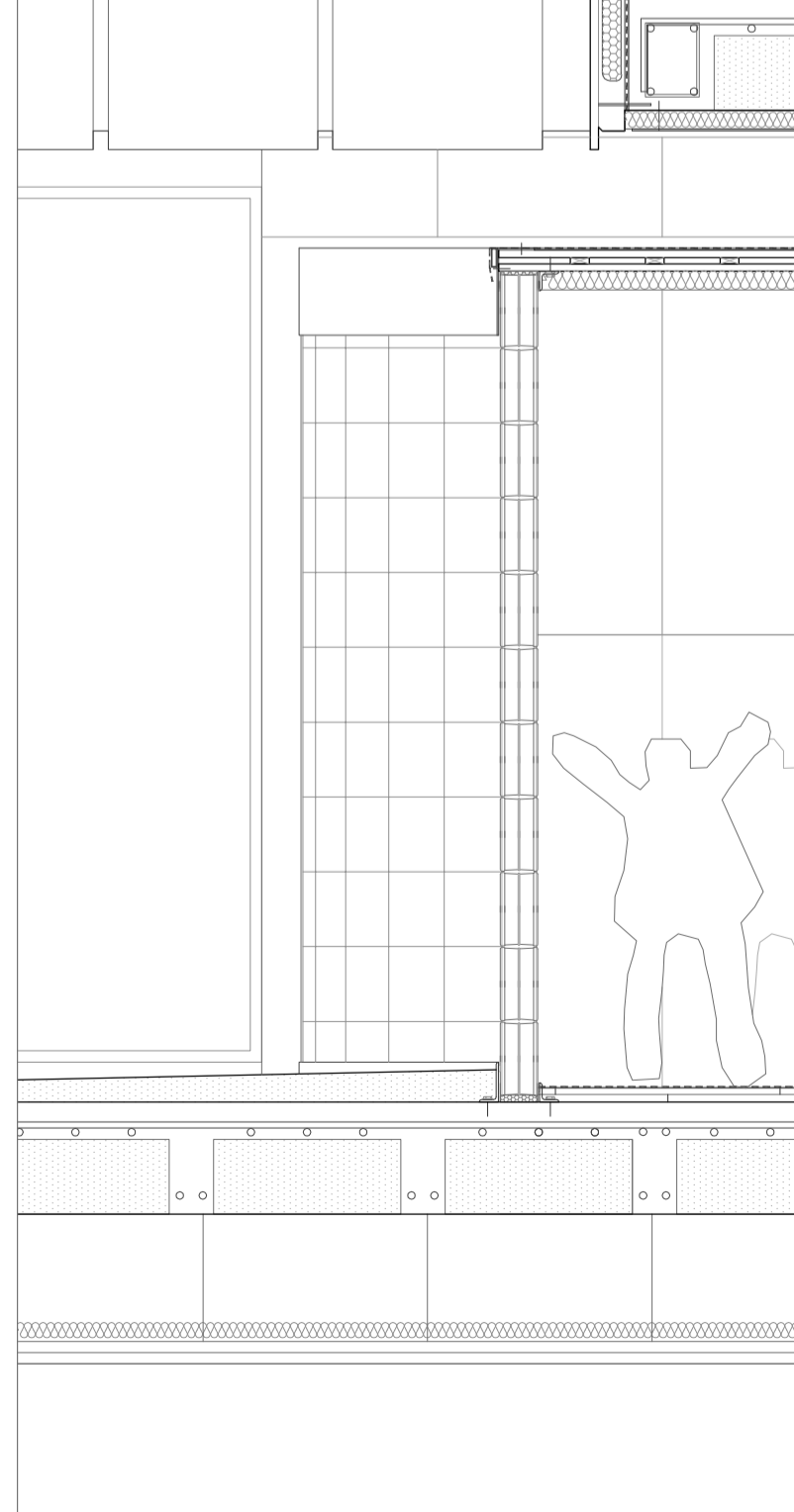
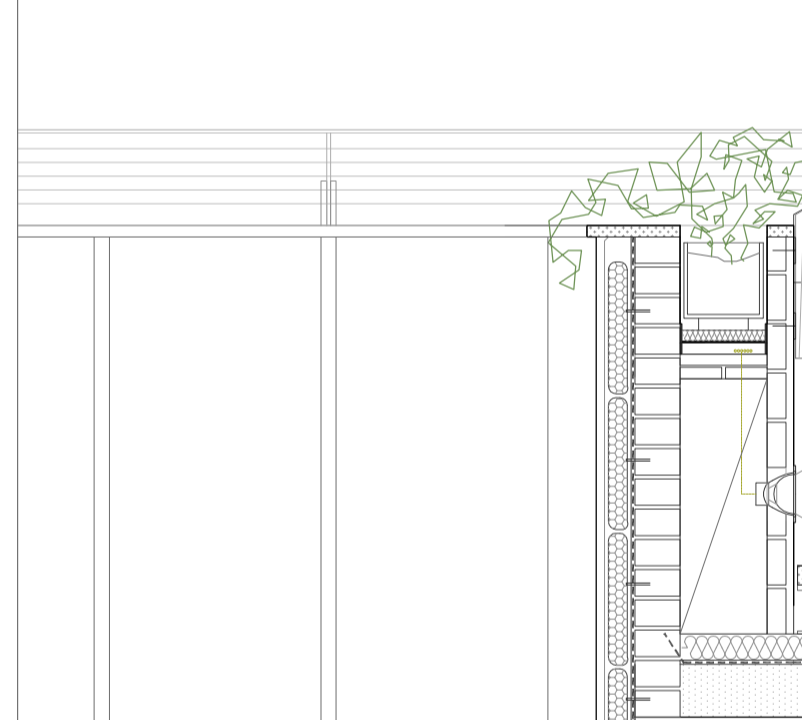
Con éstas como únicas premisas, se van desplazando todas las situaciones que se han considerado necesarias, siempre manteniendo fija la distancia entre ambos muros.



Trox underfloor unit: SCHOOLAIR-B (1500x300x600)  
sección tipo E, zona común con mesa

De esta manera, cuando a un lado hay aula, se levanta la altura del muro exterior hasta 115cm, la altura que divide el mundo de los niños del de los adultos, y que impide su visión del exterior y de las distracciones. El muro interior puede ser banco (unos 35cm), mesa (unos 55cm) o almacenamiento (115cm), según el uso del espacio. Cuando estamos en un espacio común, el muro exterior se baja a 55cm, permitiendo la visión, y el muro interior puede ser banco o mesa. A veces los dos tienen 260cm, cerrando por completo, o 0cm, cuando hay una puerta. Otras veces uno tiene 260cm, y el otro 0, porque es un armario completo.

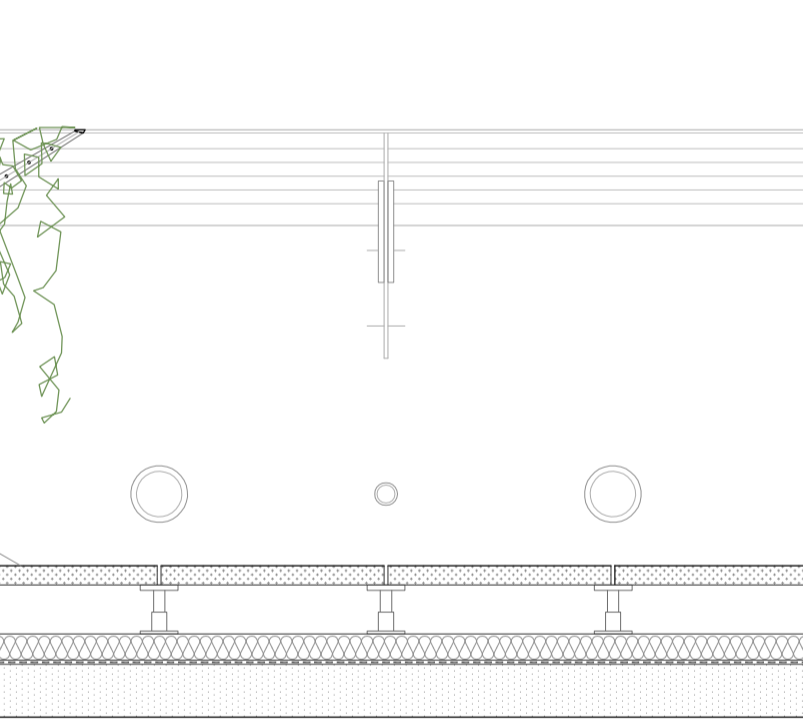
Todas estas cosas se añaden con mucha naturalidad al edificio existente, y no le pasa nada.



sección por el baño, punto especial

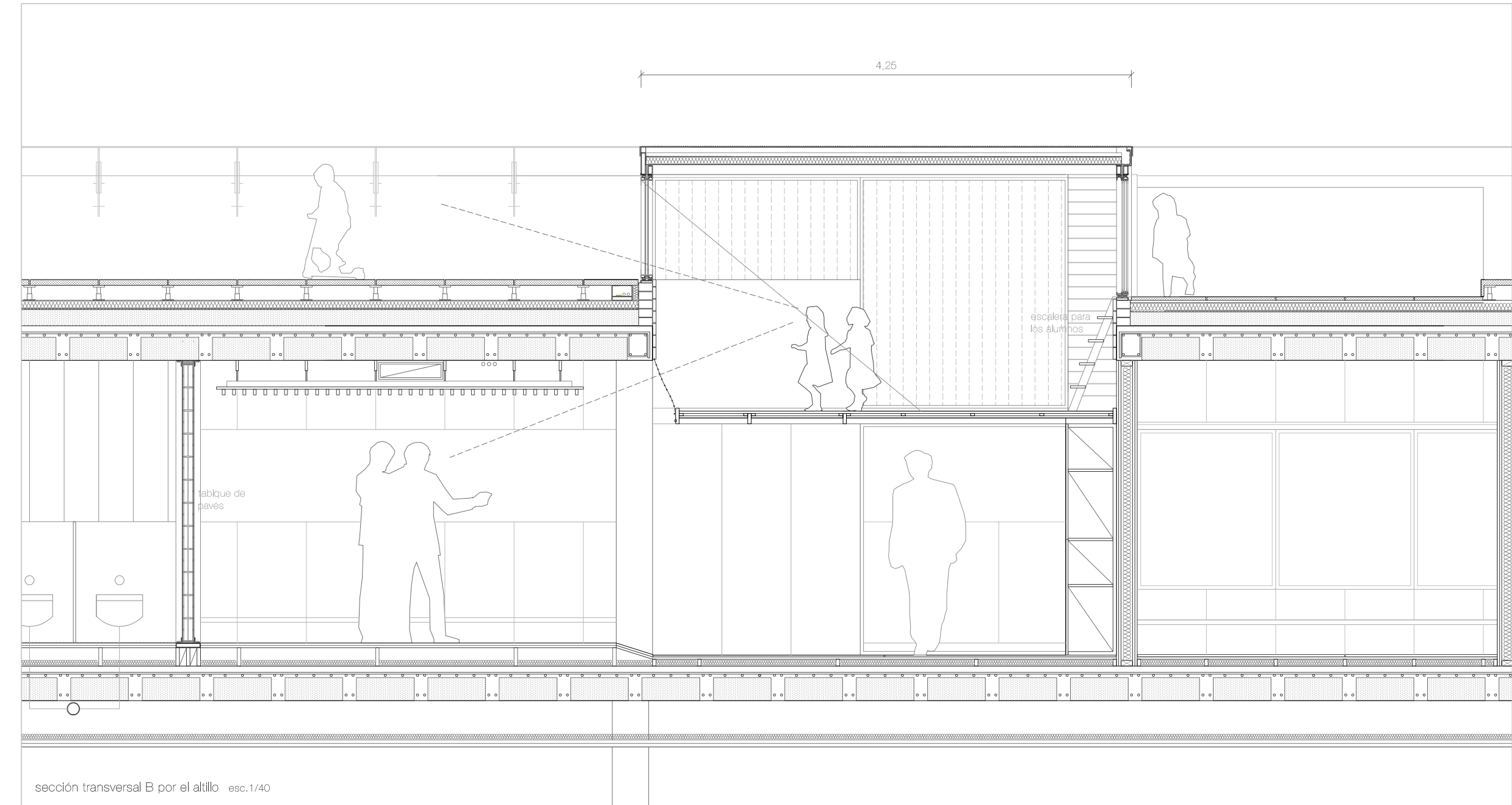
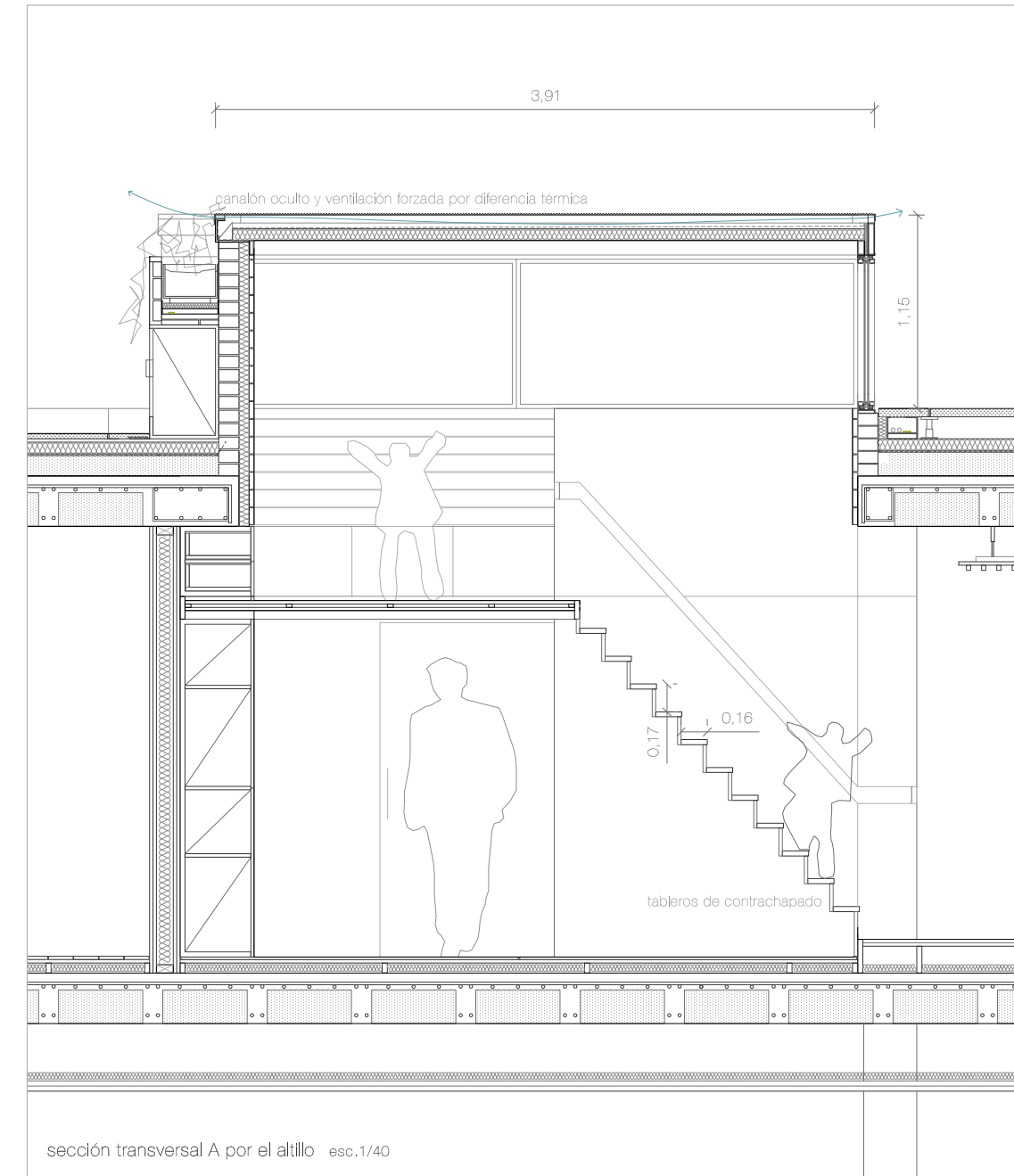
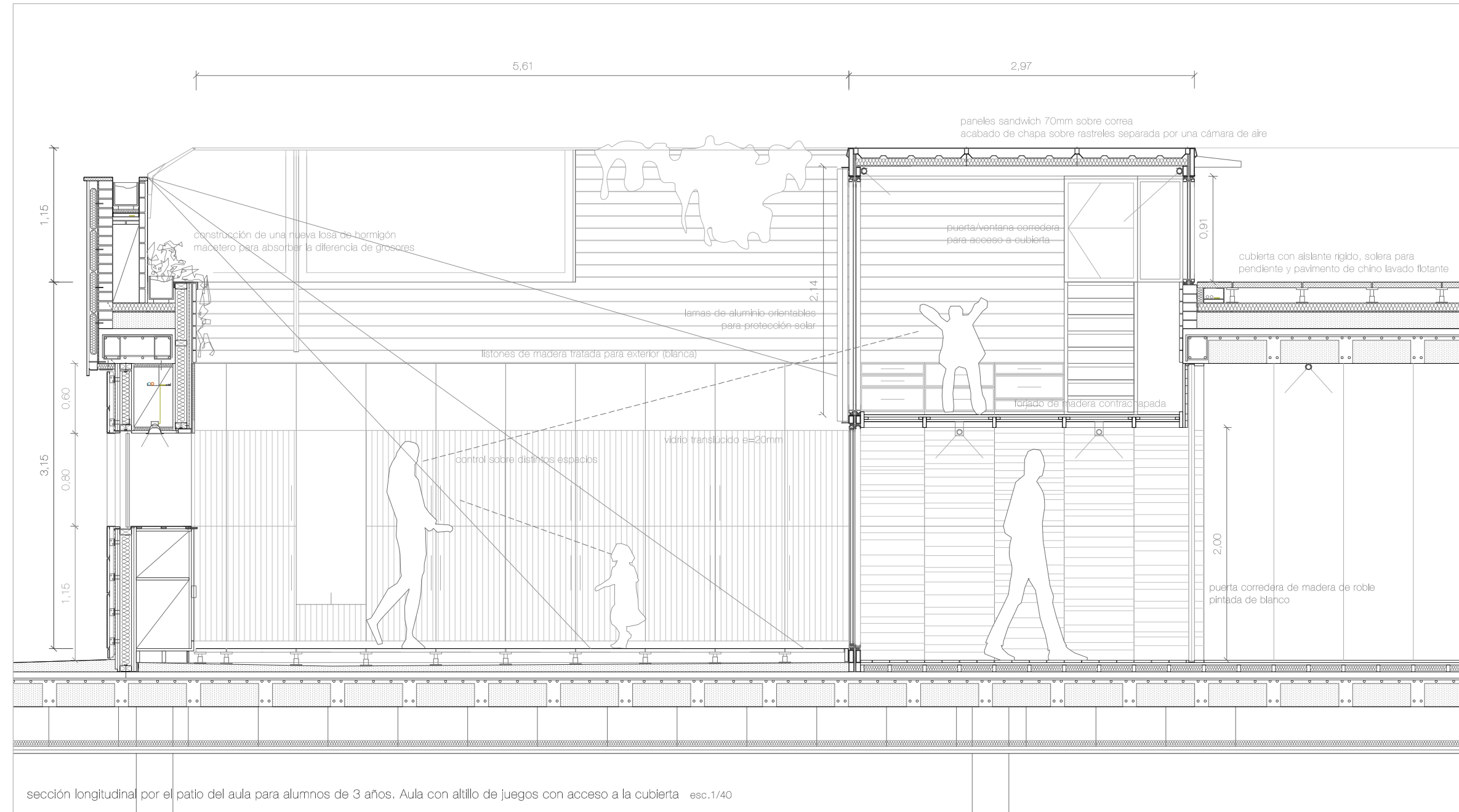
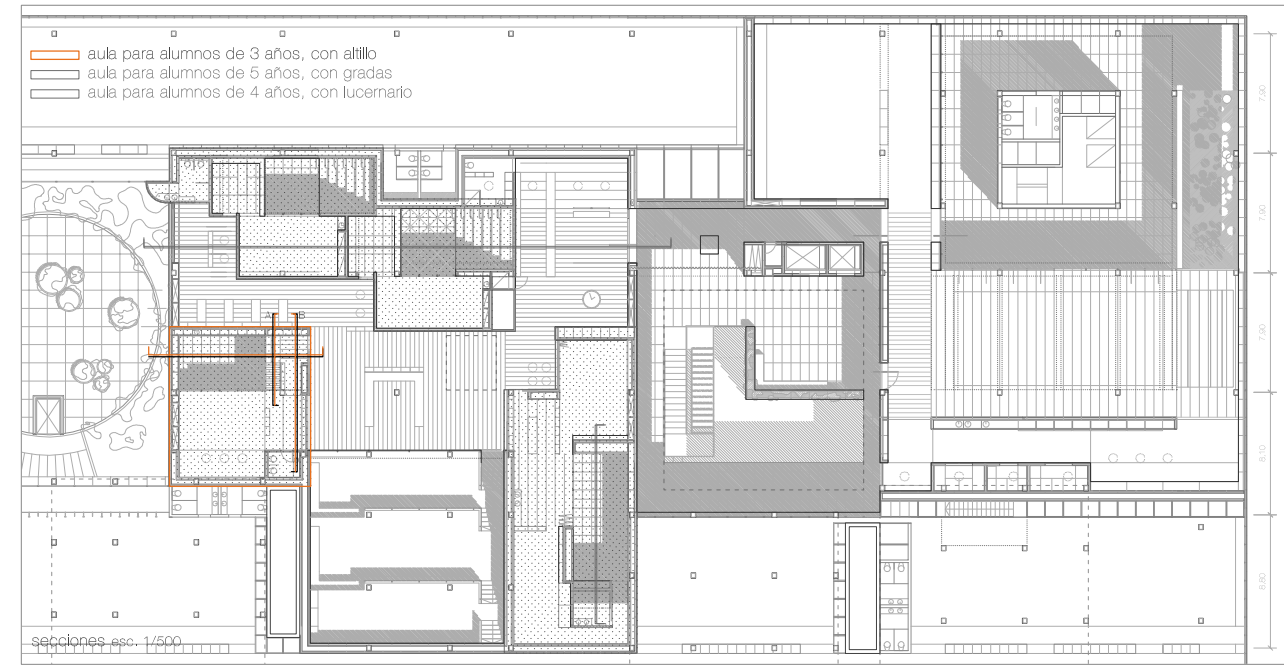
En el antepecho se actúa sobre un elemento existente, que ya resuelve los tipos A y B sin que nosotros hagamos nada. Bueno, nosotros colocamos un perfil de acero inoxidable y una red de tela (también hasta 115cm), sobre la que puede crear la planta que colocamos en la maceta. También ponemos una luz, de vez en cuando, para iluminar la cubierta por la noche.

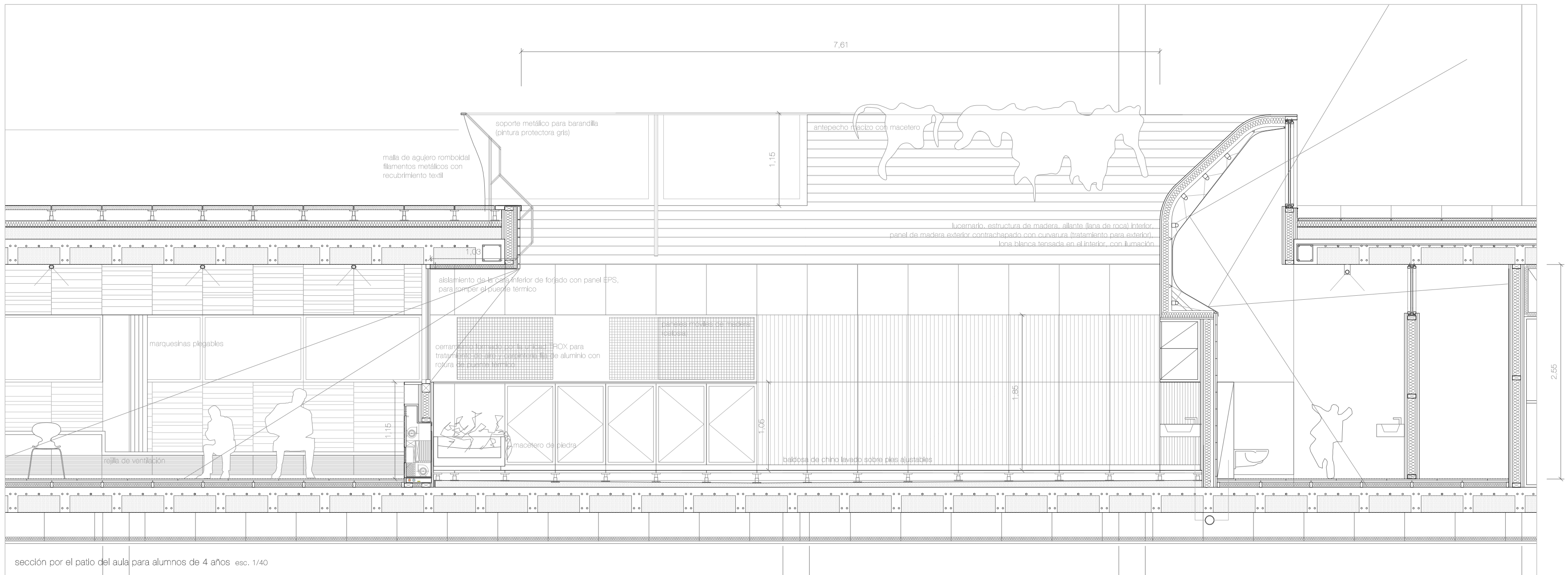
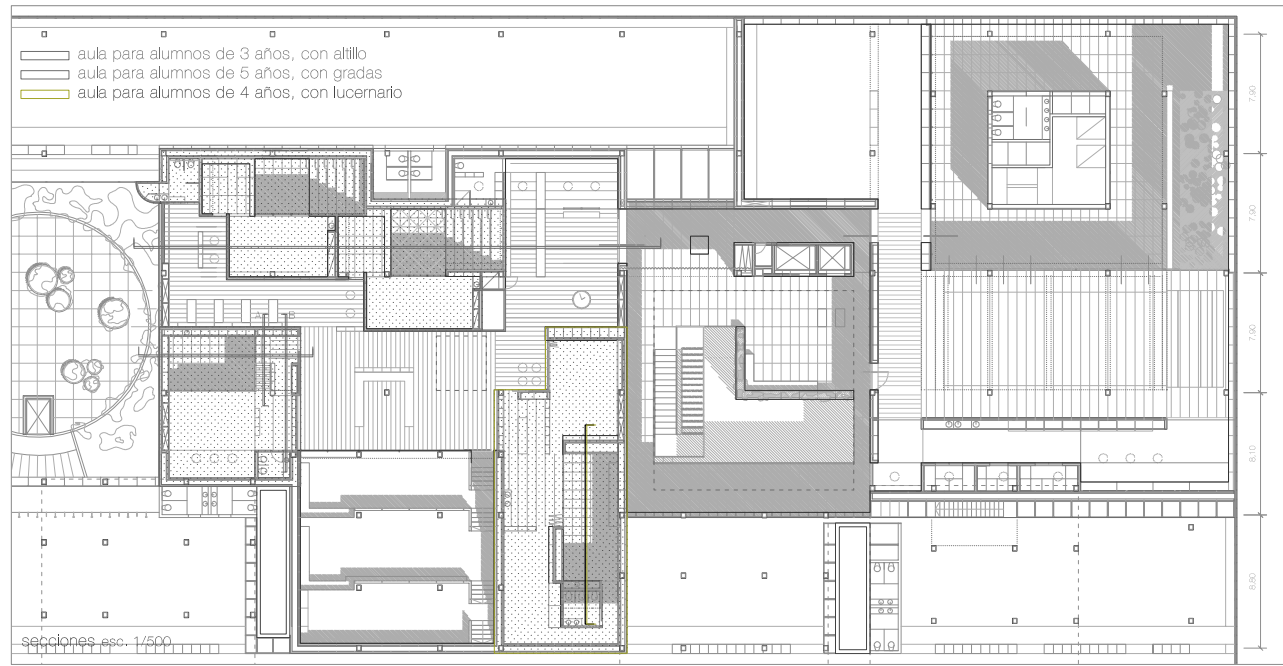
A veces interesa que el antepecho desaparezca, y se sustituye por un vidrio, y otras veces hace falta espacio para guardar cosas, y se agujera con cuidado para colocar un armario. Todo muy fácil.

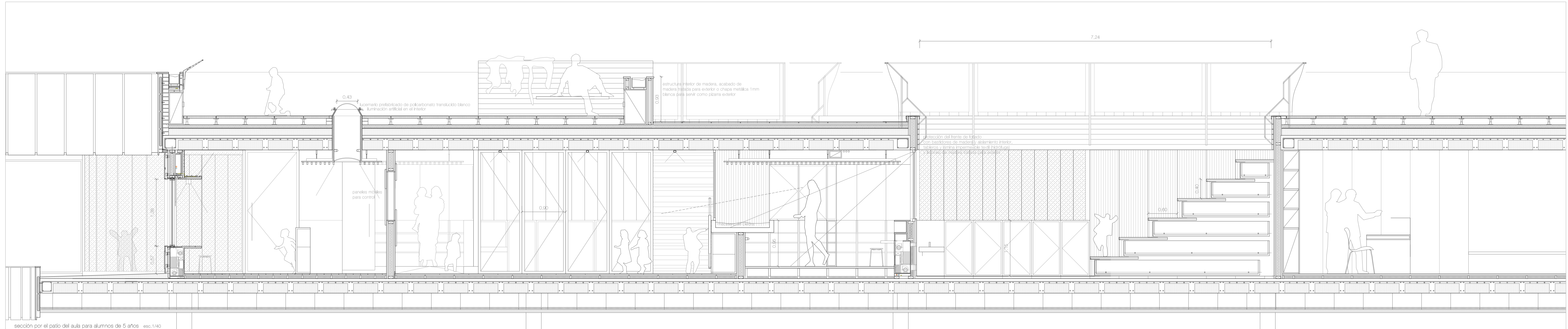
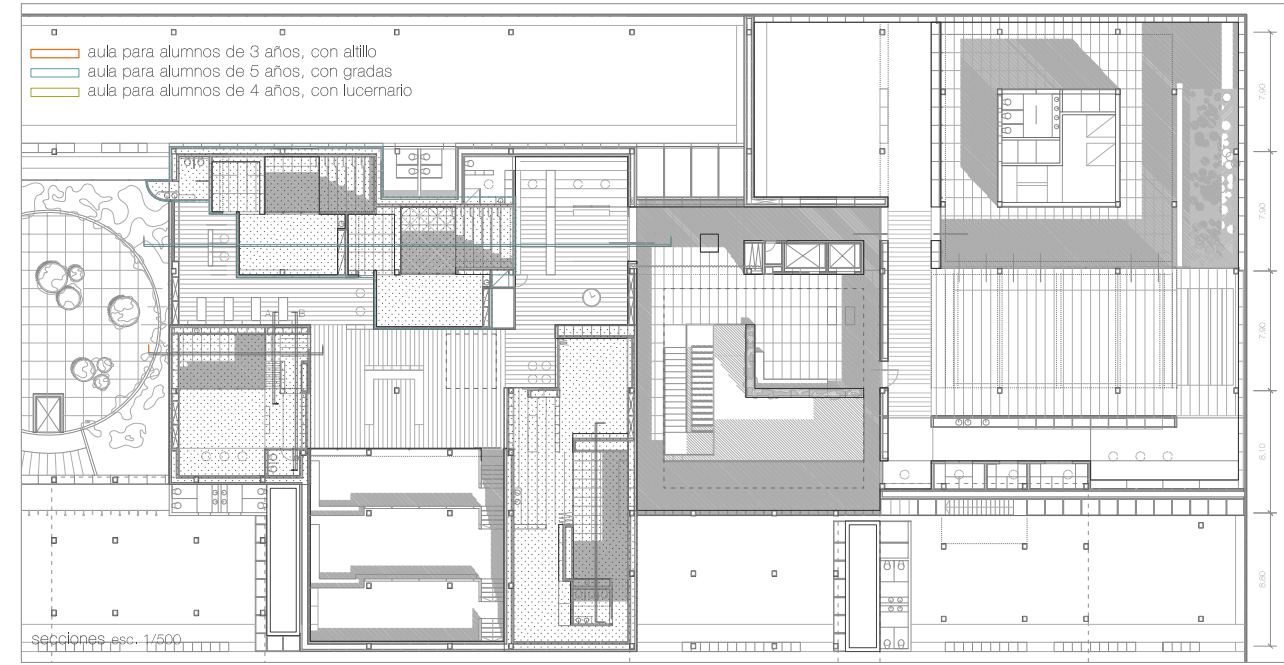


todos los detalles a escala 1/20



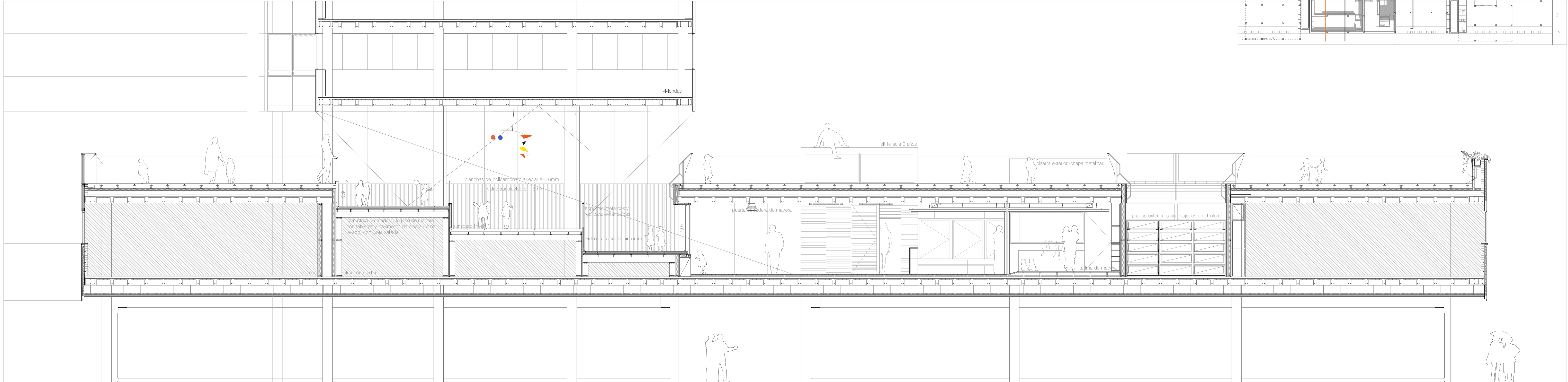
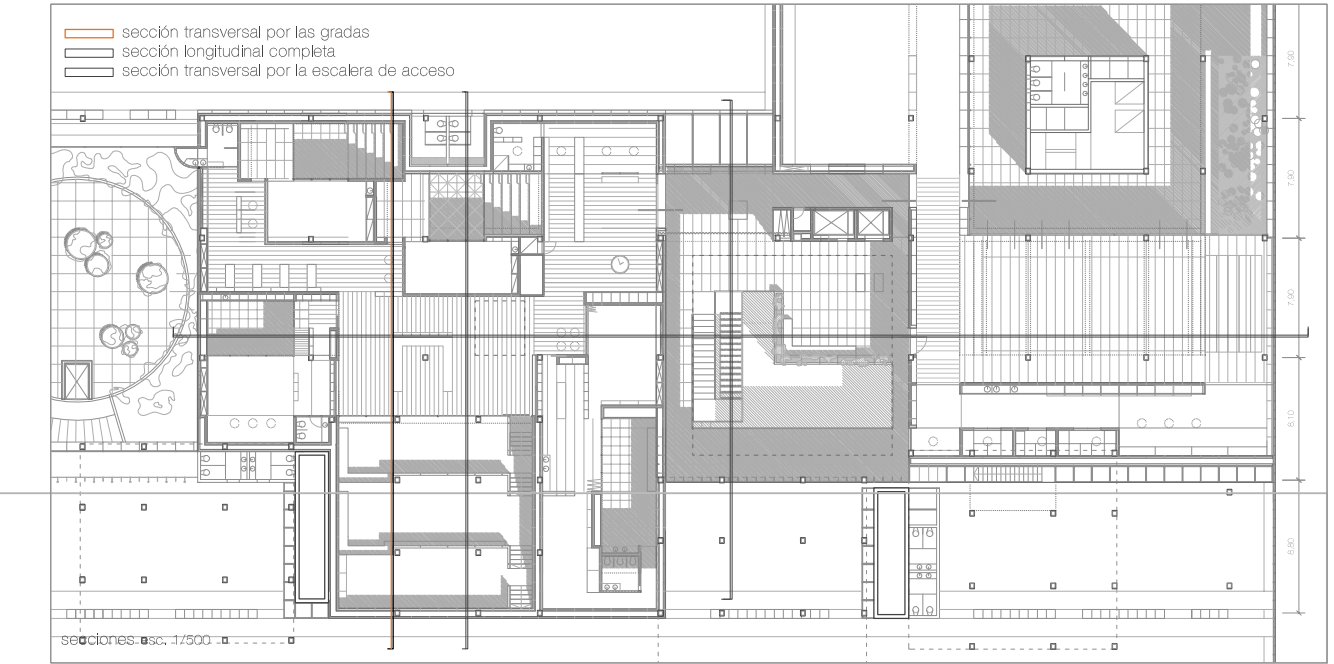








El espacio multifuncional de la escuela también tiene su espacio exterior auxiliar cubierto, bajo las torres y en forma de gradas que caen hacia el espacio interior y dejan pasar la luz y el aire.

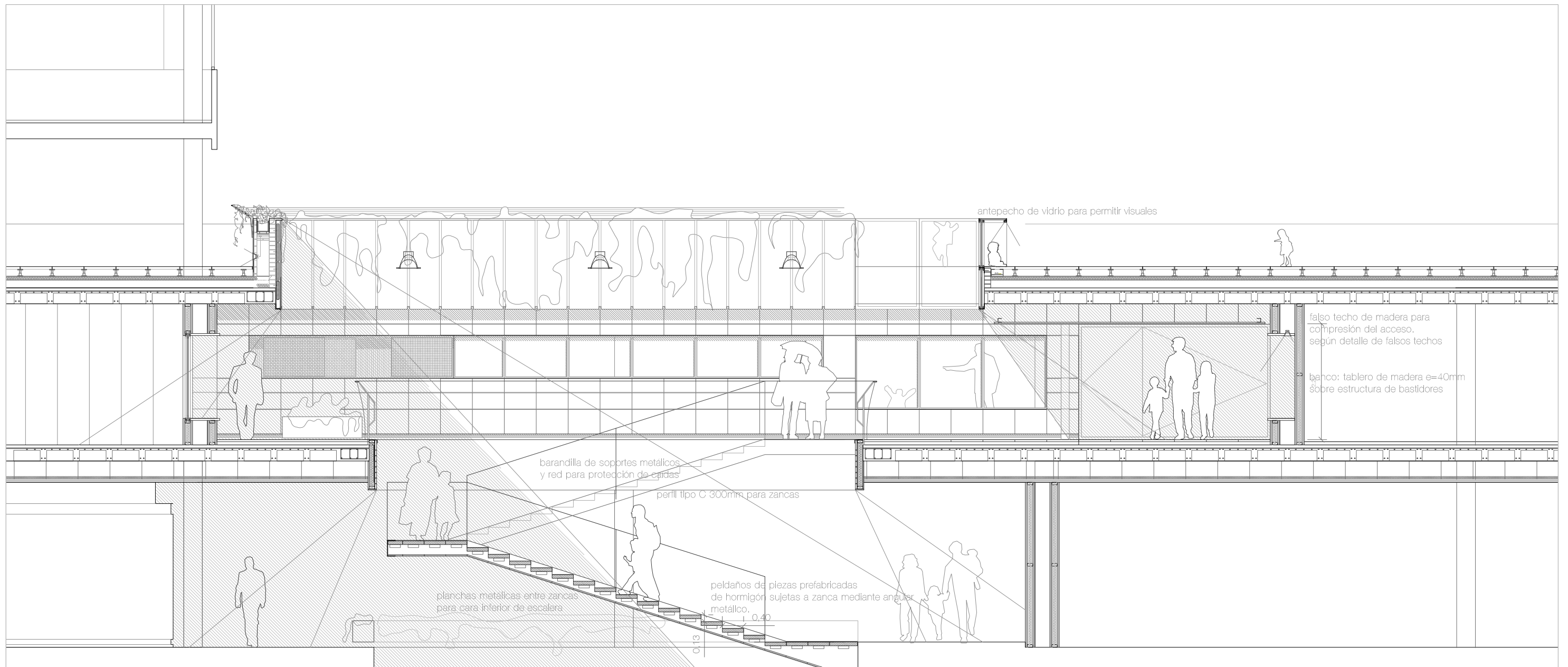
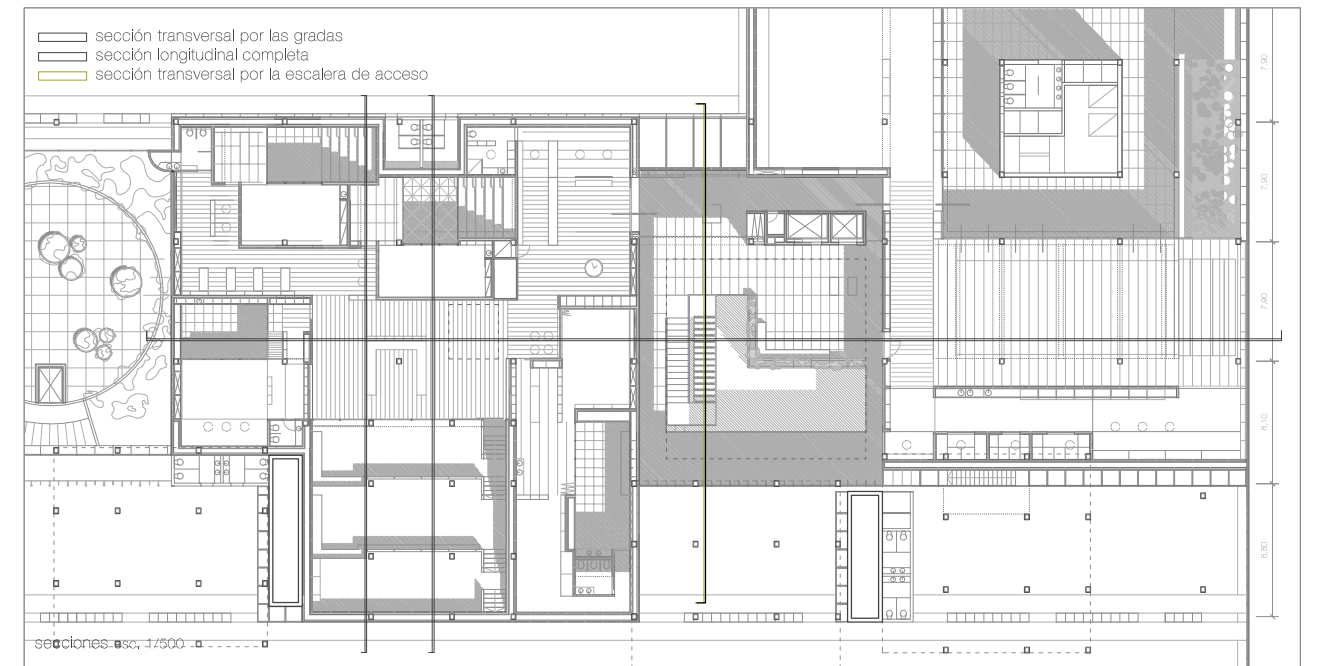


sección transversal por las gradas

zonas de uso común: sección por las gradas

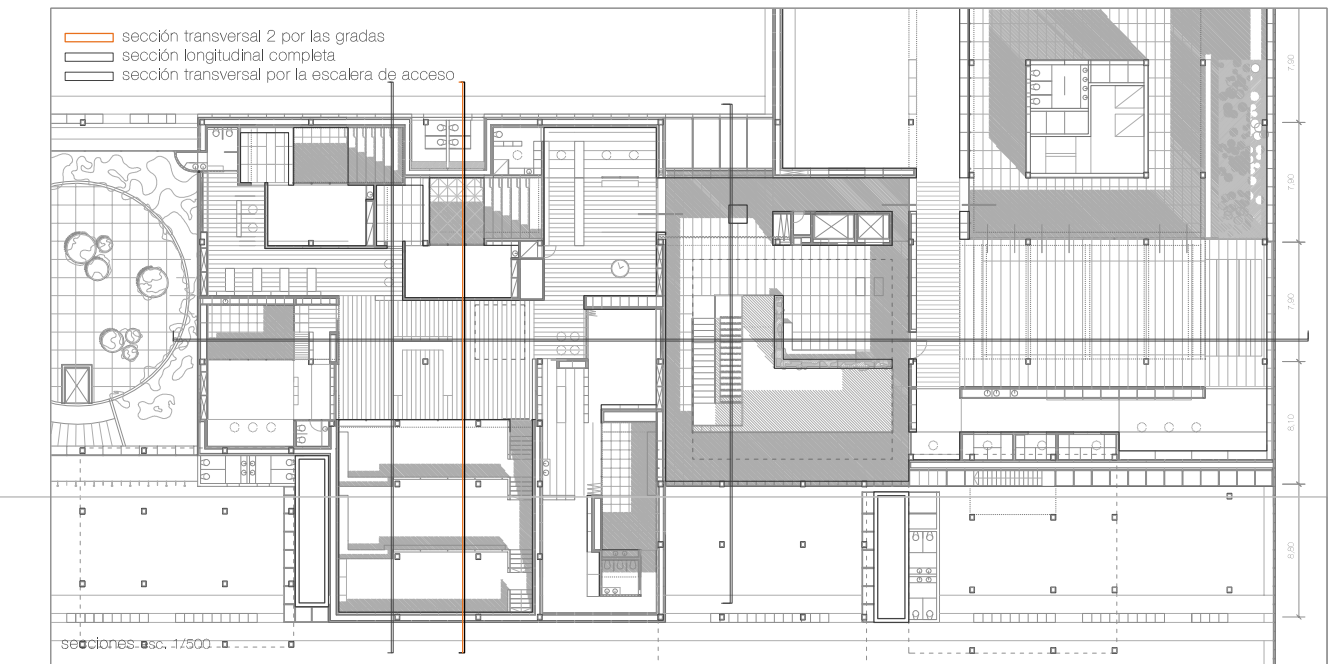
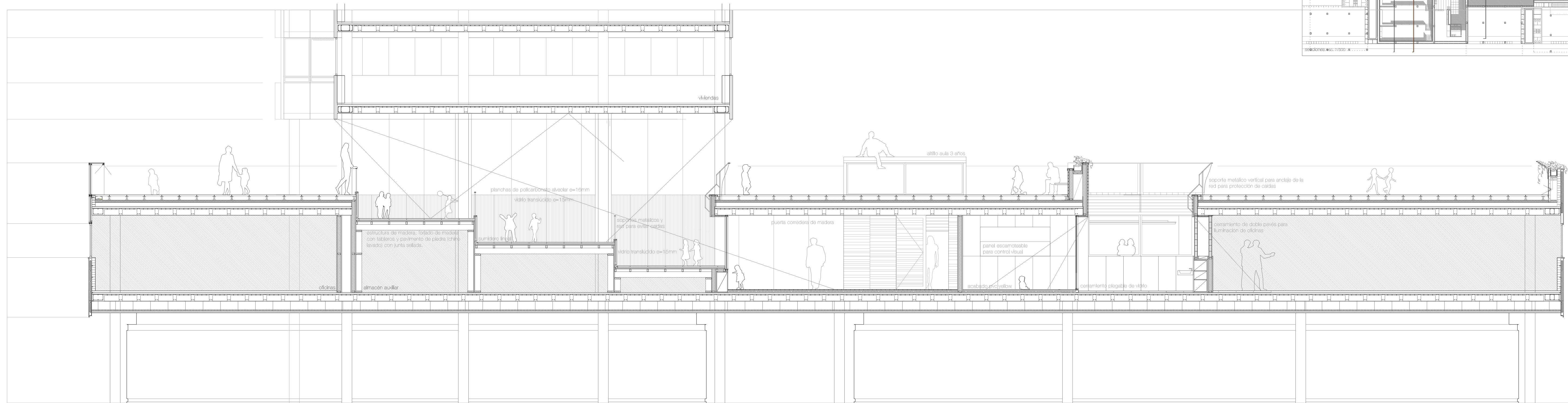
La escalera de acceso, construida con zancas metálicas y peldaños de hormigón prefabricado, se dimensiona pensando en el usuario que va a utilizarla. Se aplican las distintas reglas para el cálculo de las contrahuellas y huellas, teniendo en cuenta que la longitud del paso de un niño es la mitad que la de un adulto. Para ello, se decide utilizar una huella de 40cm y una contrahuella de 12cm, de forma que el adulto, en un paso, puede subir un escalón ( $2 \cdot 12 + 40 = 64$ ), mientras que el niño da un paso dentro del escalón, y otro para subirlo ( $32$  en horizontal y  $2 \cdot 12 + 8 = 32$  para subir el escalón).

Se consigue así una escalera al aire libre, cómoda para ambas escalas.



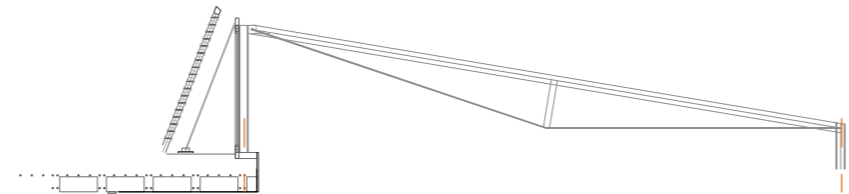
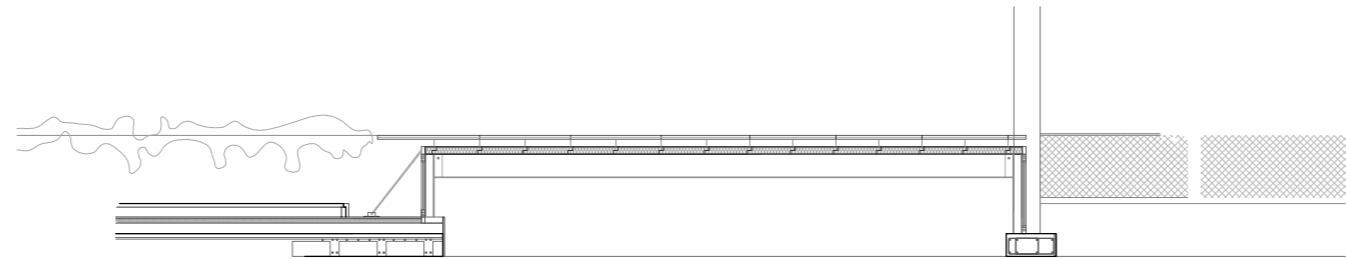
sección transversal por el patio de acceso

zonas de uso común: sección por la escalera de acceso



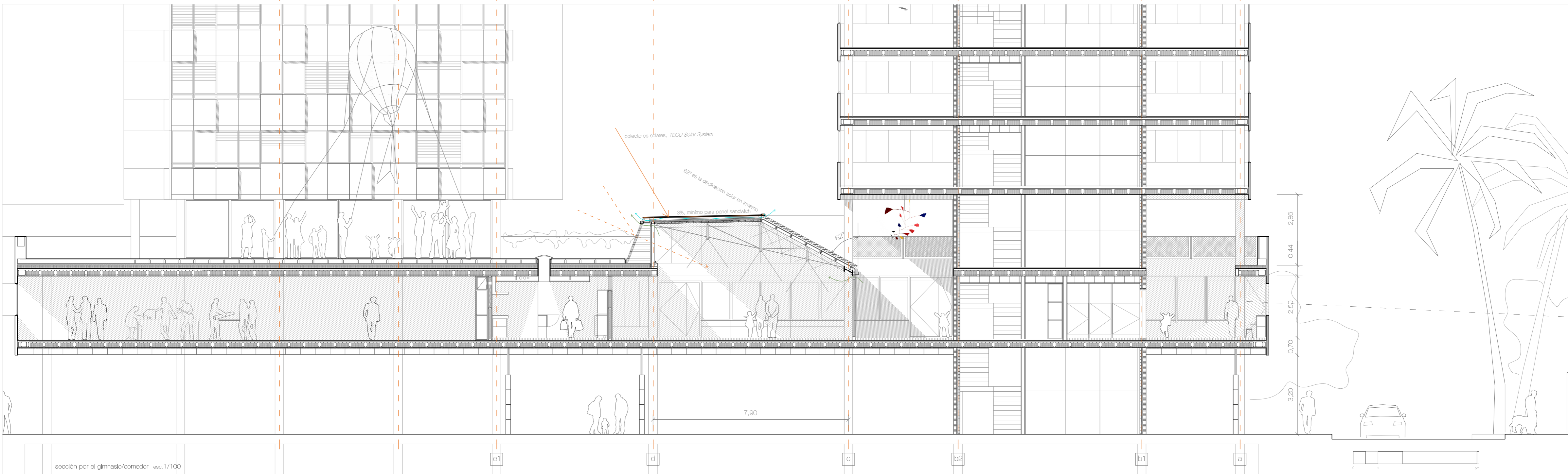
sección transversal 2 por las gradas

zonas de uso común: sección por espacio de usos múltiples



posibles cubiertas

Nótese el craso error. Se habla de espacios, pero se dibujan únicamente dos dimensiones. Mal camino.

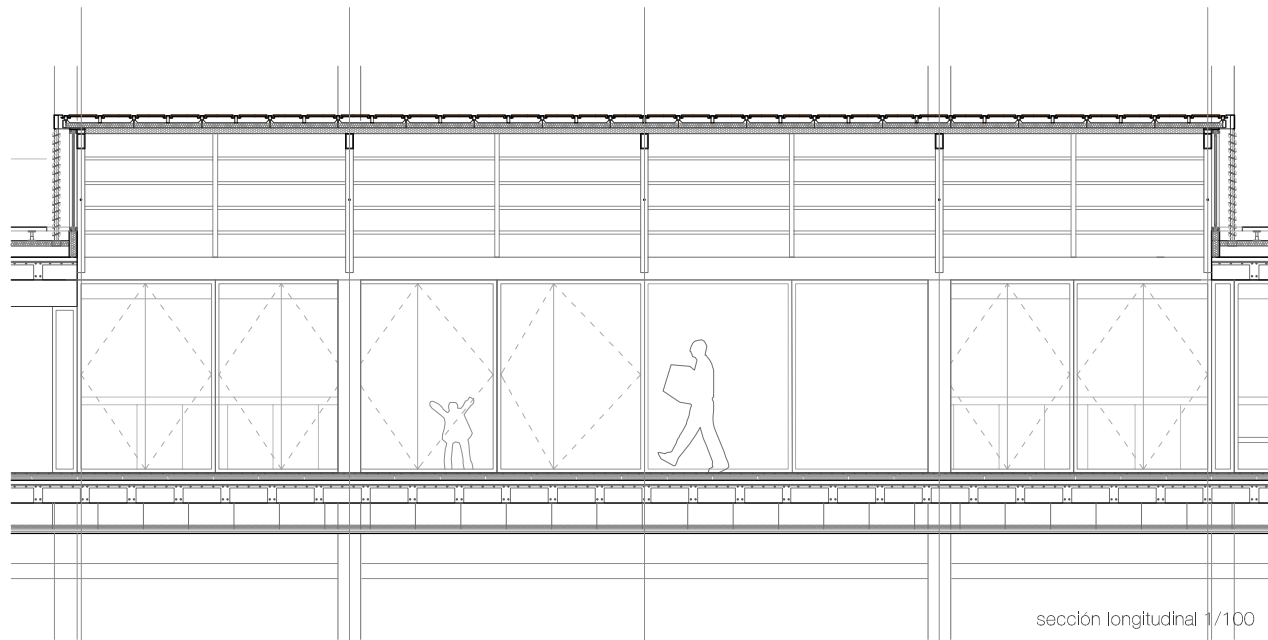


colectores solares, TECU Solar System

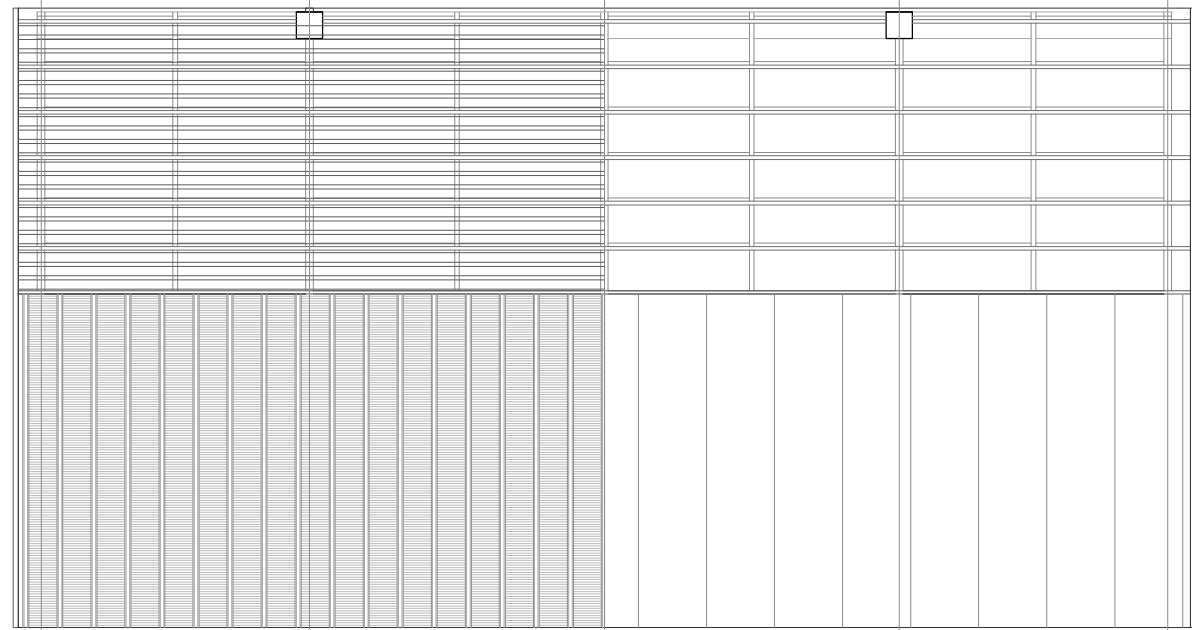
62° es la declinación solar en invierno

3% mínimo para panel sandwich



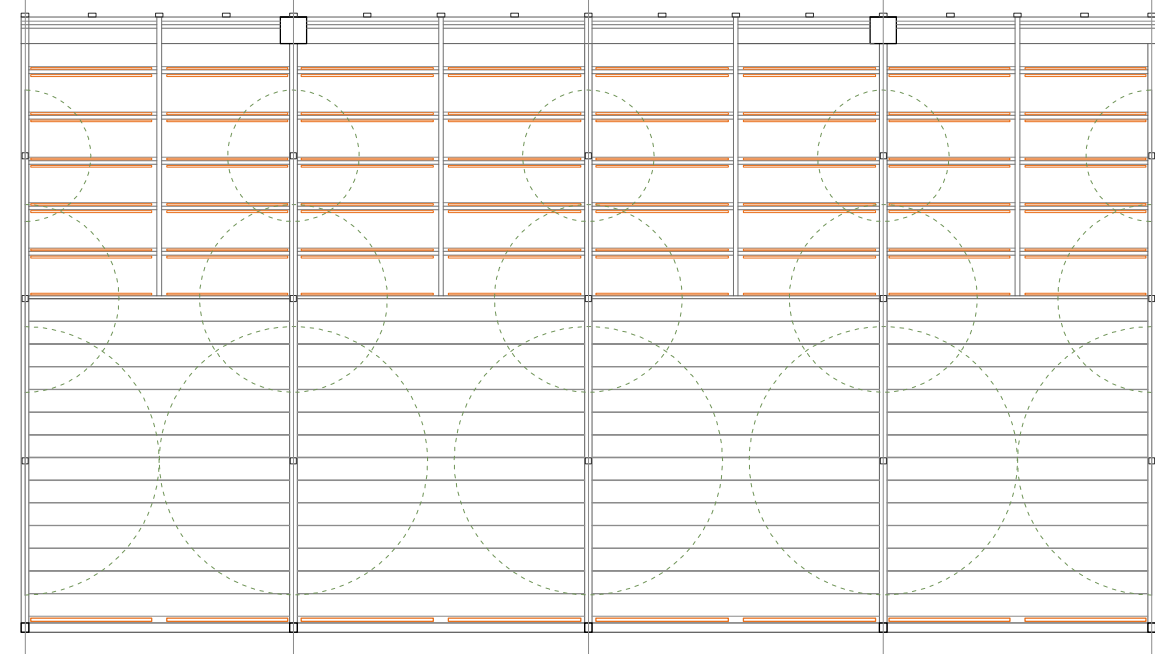


sección longitudinal 1/100



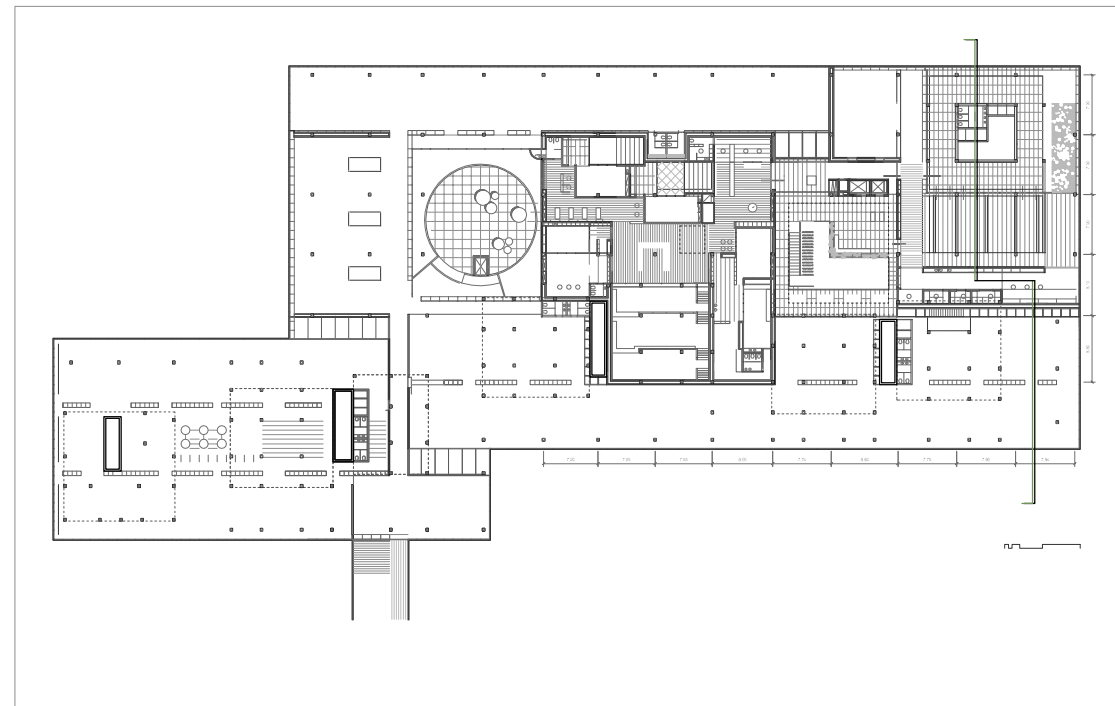
planta de cubierta con chapa de acabado

planta de cubierta sin acabado 1/100



planta de techos 1/100

fluorescente    downlight



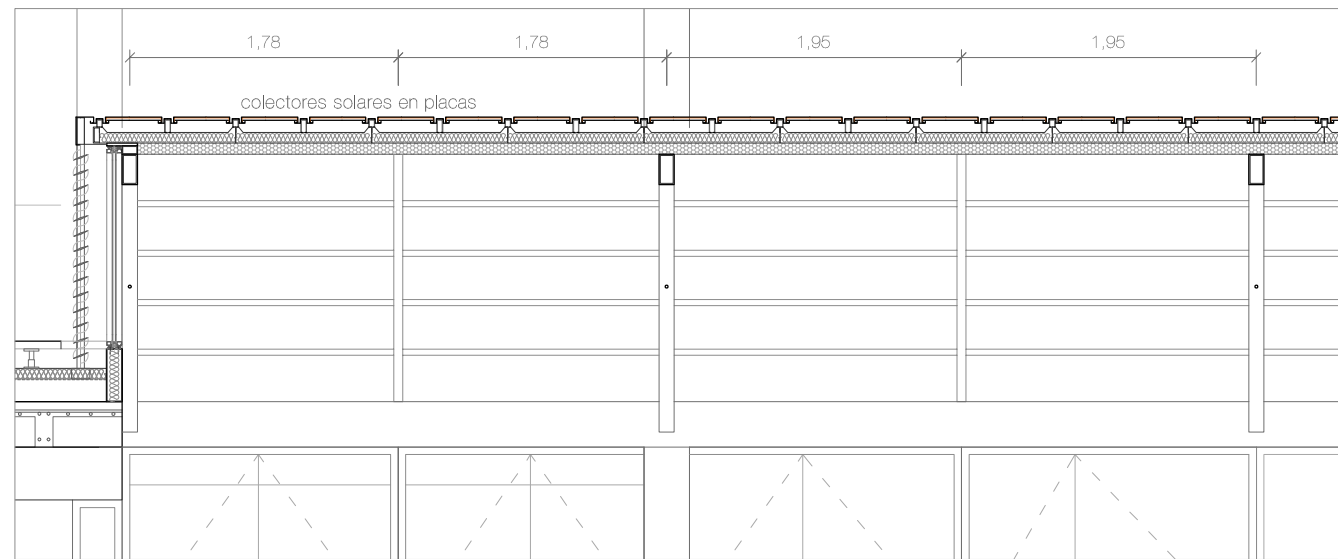
## La cubierta

Por ser el único espacio que se construye por encima de la cota de la cubierta, la cubierta del gimnasio se convierte en un elemento importante. Se resuelve teniendo en cuenta una serie de condiciones, y no se resuelve, al mismo tiempo:

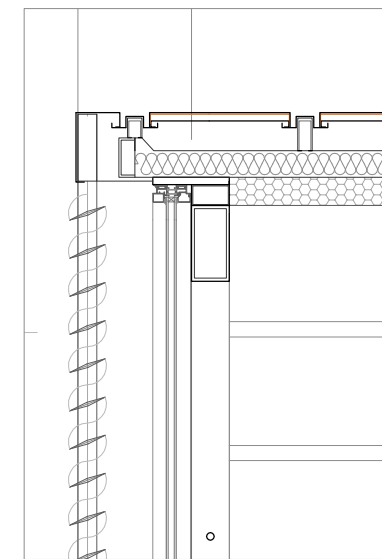
- La cubierta debe permitir la entrada de luz en el patio bajo la torre, para que todo el perímetro del vacío quede abierto. Ese punto, en el que la cubierta se encuentra con los pilares de la torre, es el más conflictivo.
- Debe resolver la evacuación del agua de la lluvia.
- Debe dar una respuesta técnica clara al problema del potente soleamiento al que está sometida.
- Debe permitir la entrada de luz en el gimnasio, y su ventilación.
- Se pretende conseguir, bajo ella, el mayor volumen posible de metros cúbicos; es decir, la mayor altura en toda la sala.
- Debe tener un planteamiento estructural coherente con la luz y las condiciones que existen, y con las cargas a las que va a estar sometida, horizontales y verticales.

Aplicando directamente todas estas reglas, que no por ser reglas son correctas, se ha dibujado una solución algo aparatosa, que no termina de resultar conveniente. Por ello, se han dibujado otras tres soluciones, que transgreden alguna de las reglas, o varias. Ninguna es aún la definitiva.

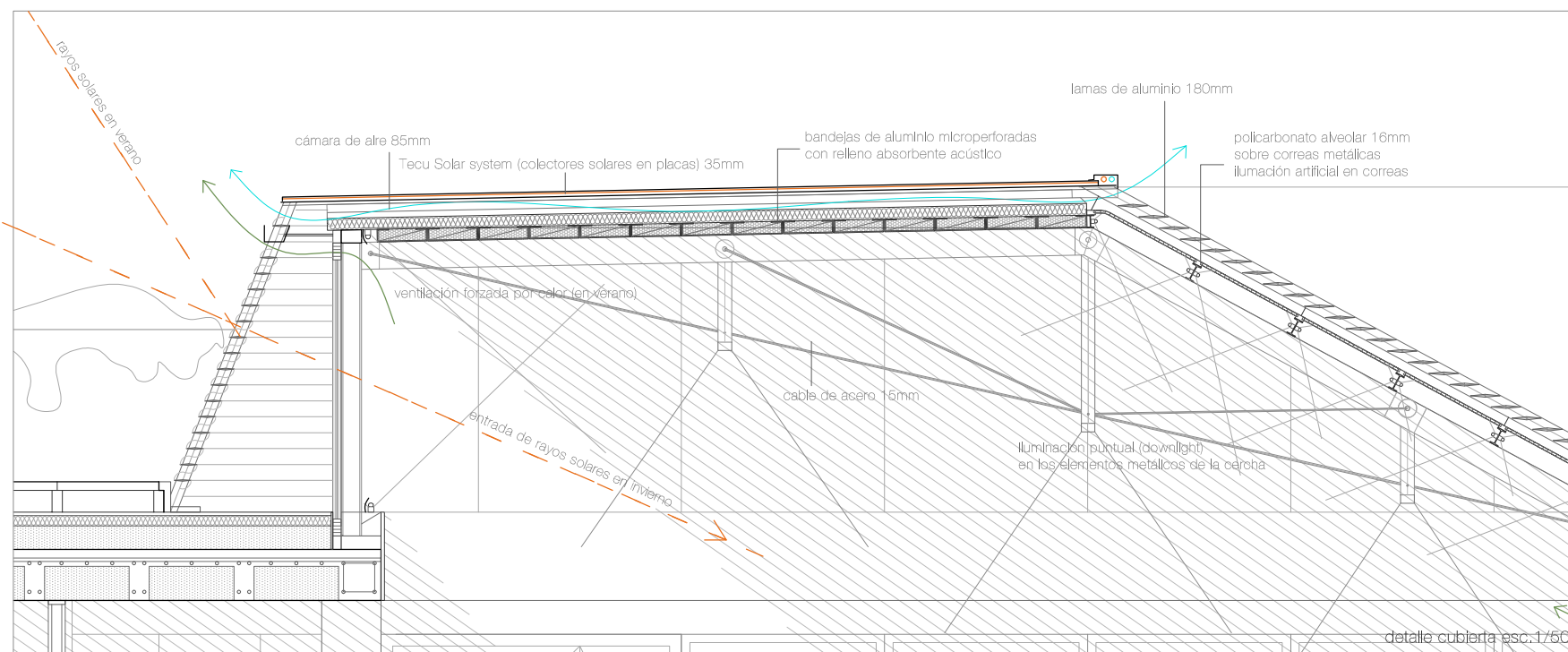
Sobre la que está dibujada en su sitio, diré que se dibuja primero recta, para conseguir una sala de gran altura (4,7 metros); y después se inclina desde el perímetro del patio con el ángulo de declinación solar en el solsticio de invierno, asegurando el soleamiento del patio durante todo el año. Además, se introducen mecanismos para forzar la ventilación en verano, cuando se calientan las masas de aire, y se coloca una segunda piel algo separada de la primera, para evitar el soleamiento directo sobre la sala y favorecer el enfriamiento por aire.



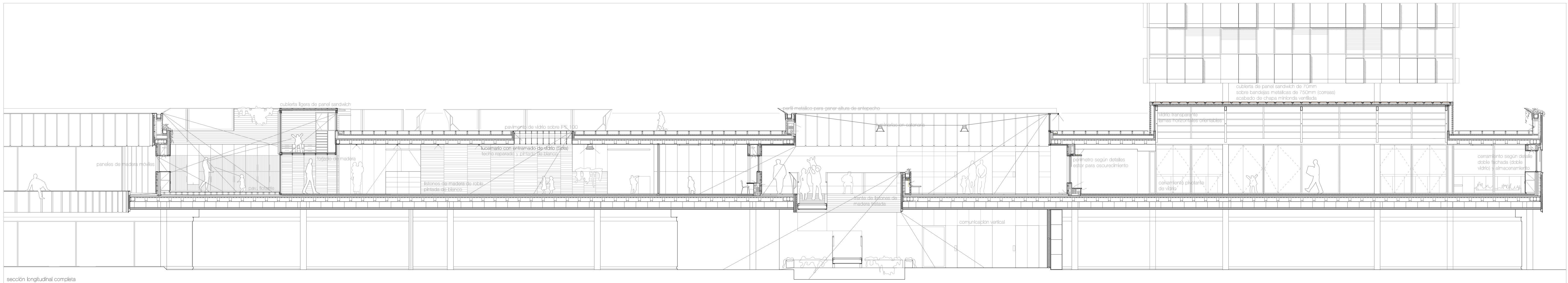
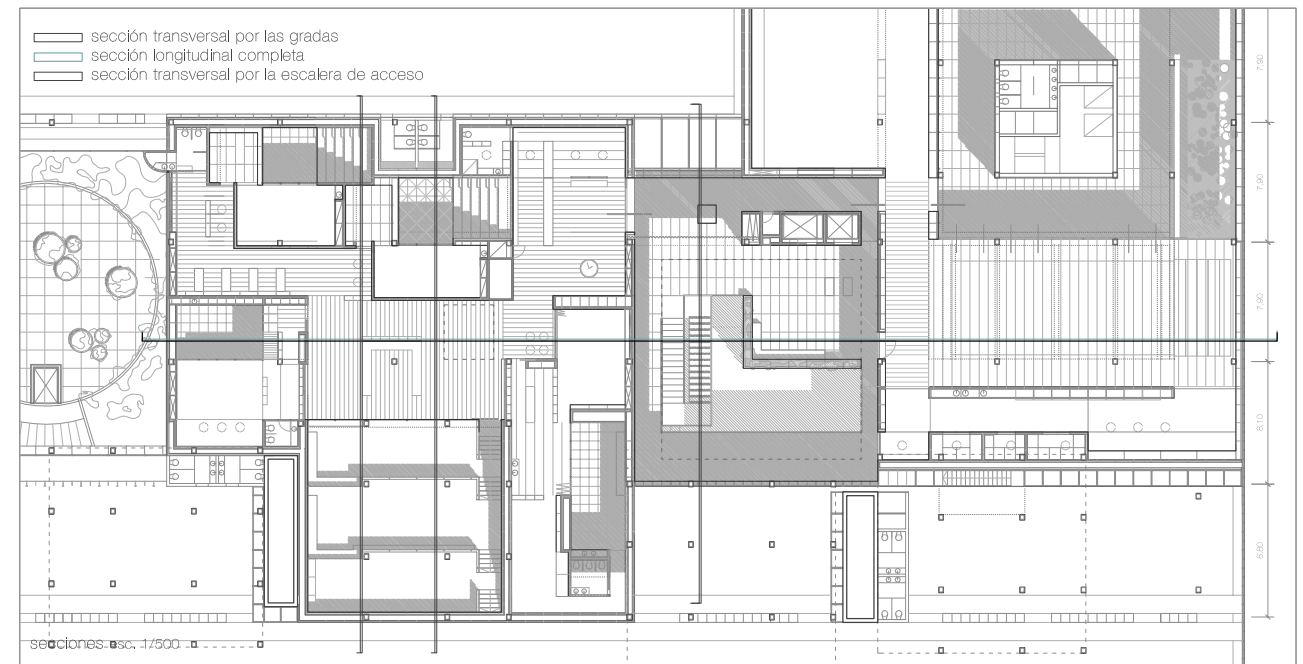
detalle longitudinal cubierta esc. 1/50



detalle longitudinal cubierta esc. 1/20

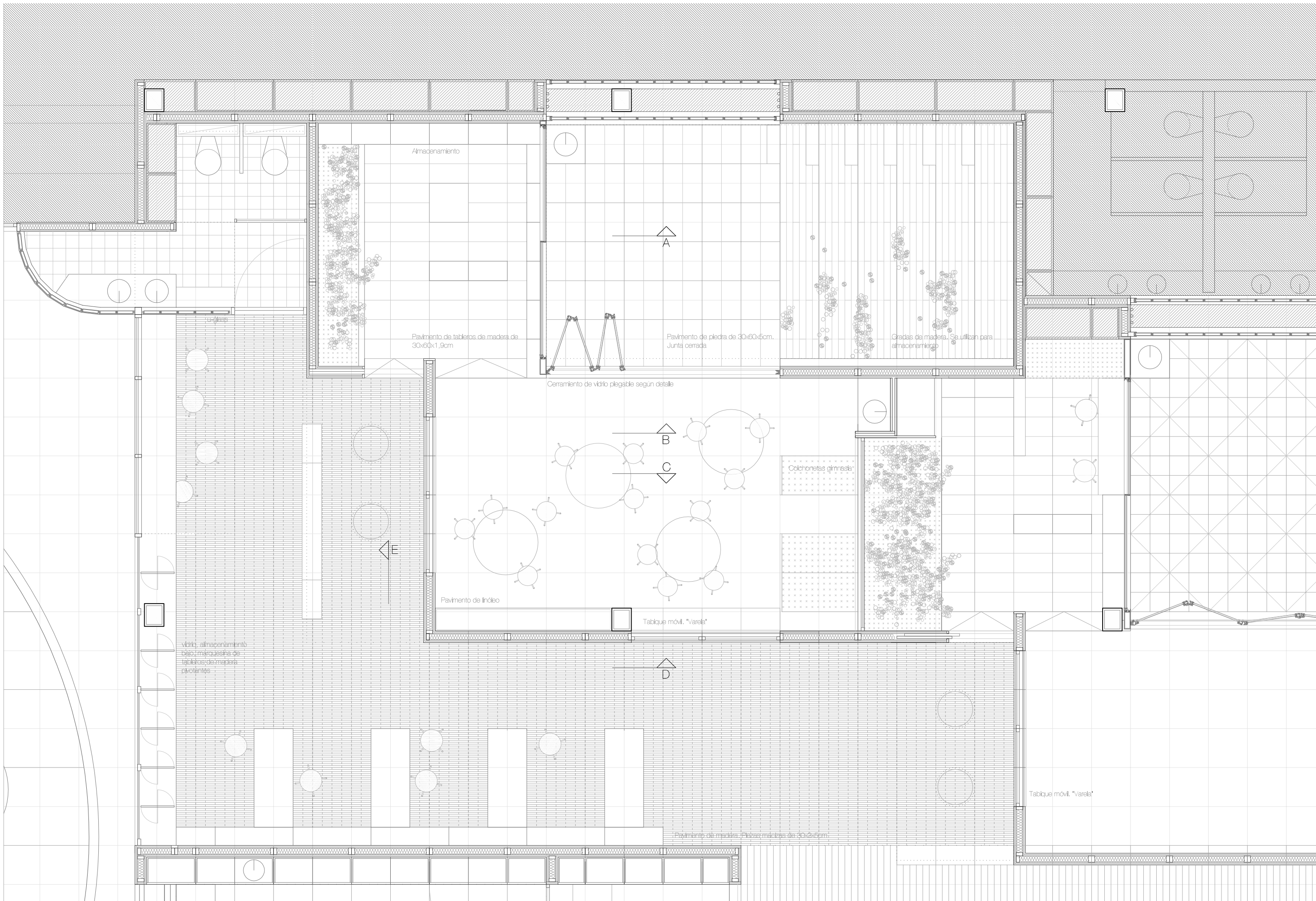


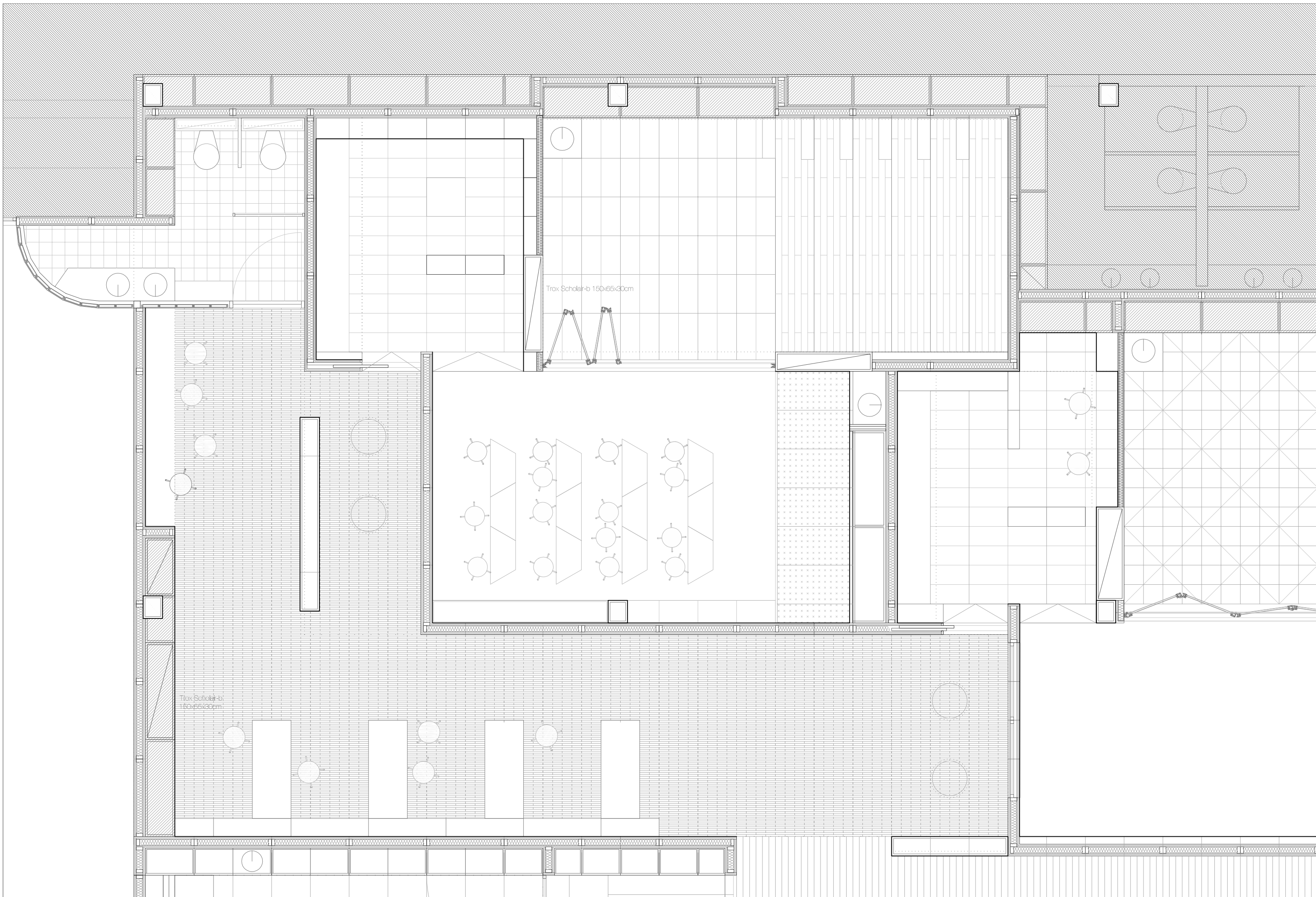
detalle cubierta esc. 1/50



sección longitudinal completa

zonas de uso común: sección longitudinal

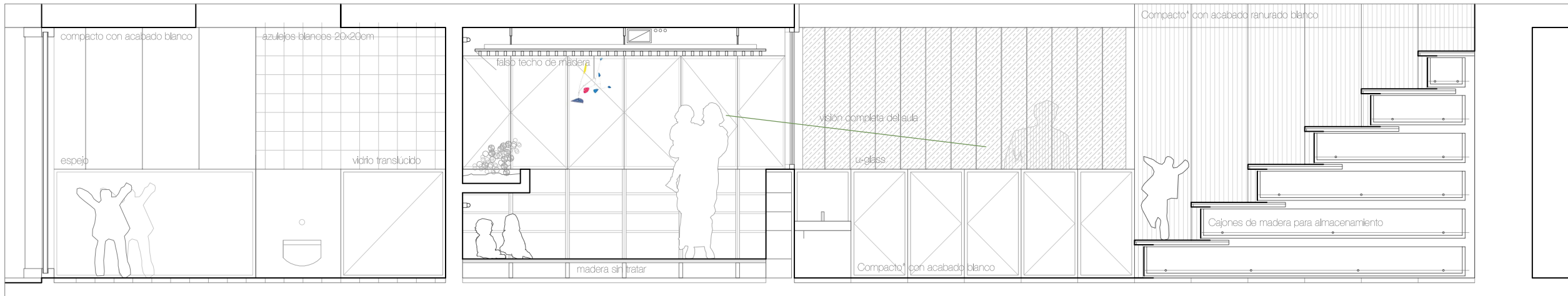
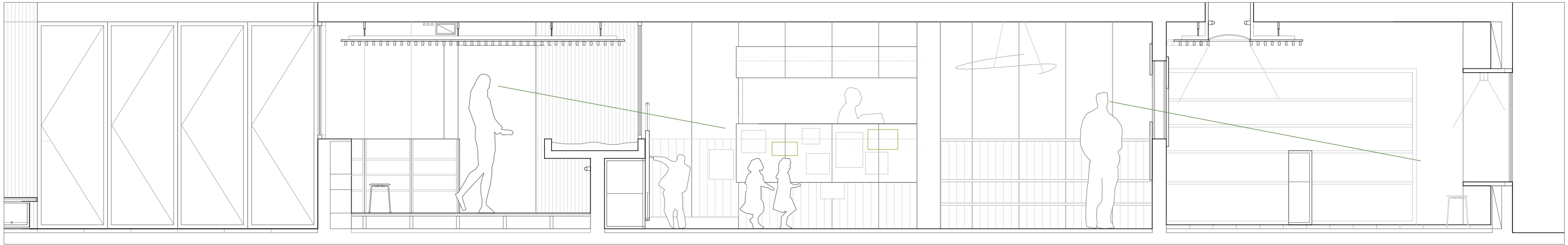




Trox Schlar-b 150x65x30cm

Trox Schlar-b  
150x65x30cm

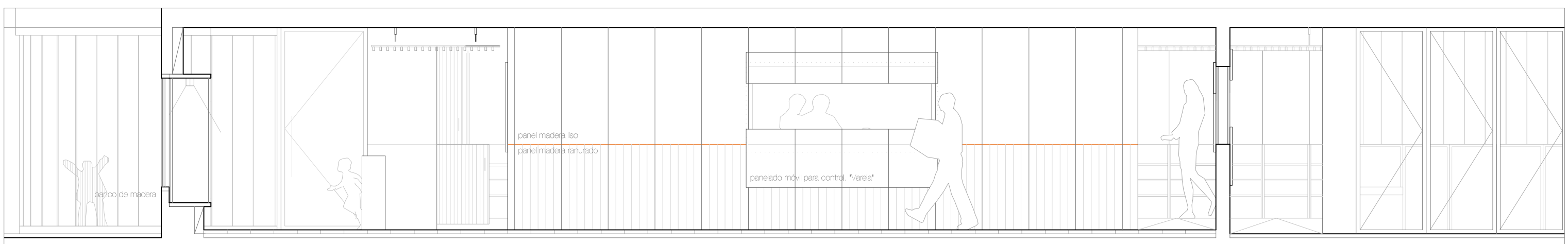
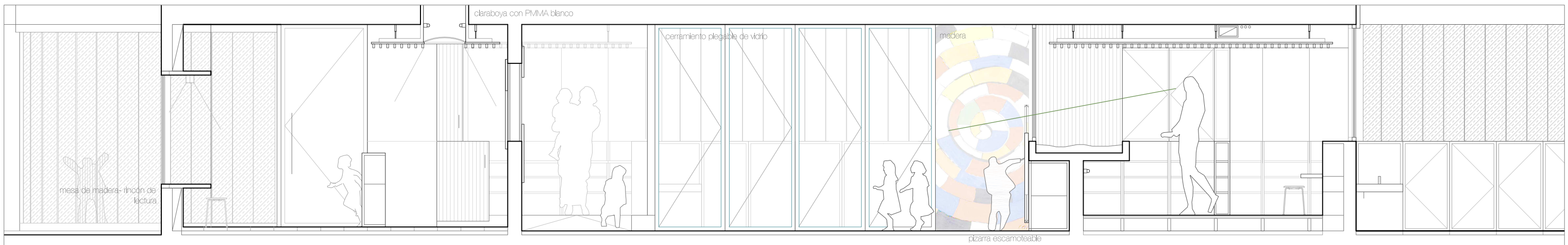


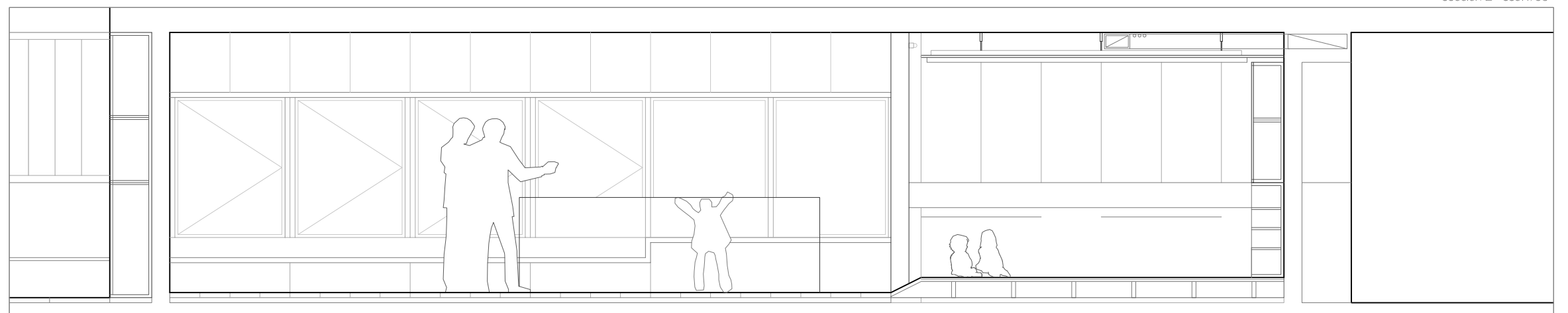
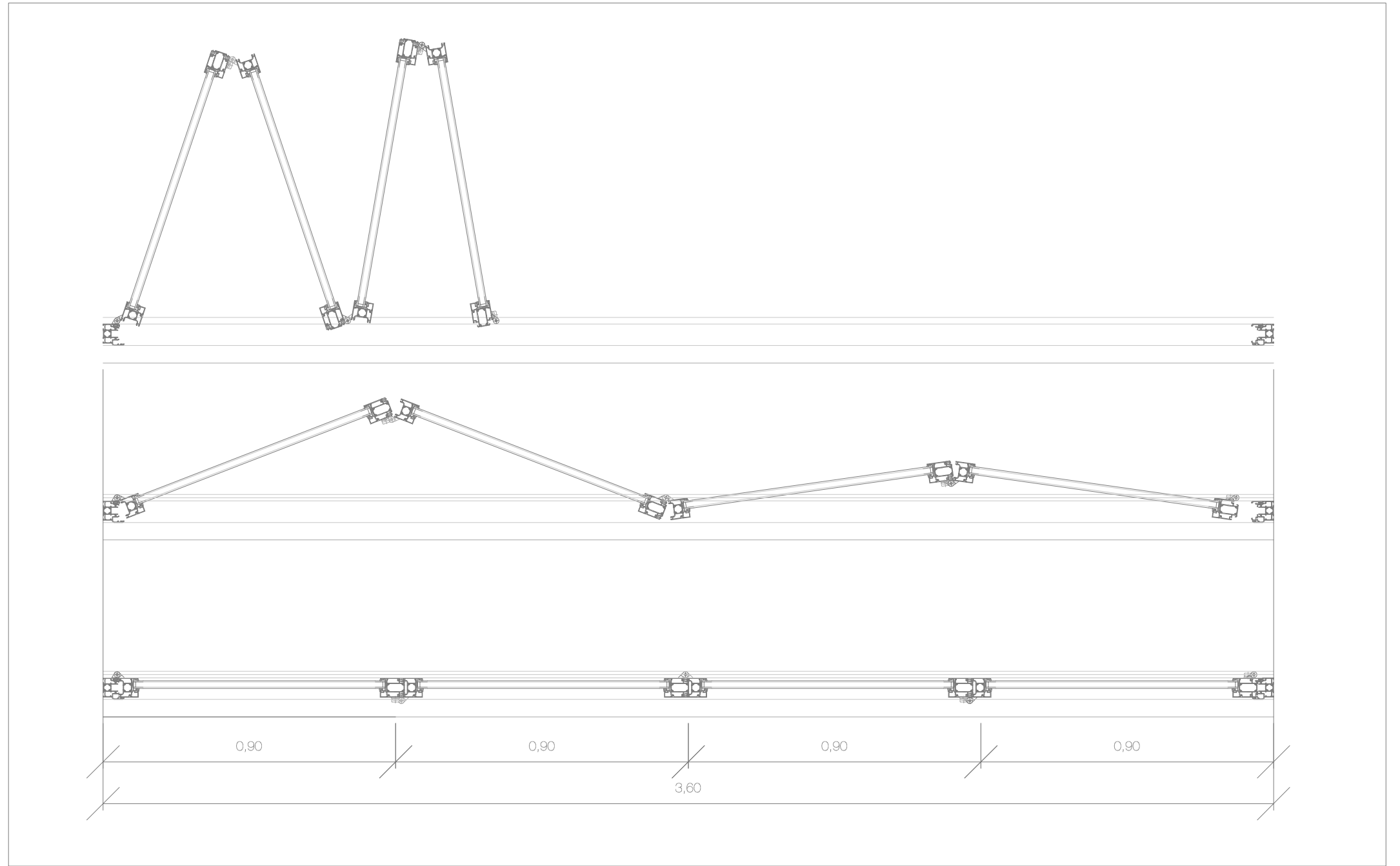


### Sillas que se mueven solas

Debería ser evidente la existencia de dos escalas. Muy distintas. Dos maneras de mirar y experimentar el edificio. Esa es la razón de que aparezca una banda inferior de 1.15 metros de altura, que impide la visión del niño, pero facilita su aprendizaje, transformándose en almacenamiento abierto a su disposición, mesa o espejo. Desde ahí, hacia arriba, se coloca todo eso que forma parte del aprendizaje del niño, pero que nunca ve. Como cuando las sillas se mueven solas, porque la mano que las está empujando queda muy por encima de nuestros ojos, nuestros juguetes, y nuestro suelo.

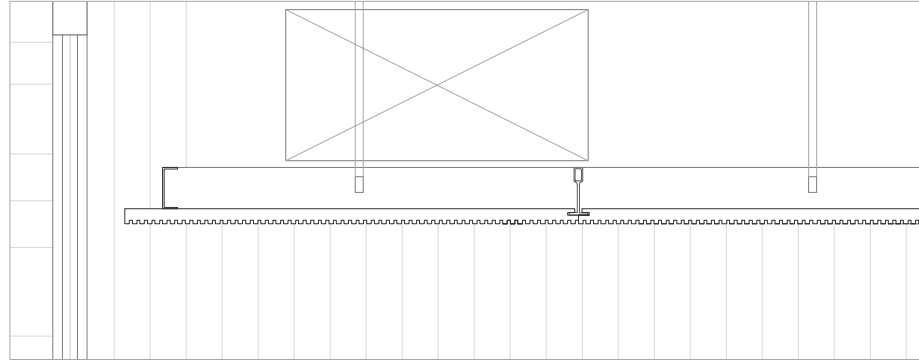
Compacto\*: tablero compacto de resinas termoendurecidas. Impermeable







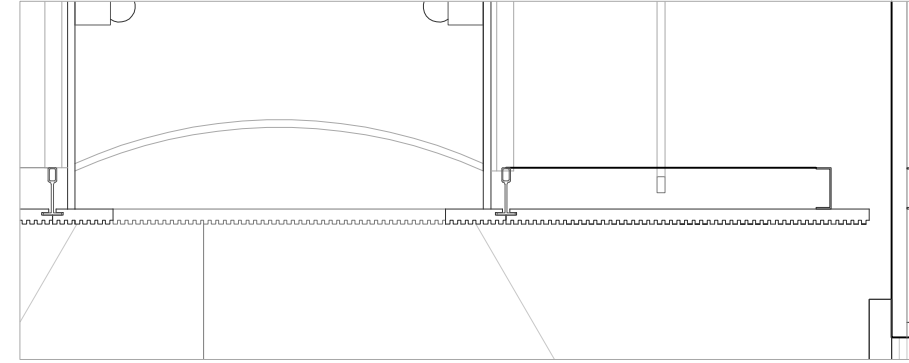
El falso techo de madera cubre las zonas de acceso a las aulas, así como una zona concreta de la zona de acceso. Está compuesto por paneles de madera de roble de dimensiones aproximadas de 60x80. El acabado de estos paneles tiene unas ranuras de 2cm, marcando un ritmo en la superficie. Estos paneles apoyan sobre una subestructura metálica que cuelga del forjado. La subestructura forma un entramado de perfiles. La junta entre paneles es prácticamente inapreciable ya que las piezas están machihembradas. La madera como material orgánico, y por tanto poroso, es buen aislante acústico y controla la posible reverberación de la zona.



Detalle falso techo de placas madera de roble en las zonas de acceso a las aulas.

El falso techo aparece como un plano de madera suspendido del techo, perforado en ocasiones por lucernarios, pero sin tocar nunca los paramentos verticales. Es un plano que avanza desde el aula hacia el espacio común, marcando los accesos.

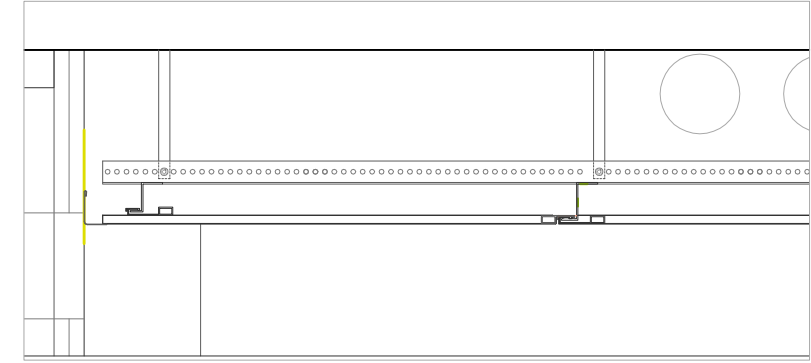
En las zonas húmedas: cuartos de baños y cuartos de limpieza se colocará yeso laminado como acabado de techo, permitiendo el registro de las instalaciones.



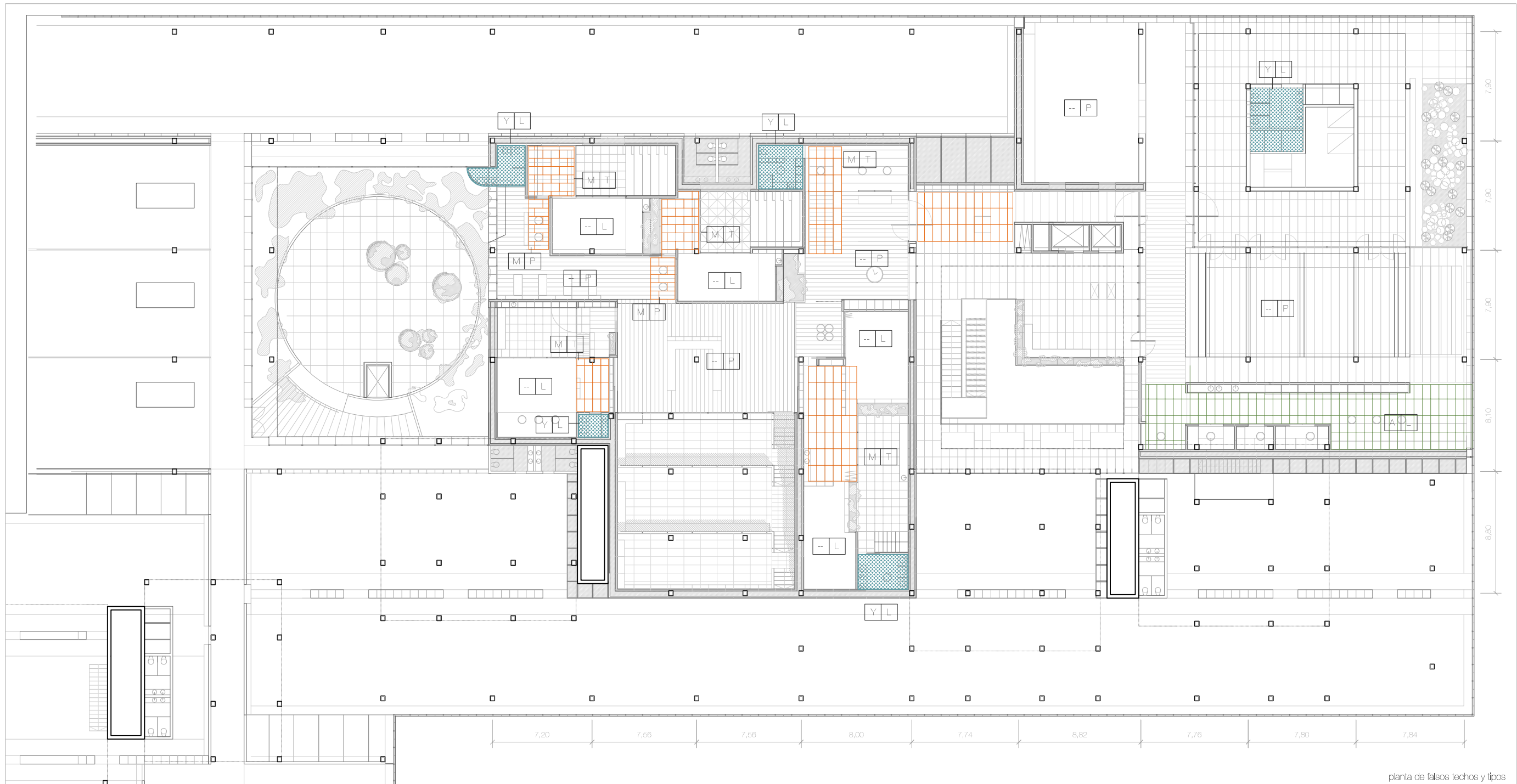
Detalle por el lucernario del falso techo de placas madera de roble.

El falso techo colocado en la zona húmeda del comedor está formado por paneles de aluminio prelacado. Los paneles presentan una junta prácticamente a tope de 3mm. En cabeza y final se mantiene esta misma junta de 3mm mediante la incorporación de una tira espaciadora. Está toda la zona de la cocina dividida en paneles de 1,20 x 0,60m, siguiendo el módulo del resto del proyecto.

Es un techo muy fácil de limpiar, y con un acabado muy adecuado al lugar en el que se coloca.



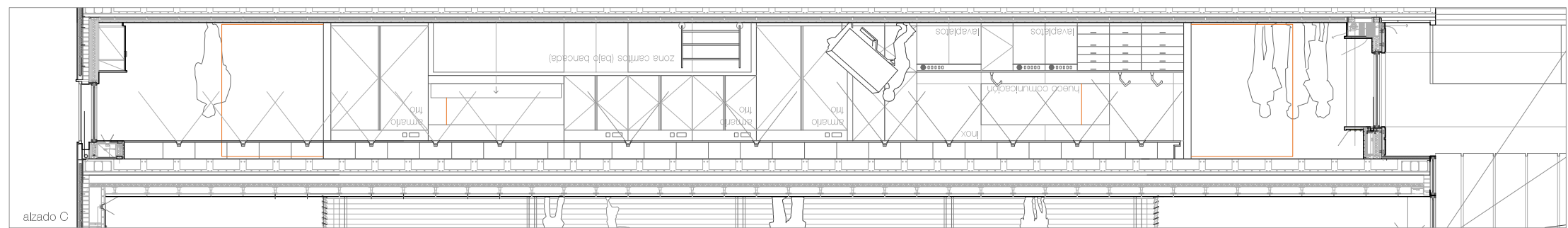
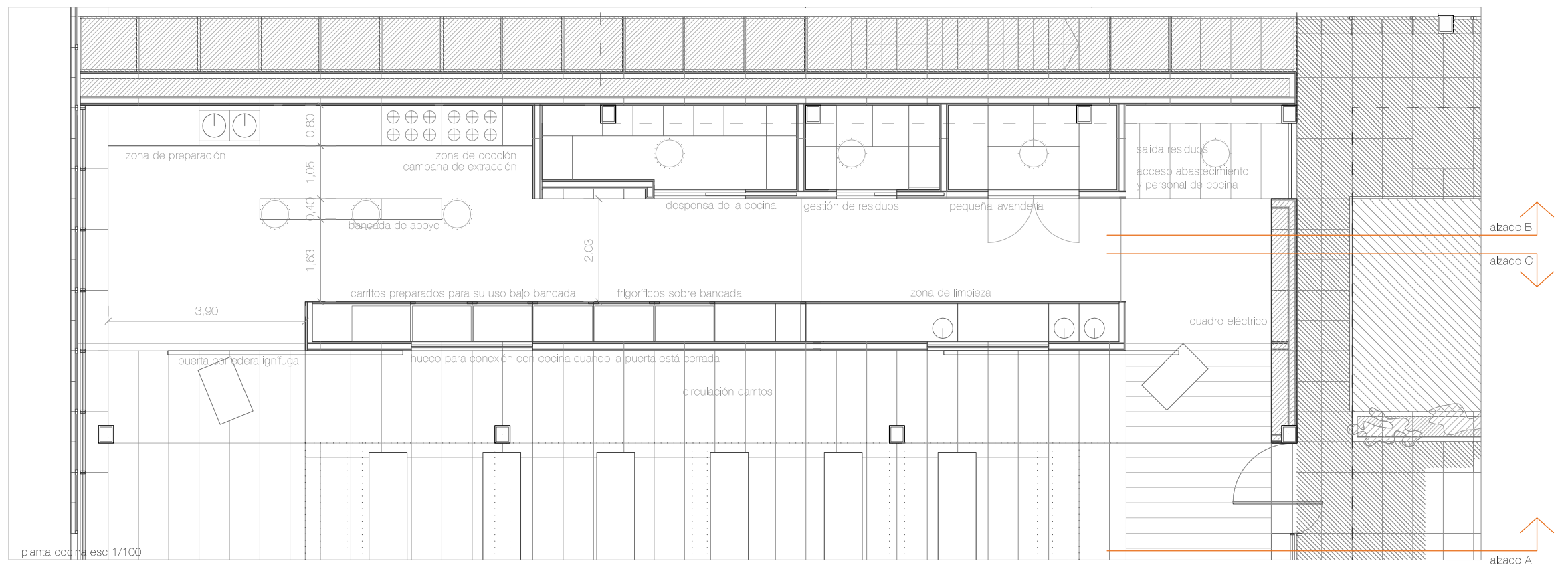
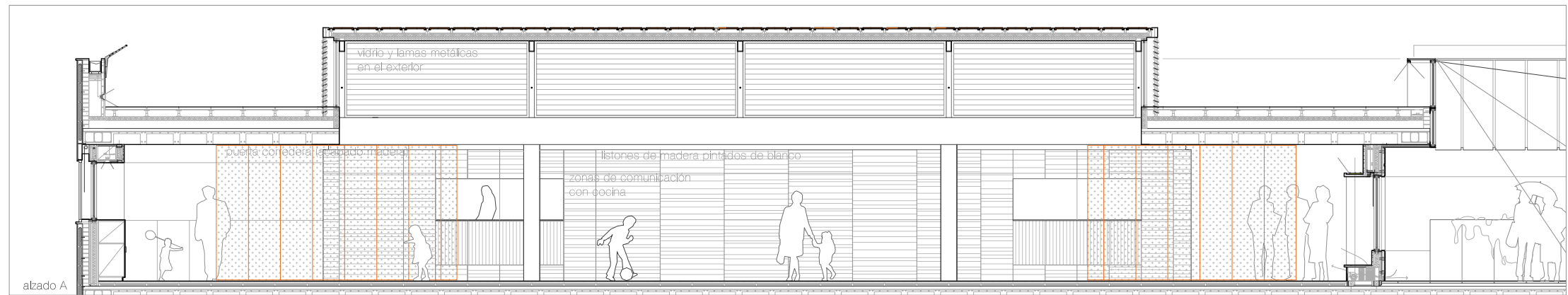
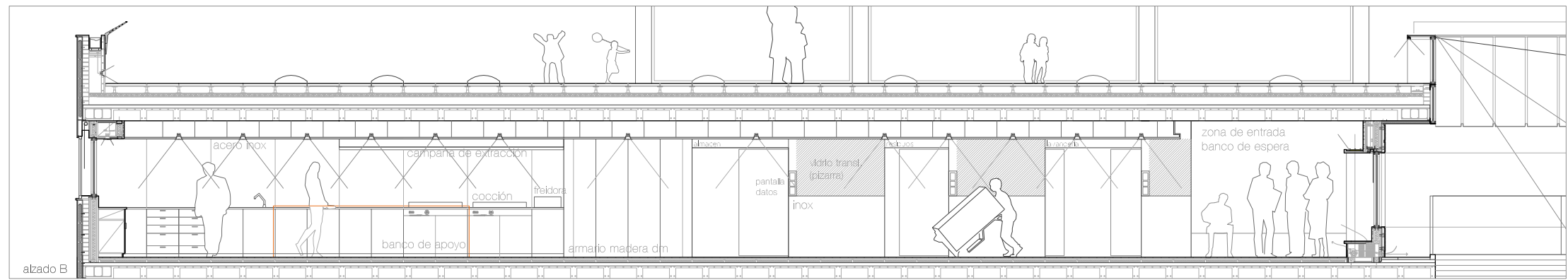
Detalle falso techo de placas de aluminio prelacado en zona húmeda del comedor



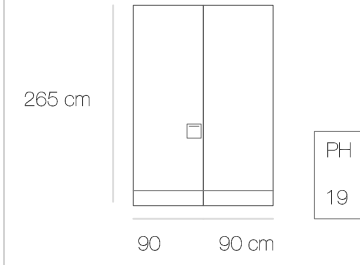
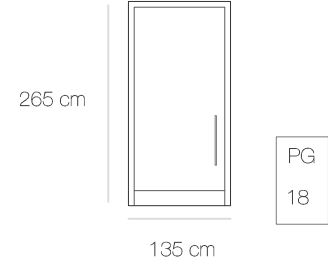
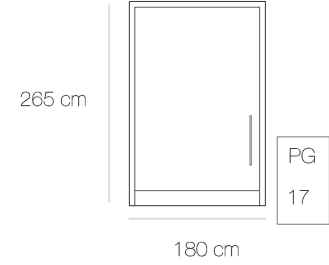
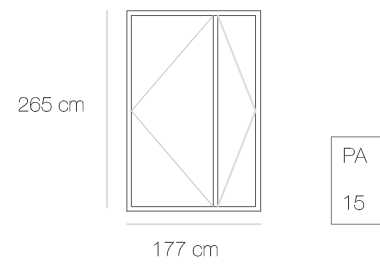
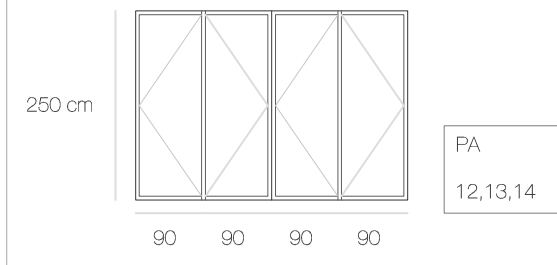
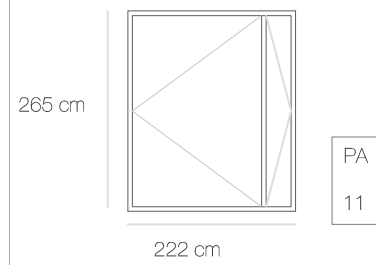
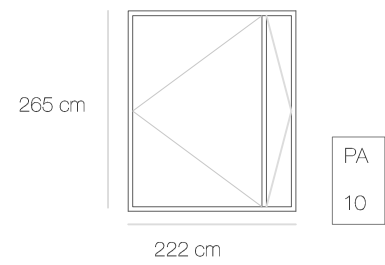
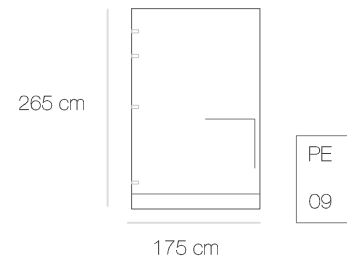
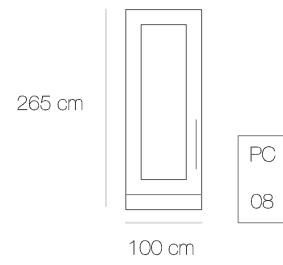
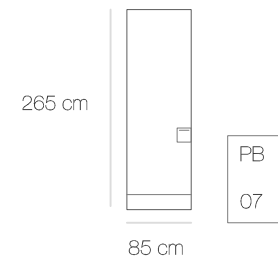
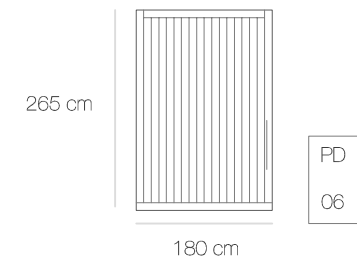
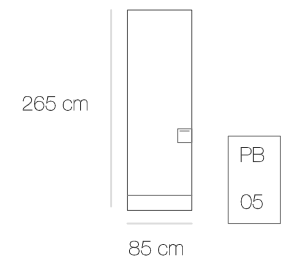
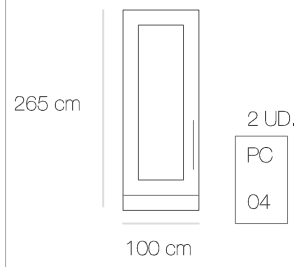
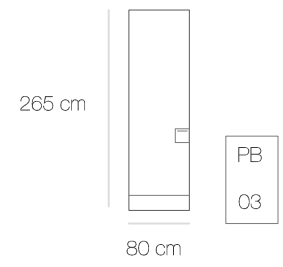
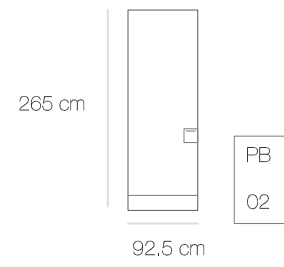
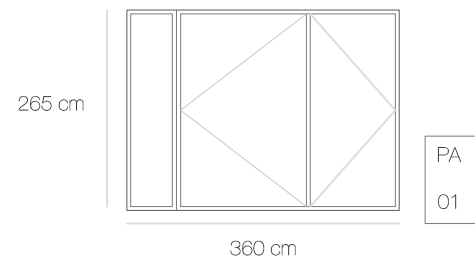
1 2

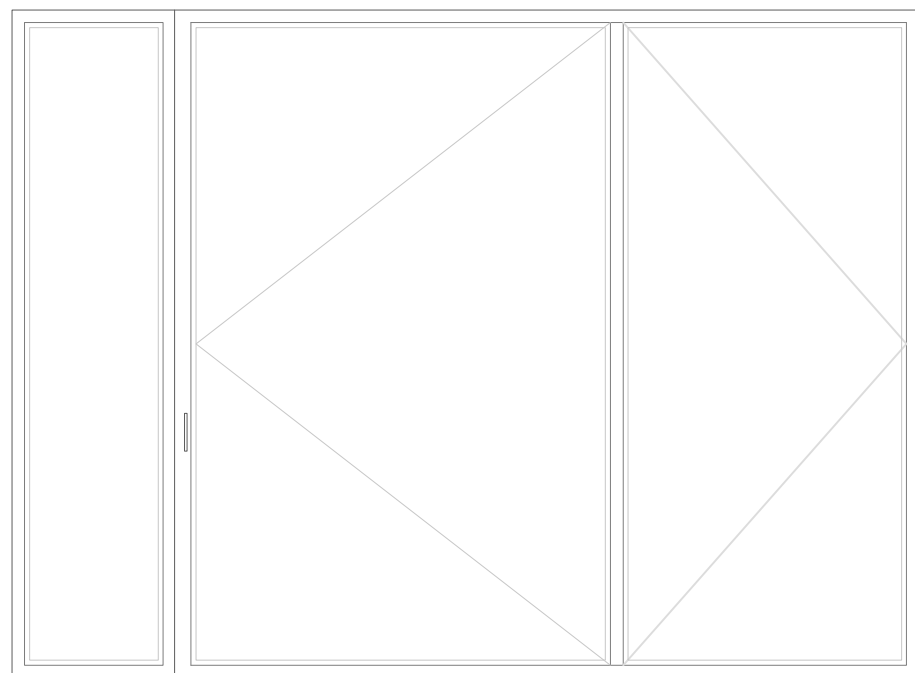
1. TECHOS  
M. Madera de roble  
A. Aluminio prelacado  
Y. Yeso laminado

2. PAVIMENTOS  
T. Tarima de madera  
P. Parquet  
L. Linóleo "golden yellow"



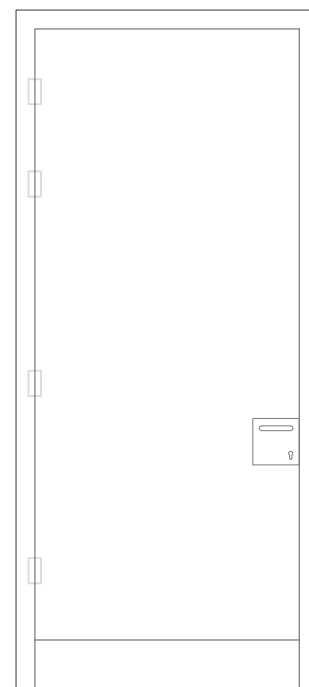
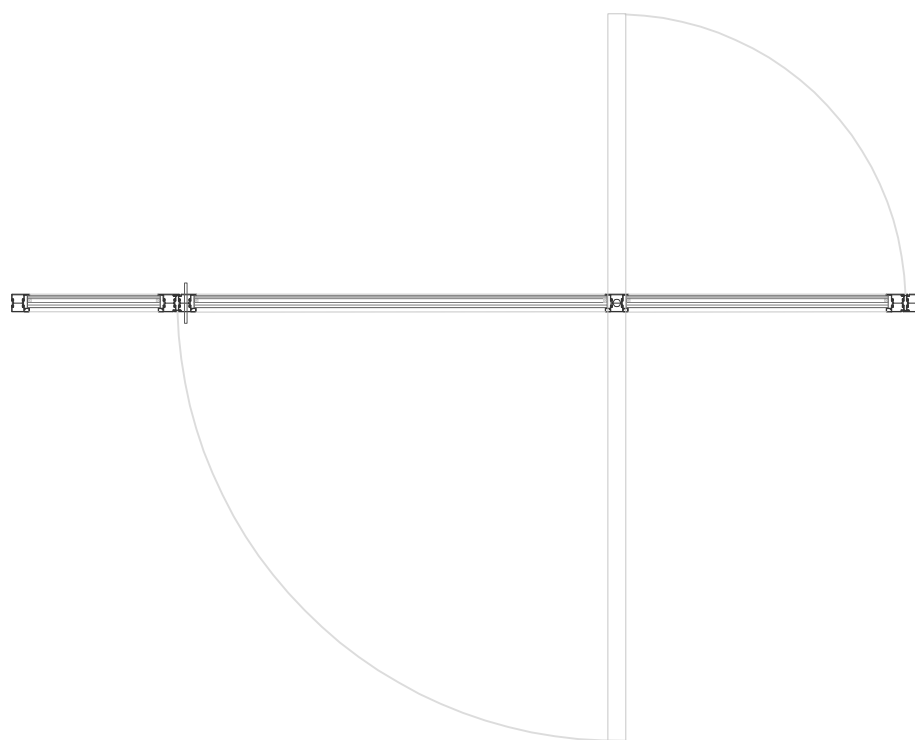
zona de la cocina





PA

FUERTA PIVOTANTE CON CARPINTERÍAS DE ACERO INOXIDABLE.  
DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.  
VIDRIO STADIP 6+6mm/ 10+10mm CON CÁMARA DE 15mm.



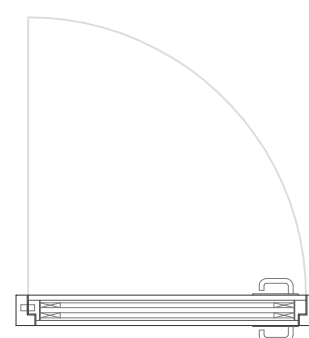
PB-RF (E1-60)

PUERTA MADERA RF-60

FUERTA RF-60 HOMOLOGADA. BASTIDOR DE MADERA DE PINO CON PLACA DE PROMATECH INCOMBUSTIBLE 20MM EN EL INTERIOR. A AMBOS LADOS TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULAS IGNÍFUGO 15MM Y PANEL DE FIBRA MDF 10MM. ACABADO DE CONTRACHAPADO MARINO M1 CHAPADO CON MADERA DE ROBLE LACADO, 5 MANOS, ACABADO USO. CANTOS DE MADERA DE ROBLE M1 CON LÁMINA INTUMESCENTE PERIMETRAL DE PALLUSOL DE 2MM. ESPESOR DE PUERTA 12 CM. HERRAJES DE ACERO INOXIDABLE OCULTOS. TIRADOR DE ACERO INOXIDABLE D-LINE (A145.09) CON BOCALLAVES INCLUIDO EN PLACA DE FIJACIÓN. ZÓCALO DE ACERO INOXIDABLE DE 20 CM DE ALTURA. DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.



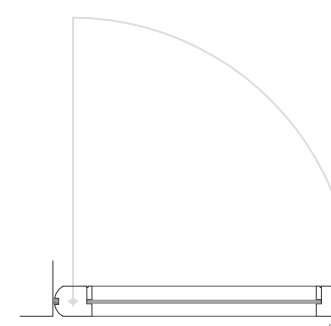
DETALLE PUERTAS RF-60 ESCALA 1:10

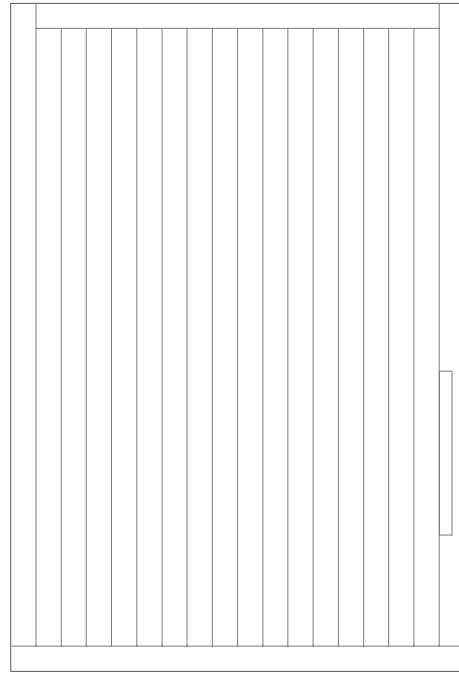


PC

PUERTA VIDRIO INTERIOR

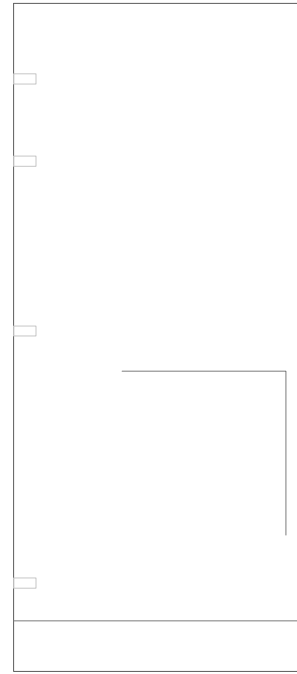
FUERTA DE MADERA DE ROBLE MACIZO M1 LACADO, 5 MANOS, ACABADO USO. VIDRIO STADIP 6+6 Y JUNQUILLO DE MADERA DE ROBLE. ESPESOR DE PUERTA 12 CM. PUERTA DE VAMEN CON CEFILLO CORTAVIENTO. HERRAJES PIVOTANTES DE ACERO INOXIDABLE. TIRADORES DE ACERO INOXIDABLE D-LINE (B109.0). ZÓCALO DE ACERO INOXIDABLE DE 20 CM DE ALTURA. DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.





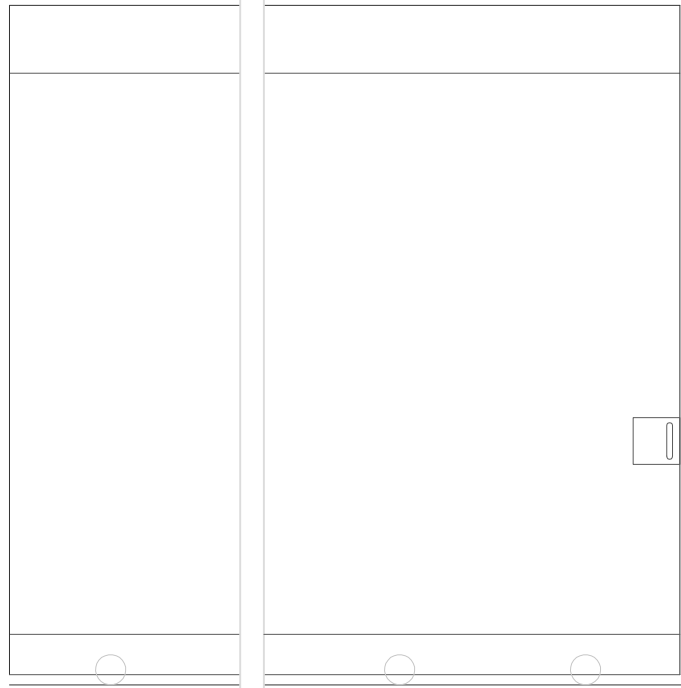
**PD**  
 PUERTA CORREDERA DE  
 MADERA RF-60

PUERTA CORREDERA RF-60 HOMOLOGADA, BASTIDOR DE MADERA DE PINO CON PLACA DE PROMATEC-H INCOMBUSTIBLE 20MM EN EL INTERIOR, A AMBOS LADOS TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULAS IGNÍFUGO 18MM Y PANEL DE FIBRA MDF 10MM, ACABADO DE CONTRACHAPADO MARINO M1 CHAPADO CON MADERA DE ROBLE LACADO, 5 MANOS, ACABADO LISO, CANTOS DE MADERA DE ROBLE M1 CON LÁMINA INTUMESCENTE PERIMETRAL DE PALLUSOL DE 2MM, ESPESOR DE PUERTA 12 CM, HERRAJES DE ACERO INOXIDABLE OCULTOS, TIRADOR DE ACERO INOXIDABLE D-LINE (A145.09) CON BOCALLAVES INCLUIDO EN PLACA DE FIJACIÓN, ZÓCALO DE ACERO INOXIDABLE DE 20 CM DE ALTURA, DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.



**PE**  
 PUERTA CORREDERA DE VIDRIO

PUERTA DE LUNA SECURIT DE 6+6 MM DE ESPESOR, FIJACIÓN CON TUBO DE ACERO 40 x 20 x 2 MM ENRASADO CON PARAMENTO, MARCO DE PLETINA CALBRADA DE ACERO INOXIDABLE MATE DE 80 x 6 MM, TIRADOR DE ACERO INOXIDABLE D-LINE (B104.0), HERRAJES PARA VIDRIO DE ACERO INOXIDABLE, ZÓCALO DE ACERO INOXIDABLE DE 40 CM DE ALTURA, DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.

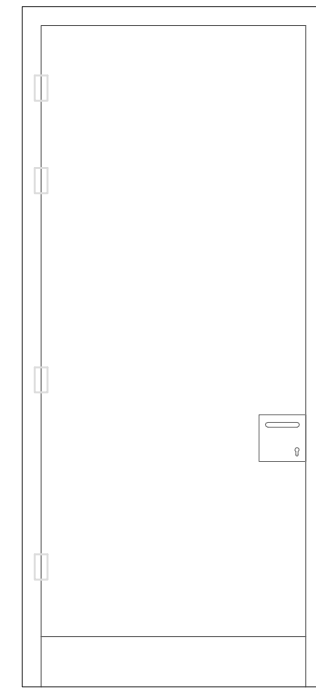


**PF**  
 PUERTA CORREDERA MADERA 2X E12 30-C5

PUERTA RF-60 HOMOLOGADA, BASTIDOR Y DIAGONALES DE PERFILES UPN-80, RELLENO AL INTERIOR CON PLACA DE PROMATEC-H INCOMBUSTIBLE 20MM Y A AMBOS LADOS TABLERO AGLOMERADO DE PARTÍCULAS IGNÍFUGO 18MM Y PANEL DE FIBRA MDF 10MM, ACABADO DE CONTRACHAPADO MARINO M1 CHAPADO CON MADERA DE ROBLE LACADO, 5 MANOS, ACABADO LISO, CANTOS DE PLETINA DE ACERO 18MM, ESPESOR DE PUERTA 12 CM, CARRIL KLEIN PARA ALTAS CARGAS OCULTO EN CAJA DE PLETINAS DE ACERO INOXIDABLE CON LABERINTO CORTAFUEGOS, RUEDAS PARA ALTAS CARGAS OCULTAS POR PALASTRO DE ACERO INOXIDABLE 10 MM SOBRE RAIL DE PERFIL DE ACERO GALVANIZADO L 80, LÁMINA INTUMESCENTE PERIMETRAL DE PALLUSOL EN CARRIL Y GUIA, TIRADOR DE ACERO INOXIDABLE D-LINE (B118.0), DIMENSIONES EN CUADRO DE PUERTAS.

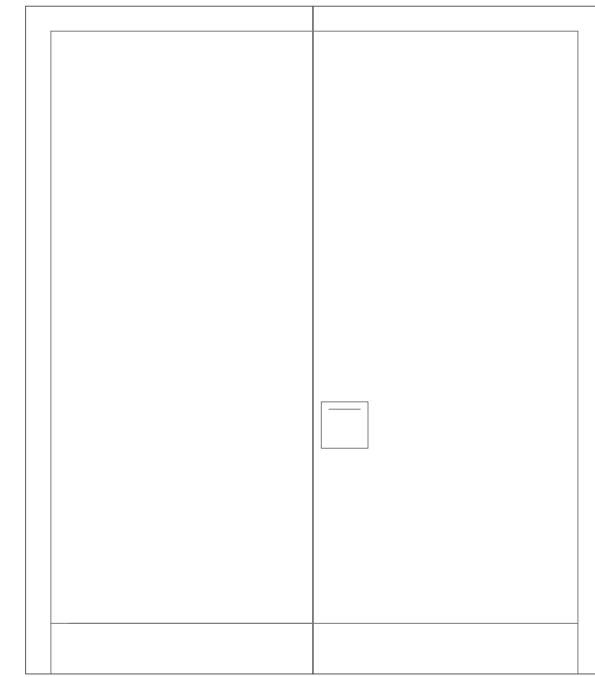
**PG2**  
 PUERTA CORREDERA METÁLICA RF-60

IDEM DESCRIPCIÓN PG CON ACABADO DE CHAPA DE ACERO LACADO DE 3 MM DE ESPESOR SOBRE TABLERO DE CONTRACHAPADO MARINO M1.



**PG-RF (E1-60)**  
 PUERTA METÁLICA RF-60

IDEM DESCRIPCIÓN PG-RF CON ACABADO DE CHAPA DE ACERO LACADO DE 3 MM DE ESPESOR SOBRE TABLERO DE CONTRACHAPADO MARINO M1, CANTOS DE CHAPA DE ACERO LACADO 3 MM DE ESPESOR.

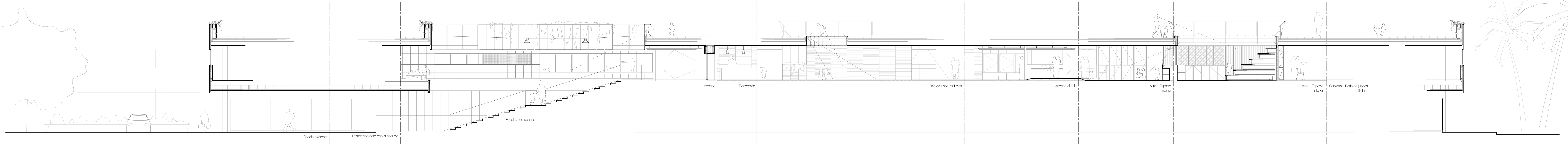
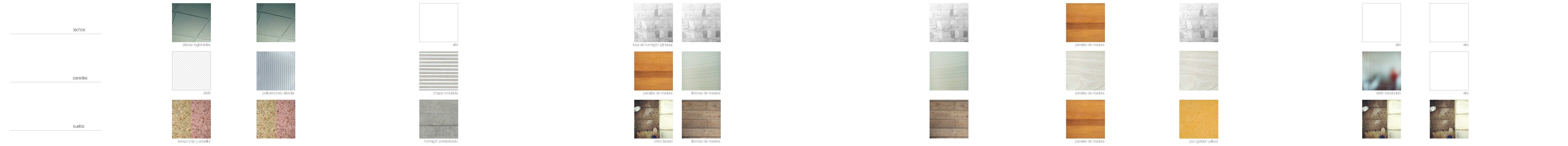


**PH-RF (E1-60)**  
 PUERTA METÁLICA RF-60

IDEM DESCRIPCIÓN PG-RF CON ACABADO DE CHAPA DE ACERO LACADO DE 3 MM DE ESPESOR SOBRE TABLERO DE CONTRACHAPADO MARINO M1, CANTOS DE CHAPA DE ACERO LACADO 3 MM DE ESPESOR.







Concatenación de espacios desde la calle esc. 1/100

exteriores de piedra, chapa, y vidrio

interiores de madera

exteriores de piedra, vidrio y cielo



## *una estructura calculada*

Una losa aligerada de hormigón armado, de 28cm de canto, que se perfora. Unas solicitaciones que se modifican, unas cargas que se distribuyen de otra manera distinta a la original. Un armado existente que tendrá que ser suficiente para los nuevos esfuerzos, o se tendrá que reforzar. Y unos pilares que se dejan vistos.



## 0. INTRODUCCIÓN

Este análisis se realiza sobre un edificio existente y constituye por tanto un proyecto de reforma en el que las actuaciones que se realizan sobre la estructura existente se centran en el forjado de cubierta de la entreplanta. Se realizan una serie de huecos en el forjado de dimensiones considerables, y habrá que comprobar que no afectan de manera importante a la distribución de esfuerzos, invalidando el armado existente en la losa. Si así fuera, sería necesario colocar refuerzos, o bien replantear la posición de esos huecos.

Por tratarse de una memoria estructural poco convencional, se explican muy brevemente los pasos que se han seguido a la hora de abordar el análisis, siempre según lo establecido en el CTE y sus distintos DB. Al mismo tiempo, se ha intentado realizar un análisis desde un razonamiento analítico y lógico, y no simplemente mediante el cumplimiento de una normativa.

### 1. Estudio de la estructura existente:

si esta fuera la memoria de un proyecto real, este primer punto se abordaría mediante la extracción de probetas y la realización de catas, para averiguar la resistencia del hormigón y la cantidad de armado dispuesto. Dado que se trata de un proyecto académico, se ha optado por un enfoque más teórico que permite además el trabajo con las distintas normativas que se han utilizado a lo largo de los años. Se supondrá una resistencia del hormigón, que se modificará mediante coeficientes de seguridad como si se tratara de un proyecto de nueva planta, y se supondrá el armado existente en la losa calculándolo como hicieron en el momento de construcción del edificio (años 60-70). Para ello se utilizará la **NTE-EHR**, de 1973, que regulaba la construcción de forjados reticulares, y la **MV-1962** para las acciones.

### 2. Estudio del armado teórico necesario tras la modificación:

posteriormente se abordará el estudio de la losa una vez realizados los huecos planeados por medio de programas informáticos y a través del método de los *elementos finitos* (MEF a partir de ahora). Este método consiste, básicamente, en modelizar la losa como una serie de elementos de pequeña dimensión (en este caso triangulares) que se consideran enlazados con sus contiguos, y de esta forma estudiar la losa continua como una unión de miles de elementos que reciben carga y se desplazan "moviendo" a sus vecinos. A partir de este modelo y su cálculo con *Architrave*, se obtendrán unas solicitaciones para las que se estudiará el armado necesario según la normativa actual (**EHE-08** y **DB SE-AE**), con distintas combinaciones de acciones, y exigencias de servicio.

### 3. Comprobación del armado:

por último se comprobará si el armado supuestamente colocado en la losa según NTE-EHR es suficiente para soportar las nuevas solicitaciones según el estudio de la losa por el MEF.

### 4. Colocación de refuerzos:

en las zonas en las que fuera necesario, se propondrá la construcción de refuerzos de una manera muy poco superficial, por tratarse de un proyecto académico en el que se trabaja con hipótesis que pueden ser acertadas o no.

Me refería antes a un razonamiento lógico porque es evidente que en algunos casos nos enfrentaremos a decisiones comprometidas. Es importante recalcar que se trata de un estudio que se complementaría con probetas en un proyecto real, y que en muchos casos trabajamos con coeficientes de incertidumbre que en la realidad no existirían.

## 1. MEMORIA CONSTRUCTIVA (estudio de la estructura existente)

Se estudiará únicamente el forjado de la cubierta, por ser el elemento que se modifica. Se describen de manera muy breve el resto de elementos que componen la estructura.

### 1.0.- Normativas utilizadas

En primer lugar, antes de abordar la descripción de la estructura existente, hay que encontrar la normativa que regulaba en ese momento tanto las "Acciones en la edificación", como la construcción y diseño de forjados reticulares. El conjunto de Edificios Luz, sobre el que estamos trabajando, se proyectó y construyó a lo largo de la década de los años 60.

Para lo primero, leemos en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación:

*1. Quedarán derogadas, a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto, las disposiciones siguientes:*

- a) Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de Edificación*
- b) Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79 "Condiciones térmicas de los edificios"*
- c) Real Decreto 1370/1988m de 11 de noviembre, de modificación parcial de la norma MV-1962 "Acciones en la Edificación" que pasa a denominarse NBE AE-88 "Acciones en la Edificación"*
- d) ...*

Debemos por tanto dirigirnos a la NBE AE-88, o mejor, directamente a la **MV-1962**, con la que se construyó y cálculo (supuestamente) el conjunto de edificios Luz. Con la **MV-1962**, aprobada en el **Decreto 195/1963, de 17 de enero**, calcularemos las acciones sobre la estructura para suponer el armado existente.

Para lo segundo, basta con dirigirse a la NTE-88, en la que encontramos la **NTE-EHR de 1973**, la primera normativa que regula el diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento de las "Estructuras de Hormigón Armado: Forjados Reticulares" y que entró en vigor el 1 de diciembre de 1973. Por medio de esta norma técnica será muy sencillo calcular el armado de la losa aligerada de cubierta, y su disposición.

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

#### 1.1.1.- Movimiento de tierras

No se aplica.

#### 1.1.2.- Cimientos

La cimentación del edificio se realizó mediante zapatas aisladas unidas con vigas riostras en aquellas zonas en las que únicamente se construye una planta (el zócalo), y losas continuas bajo las torres. (plano adjunto)

## 1.2.- Sistema estructural

### 1.2.1.- Estructura vertical

La estructura vertical es de pilares rectangulares de hormigón armado de 30x35cm orientados con su lado largo perpendicular a la longitud mayor del conjunto, por existir luces mayores (de hasta 7,90m) en esa dirección.

En algunos puntos se duplica el pilar para construir juntas de dilatación. Se supone empleado un hormigón HA-25, por ser la mínima resistencia a los 28 días admitida actualmente. Aún así, en un proyecto real habría que realizar probetas y calcular la resistencia real del hormigón utilizado.

Los núcleos de comunicación de las torres se envuelven con muros de hormigón armado de 25cm de espesor que sirven al mismo tiempo para absorber los esfuerzos verticales y horizontales, como se comentará a continuación.

El armado de los pilares y muros no lo necesitamos conocer, dado que nuestra actuación únicamente reduce las cargas aplicadas sobre los pilares, y por tanto se supondrá que el armado colocado es suficiente para transmitir al suelo los esfuerzos provocados por la modificación de la losa.

### 1.2.2.- Estructura horizontal

La estructura horizontal en el forjado de cubierta del zócalo está realizada por medio de un forjado reticular de hormigón armado y casetones cerámicos perdidos. El canto del forjado es de 30cm, correspondiendo 25 cm al canto de los casetones, y 5 cm a la capa de compresión. Los nervios son de 10 cm de anchura con un intereje de 60 cm. En las zonas de ábacos y los voladizos el forjado reticular se sustituye por una losa maciza de hormigón armado de 30cm de espesor. El hormigón utilizado, como en el caso anterior, será HA-25.

Todas estas dimensiones se toman de los criterios de diseño de la NTE-EH. La norma completa se adjunta al final de la memoria.

### 1.2.3.- Arriostramiento horizontal

El sistema de arriostramiento frente a esfuerzos horizontales consiste en unos núcleos rigidizadores formados por muros de 25cm de hormigón armado situados en los núcleos de los 5 grupos de torres. Se considerará suficiente para absorber todos los esfuerzos horizontales.

## 1.3.- Bases de cálculo (1965)

Pasamos a calcular el armado existente en la losa. Para ello, seguiremos el procedimiento propuesto propuesto la NTE-EHR 1973. Esta parte de la memoria se decide colocar dentro de la **Memoria Constructiva**, por formar parte de la descripción y estudio del elemento existente.

### 1.3.1.- Condicionantes

La carga  $Q$  estará uniformemente repartida. Las sobrecargas de uso no serán mayores que tres veces las concargas.

### 1.3.2.- Acciones

*Cargas verticales:* El valor de la carga  $Q$ , en  $kg/cm^2$ , se obtendrá sumando todas las cargas gravitatorias que actúan sobre el forjado, incluido el peso propio.

*Cargas horizontales:* Para el presente cálculo, se considera que serán absorbidas por otros elementos de rigidez como pórticos, núcleos rigidizadores y muros

*Coefficientes de seguridad:* Las tablas están calculadas incluyendo los siguientes coeficientes: Cargas = 1.6, Hormigón = 1.6, Acero = 1.15

En la tabla siguiente se recogen las acciones utilizadas, evaluadas mediante la **MV-101** como se ha comentado anteriormente. En algunos casos se interpola. Tendremos en cuenta que en el proyecto original se proponían otros usos en la cubierta como la construcción de una guardería u oficinas. Se supondrá por tanto que se proyectó para un uso docente o administrativo.

| Peso propio  | Carga permante   | Sobrecarga  | Viento                                  | Total (Q)        |
|--|--|---|---|------------------|
| Losa aligerada de hormigón con bloques cerámicos t=5<br><b>330 kg/m2</b> | Baldosa hidráulica grueso 5<br><b>80 kg/m2</b>             | Uso: Azoteas accesibles al público. Uso docente<br><b>300 kg/m2</b> | No se aplica, por ser la cubierta plana |                  |
|  | Hormigón de pendientes (celular) 10 cm<br><b>100 kg/m2</b> | Nieve: para altitud de 0 a 200 metros.<br>40 kg/m2                  |   |                  |
|  | Aislante térmico<br><b>20 kg/m2</b>                        |   |   |                  |
| Concarga   |  | Uso   |   |                  |
| <b>530 kg/m2</b>   |  | <b>340 kg/m2</b>  | -                                       | <b>870 kg/m2</b> |

Por tanto la carga  $Q$ , de dimensionado, será de 870  $kg/m^2$ .

### 1.3.3.- Materiales

*Hormigón:* Resistencia característica **175  $kg/cm^2$** . Dado que la resistencia mínima exigida en la actualidad es de 250  $kg/cm^2$ , supondremos que el hormigón que se colocó tenía esta resistencia. Aún así, habría que realizar probetas.

*Acero en redondo:* **AE-42N**. Este acero en barras corrugadas se corresponde con un acero de límite elástico 4200  $kp/cm^2$ , esto es, 420  $N/mm^2$ . La denominación actual B-400S se corresponde con un límite elástico de 400  $N/mm^2$ , por lo que podremos suponer que son barras B400S, y estaríamos del lado de la seguridad.

## 1.4.- Cálculo del forjado (1965)

Seguiremos el procedimiento propuesto propuesto la NTE-EHR 1973

### 1.4.1.- Elección del tipo

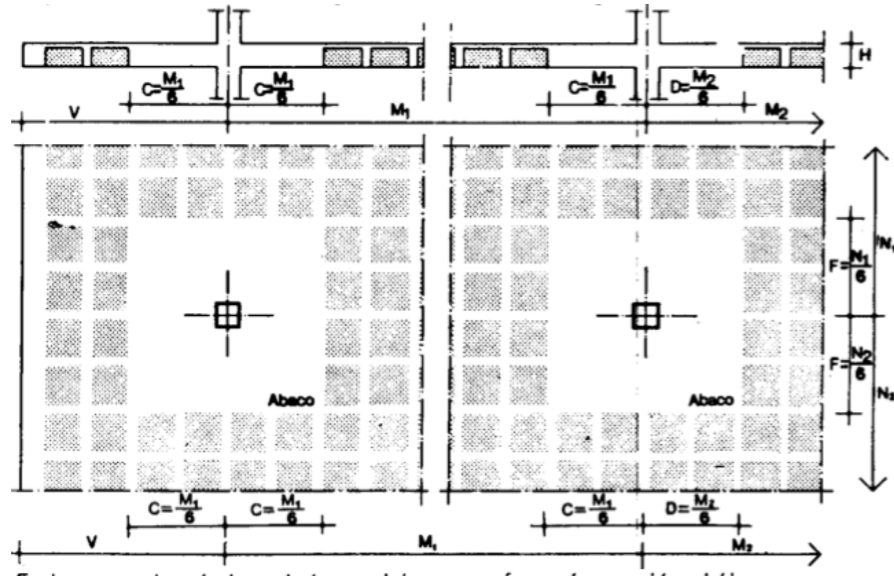
No se aplica. El forjado ya construido tiene un canto de 30 cm

### 1.4.2.- Dimensionamiento de los ábacos

Alrededor de cada soporte, el forjado irá macizado de hormigón en todo su espesor, formando un ábaco de dirección mínima en cada dirección, medida desde el eje del soporte al borde del ábaco, igual a  $1/6$  de la luz contigua correspondiente.

Los ábacos exteriores de recuadros de borde o de esquina con voladizo, tendrán en la dirección del vuelo una dimensión mínima medida desde el eje del soporte al borde del ábaco, igual a  $1/6$  de la luz contigua en la misma dirección.

En los planos de armado adjuntos se puede observar la construcción de estos ábacos, siempre con los mínimos indicados.

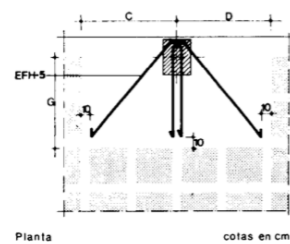


### 1.4.3.- Refuerzo del soporte de hormigón en los ábacos

En los soportes de hormigón o mixtos, se reforzará su unión a ábaco con una armadura suplementaria formada por reondos de diámetro 16 mm, colocada según las especificaciones EHR-2, EHR-3 y EHR-4

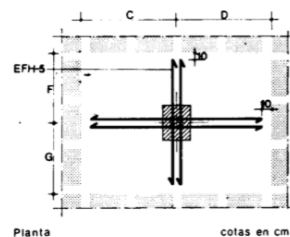
En los planos de armado no se dibuja este refuerzo, porque no intervendrá a la hora de comprobar el armado.

#### EHR-3 Anclaje del soporte de hormigón en ábaco de borde-C-D-G



EFH-5 Armadura superior de anclaje del pilar al ábaco, formada por 1  $\phi$  16 mm de acero AE-42, colocado diagonalmente según dibujo, y 1  $\phi$  16 mm de acero AE-42, colocado perpendicularmente al borde del ábaco y empotrados en el soporte de hormigón. Ambos irán en contacto con la armadura superior del forjado

#### EHR-4 Anclaje del soporte de hormigón en ábaco interior-C-D-F-G

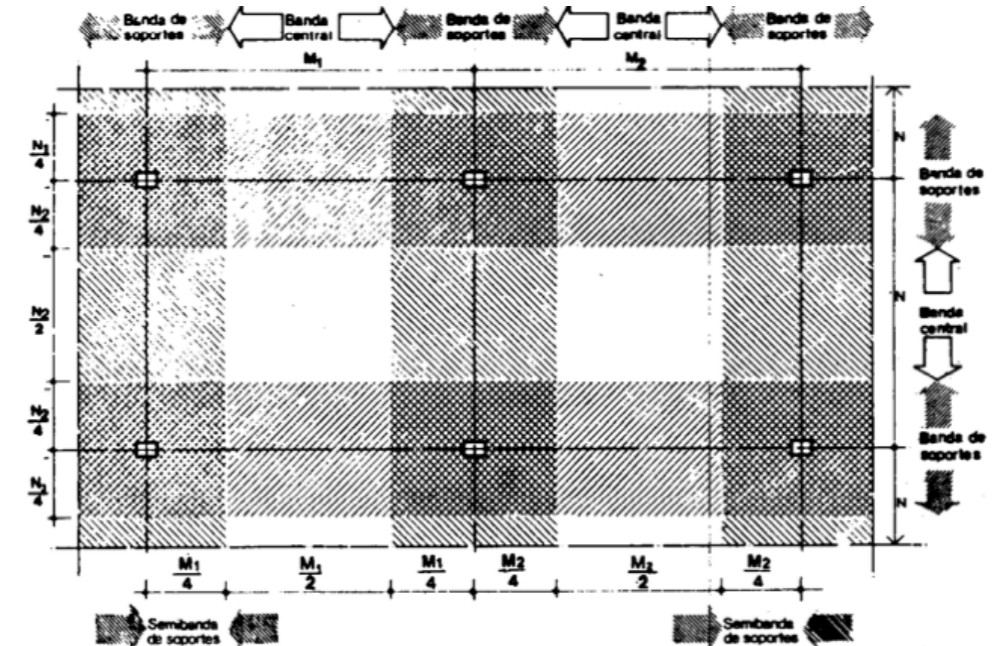


EFH-5 Armadura superior e inferior de anclaje para reforzar la unión del pilar al ábaco, formada por 4  $\phi$  16 mm, según dibujo, en contacto con la armadura superior y otros 4  $\phi$  16 mm en la misma posición y en contacto con la armadura inferior.

### 1.4.4.- Armadura de nervios

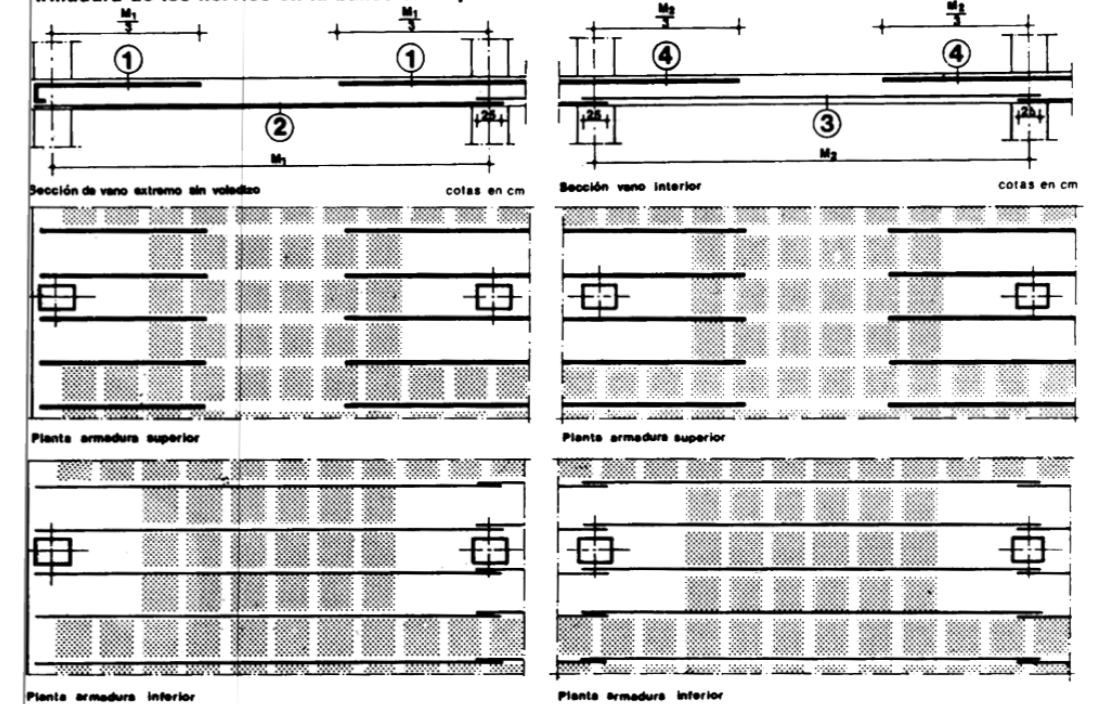
Para el cálculo de las armaduras necesarias, en cada uno de los nervios de un recuadro apoyado sobre soportes aislados, se considerará, previamente, dicho recuadro dividido en bandas paralelas a los nervios y con las siguientes dimensiones:

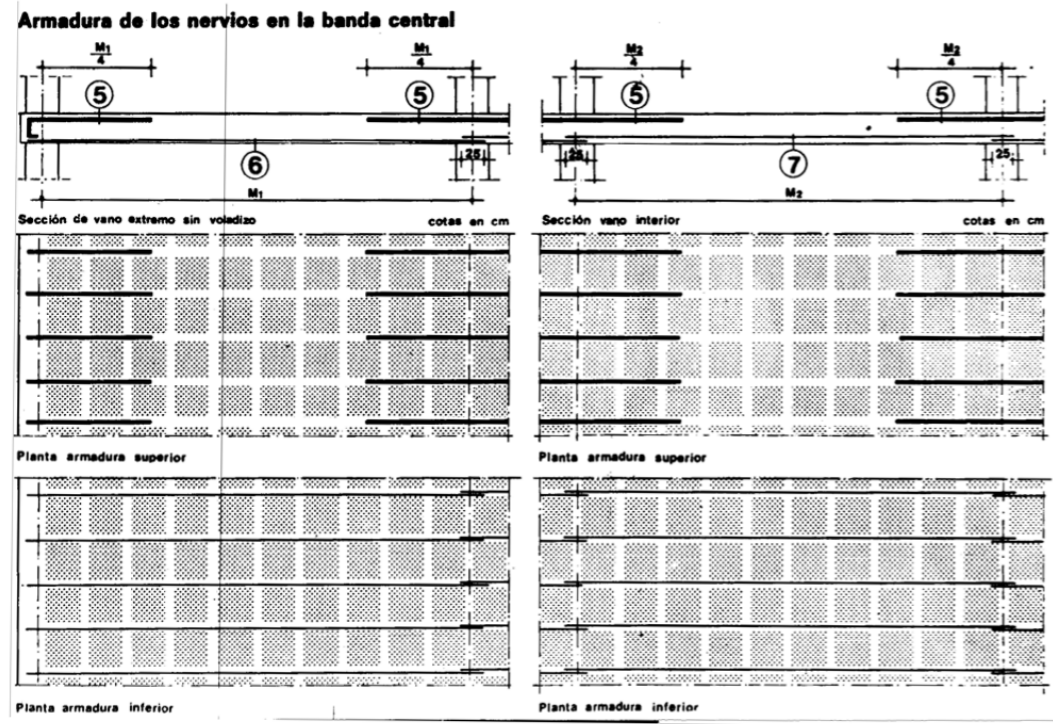
En los planos de armado adjuntos se puede observar la división en bandas acotadas en cada una de las zonas.



Cada uno de los nervios, incluso los perimetrales pertenecientes a cada una de estas bandas, llevarán la armadura cuya posición y longitud se indica en los esquemas siguientes:

#### Armadura de los nervios en la banda de soportes





#### 1.4.5.- Tablas de refuerzos

En las Tablas 1 a 14, para cada recuadro de luces  $M \cdot N$ , se obtienen los diámetros de las armaduras en cada nervio y para las posiciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 definidas en los esquemas anteriores.

En el caso de que el tipo o número de redondos en las posiciones 1, 4 o 5 sea diferente en dos vanos contiguos, se tomará la armadura de mayor sección.

Efectivamente, se ha calculado el armado en dos zonas representativas de la losa:

1. En una zona de vanos con grandes luces que aparece sin modificar en el proyecto propuesto. De esta forma, podremos comprobar si el método que estamos utilizando da unos resultados adecuados. Comprobaremos si el armado colocado es suficiente para las solicitaciones según la normativa actual.
2. En una zona que aparece "agujereada" en el proyecto propuesto. Podremos comprobar así si los huecos suponen cambios importantes en la distribución de esfuerzos de la losa, y si por tanto invalidan el armado existente, necesitando refuerzos.

Se ha afrontado pues el cálculo del armado en las posiciones indicadas, obteniéndose los resultados que se observan en los planos de armado adjuntos de ambas zonas. Cabe decir que se ha afrontado el armado de manera completamente fiel a la norma, utilizando armados muy distintos en cada una de las zonas. Seguramente, por facilidad de ejecución, se optaría por utilizar menos tipos de barras, de forma que en realidad el armado colocado sería en muchos casos superior al necesario.

En las tablas, nos situamos en el caso de intereje de 60 y canto de 30cm, y vemos que para las luces existentes no hay un armado propuesto, pues se queda en 750x750 (existiendo en nuestro caso vanos de 790x800). Lo que haremos es calcular el armado para una carga mayor que la nuestra  $Q=1000\text{kg/cm}^2$ , y para luces menores, de 750x750; esperando que así sea válida la elección. Aún así, la armadura para esas luces siempre sería mayor, por lo que no ocurriría nada si ahora dispusiéramos una armadura menor de la que hay, puesto que nos pone del lado de la seguridad.

#### 1.4.6.- Nervio perimetral. Dimensiones

Irà situado en todo el perímetro del forjado, manteniendo el canto  $H$  del mismo y con ancho  $b$  que se indica:  $H=30\text{cm}$ ,  $b=30\text{cm}$ . Se ha optado por disponer un nervio de 35cm de ancho, por coincidir con la modulación escogida.

#### 1.4.7.- Armadura del nervio perimetral

Además de la armadura que le corresponde como nervio de la banda de soportes, llevará la siguiente: Armadura 6 barras de diámetro 14. Cerco de diámetro 8 cada 15 cm. En los planos adjuntos se ha indicado la posición del nervio perimetral (zuncho), pero se ha evitado dibujar sus armaduras, para no confundirlas con las de la losa.

#### 1.4.8.- Voladizos

No se aplica, por no haber escogido zonas con vuelos.

#### 1.4.9.- Apoyo en muros perimetrales

No se aplica.

#### 1.4.10.- Refuerzo en huecos

No se aplica.

#### 1.4.11.- Refuerzo bajo cargas concentradas

No se aplica.

#### 1.4.12.- Armadura del nervio perimetral

Además de todo lo anterior, se colocará una armadura superior e inferior en los ábacos en las dos direcciones. Estará formada por 1 barra de diámetro 10 situada en cada eje del entrevigado, entre las armaduras generales del forjado y en contacto con las de dirección normal a ella. Longitud en cada dirección igual a la del ábaco menos 10cm de separación en los extremos. Se dispondrá además el anclaje al soporte previsto.

#### 1.5. Planos de armado

Por último, se adjuntan los planos del armado inferior y superior de ambas zonas escogidas de la losa, con la dimensión de las barras indicada sobre ellos.

## 2. CUMPLIMIENTO DEL CTE EN LO RELATIVO A LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Una vez descrita la estructura existente, procedemos a la justificación del cumplimiento del CTE tras la realización de los huecos en el forjado existente.

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

La estructura se ha calculado según lo establecido en los siguientes Documentos básicos:

DB-SE: Bases de cálculo.

DB-SE-AE: Acciones en la edificación

Además se ha tenido en cuenta el DB-SI: Seguridad en caso de incendio, en su sección SI-6: Resistencia al fuego de la estructura y la normativa referente a la estructuras de hormigón estructural, la EHE-08

### 2.1.- Cumplimiento del DB-SE: Bases de cálculo.

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:

a) Los debidos a una pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;

b) 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:

- 1) Se ha comprobado que el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras (Ed,dst) es inferior al valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras (Ed,stb).
- 2) Se ha comprobado que para todas las situaciones de dimensionado pertinentes el valor de cálculo del efecto de las acciones (Ed) es inferior al valor de cálculo de la resistencia correspondiente (Rd).

#### 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 Estado 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 DB-SE 3.2.2 son:

a) 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.

b) Las vibraciones que causan una falta de confort de las personas, o que afectan a la funcionalidad de la obra.

c) 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 que se han considerado para el cálculo de la estructura son las siguientes:

- H1. Cargas gravitatorias
- H2. Sobrecargas de uso sobre cubierta
- H3. Nieve

No se ha tenido en cuenta la hipótesis de viento porque al ser una cubierta plana el viento siempre produce succión, por lo que podemos despreciarlo por estar del lado de la seguridad. (Punto 3.3.4 del DB-SE-AE)

#### 2.1.3.a.- 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:

$$\text{ELU 1: } 1,35 G_k + 1,5 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0,75 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

$$\text{ELU 2: } 1,35 G_k + 1,05 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 1,5 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

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:

$$\text{ELS 1 (Característica 1): } 1 G_k + 1 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0,5 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

$$\text{ELS 2 (Característica 2): } 1 G_k + 0,7 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

$$\text{ELS 1 (Frecuente 1): } 1 G_k + 0,5 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

$$\text{ELS 1 (Frecuente 2): } 1 G_k + 0,3 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0,2 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

$$\text{ELS 1 (Cuasi Permanente 1): } 1 G_k + 0,3 Q_{\text{Sobrecarga de uso}} + 0 Q_{\text{Sobrecarga de nieve}}$$

### 2.1.3.B.- 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.

-Relativo a las acciones:

Coeficiente de mayoración de acciones permanentes: 1,5

Coeficiente de mayoración de acciones variables: 1,6

-Relativo a los materiales:

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

Este coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón, como ya hemos comentado, se utiliza cuando existe incertidumbre sobre la resistencia final del material. En nuestro caso habría que realizar una probeta y calcular la resistencia real, por lo que no haría falta utilizar este coeficiente. Aún así, para este trabajo se ha optado por escoger un hormigón HA-25 y minorarlo con el coeficiente expuesto anteriormente.

### 2.2.- Cumplimiento del DB-SE-AE: Acciones en la edificación.

Según los valores que marca el DB-SE-AE se han obtenido los estado de cargas de las tablas siguientes.

#### 2.2.1.- Concargas

A continuación se indican los valores de carga superficial adoptados para los diferentes elementos constructivos.

| Peso propio   | Acabado superior   | Antepechos (carga lineal)  | Cubierta del altillo  | Cubierta del comedor   |
|---|--|--|---|--|
| Lo simula directamente el programa, para una losa de 30cm de canto.<br><br>En la modelización haré alguna puntualización al respecto. | Se unifican todas las cargas en una cubierta transitable de <b>2,5 kN/m2</b><br><br>(baldosas +aislante +hormigón) | Ladrillo cerámico perforado<br>15kN/m3 · 1,35m (alto) · 0,12 de ancho<br><b>2,43kN/m</b> | Cubierta de panel sandwich sobre correas metálicas:<br>1kN/m2<br><br>Ámbito de carga de 1,5m metros:<br><b>1,5 kN/m</b> | Cubierta de panel sandwich sobre correas metálicas:<br>1kN/m2<br><br>Ámbitos de carga de 3.73, 1.78 y 3.9 metros:<br><b>3,73 kN/m</b><br><b>1,78 kN/m</b><br><b>3,9 kN/m</b> |
|   |  | Ladrillo hueco:<br><b>1,13 kN/m</b>  |   |  |
|   |  | Vierteaguas piedra:<br><b>0,125 kN/m</b>   |   |  |
|   |  | Enfoscado a 1 cara:<br><b>0,27 kN/m</b>  |   |  |
|   |  | Maceta+tierra:<br><b>1,8 kN/m</b>  |   |  |
| <b>Concargas totales</b>  |  |  |   |  |
| Carga superficial sobre cubierta  |  | Carga lineal   | Lineal sobre pórticos   | Lineal sobre pórticos  |
| <b>2,5 + Peso propio</b>  |  | <b>5,76 kN/m</b>   | <b>1,5 kN/m</b>   | <b>-</b>   |

### 2.2.2.- Sobrecargas

Para la sobrecarga de uso de la zona de juegos se entiende la cubierta como cubierta para uso público, y por tanto tendrá que tener la sobrecarga de los espacios que se abren a ella. Básicamente, los espacios que se abren a ella son zonas administrativas o públicas (docentes). La sobrecarga más desfavorable de las existentes es la de

**3kN/m2**, que se utiliza para espacios en los que hay mesas y sillas, es decir, aulas de escuelas, guarderías, etc. En todos los casos se accede a la cubierta desde espacios de este tipo, por lo que se supondrá esa sobrecarga, que coincide con la sobrecarga según la MV-101 de 1963.

Para la sobrecarga de uso sobre las cubiertas ligeras que se construyen, se utiliza la sobrecarga para mantenimiento de cubiertas ligeras sobre correas, de **0.4 kN/m2**

Con respecto a la sobrecarga de nieve, se calcula la carga de nieve para la zona de Valencia, con  $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$ . Dado que el coeficiente de forma es 1 por ser la cubierta plana, tenemos:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

| Sobrecargas    |                   |                    |
|----------------|-------------------|--------------------|
| Uso            |                   | Nieve              |
| Zona de juegos | Cubiertas ligeras | En todos los casos |
| <b>3 kN/m2</b> | <b>0,4 kN/m2</b>  | <b>0,2 kN/m2</b>   |

### 2.2.3.- Acción del viento

Como ya hemos avanzado, según el punto 3.3.4 del DB-SE-AE del CTE, al tratarse de una cubierta plana, y además de únicamente una planta y situada en el centro de la ciudad, el viento siempre produce succión, por lo que podemos despreciarlo por estar del lado de la seguridad.

En las cubiertas ligeras que se levantan por encima del nivel de la cubierta se ha decidido despreciar también el viento. Por tratarse de una diferencia de cota de un máximo de 1,4 metros, y tratarse de elementos muy ligeros pero sobredimensionados, se entiende que la hipótesis de viento es irrelevante. Sumado a todo esto está el hecho de que el interés de este trabajo ha sido siempre por la losa de hormigón, y los huecos que se le practican, y por tanto el cálculo de los elementos ligeros queda en un segundo plano por tratarse de análisis mucho más convencionales y de menos relevancia en este estudio.

### 2.2.4.- Acciones térmicas y reológicas

Dada la existencia de la estructura según normativa anterior, supondremos que existen (y de hecho se pueden encontrar en los planos) juntas de dilatación cada 40 metros, por lo que no es necesario considerar estas acciones.



#### **2.2.5.- Acciones sísmicas**

No se aplica, por entenderse resuelto en el proyecto original del edificio. No obstante, la modificación se realiza únicamente sobre la losa de cubierta, por lo que poco podríamos hacer para mejorar el comportamiento de la estructura frente a estas acciones.

#### **2.2.6.- Situaciones:**

Tras el análisis del apartado anterior se han definido las situaciones previsibles en el edificio del proyecto que pueden afectar a la estructura. Al estar trabajando sobre un único elemento estructural que se cubre con el mismo uso, y que se construye de la misma manera, las situaciones ya han quedado descritas en tablas anteriores.

Una vez definidas las hipótesis en cada zona se han modelizado en el programa informático de manera que este pueda realizar una simulación para las diferentes combinaciones antes expuestas.

#### **2.5.- Otras normativas**

Además de lo establecido en el CTE, se han tenido en cuenta las especificaciones de las siguientes normativas: NCSE-02.

EHE-08. Instrucción de hormigón estructural.  
Características resistentes de los materiales.

#### **2.6.- Características de los materiales**

Los materiales ya los hemos comentado en la Memoria Constructiva, por ser los que existen actualmente. Nuestro material en realidad es un taladro, y un distanciómetro.

##### **2.6.1.- Hormigón**

El hormigón a emplear en los cimientos, muros resistentes, forjados reticulares, losas y demás elementos estructurales será del tipo HA-25, es decir, que debería haber alcanzado a los 28 días una resistencia característica de 25 N/mm<sup>2</sup>. El resto de características poco importan para nuestro proyecto de reforma, puesto que la losa está ya construida y probada.

##### **2.6.2.- Acero para armar**

Ya hemos comentado que el acero existente AE-42N tiene unas características muy similares a las barras de nomenclatura actual B-400S, por lo que trabajaremos con estas últimas.

##### **2.6.3.- Acero para los soportes y vigas metálicos**

El acero empleado en los pocos perfiles y sus elementos de unión a la estructura de hormigón serán del tipo S-275JR presentando un límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup>. Solo aparece en las cubiertas ligeras de nueva construcción, en forma de perfiles normalizados de sección cerrada o abierta. Previsiblemente, si hay que realizar algún refuerzo, se utilizaría también este material.

#### **2.7.- Sistema de cálculo**

El método de cálculo utilizado para la estructura que se proyecta se fundamenta en la hipótesis de comportamiento elástico y lineal del material utilizado (lo que en el caso de estructuras de hormigón, a pesar de ser éste un material de comportamiento no lineal, está justificado con base en la imposición de coeficientes de seguridad, tanto a cargas como al material, que conducen a que el escalón de carga en el que realmente se sitúan las cargas de servicio, corresponda a un tramo casi lineal de la gráfica tensión-deformación del hormigón) y en la proporcionalidad entre cargas aplicadas y movimientos originados por dichas cargas.

Estas hipótesis permiten la aplicación del principio de superposición y generan un sistema de ecuaciones lineales simultáneas cuya resolución proporciona los movimientos de todos los nudos de la estructura y, a partir de ellos, la obtención de las leyes de esfuerzos en cualquier barra y reacciones en cualquier apoyo de la estructura.

El programa que se ha utilizado maneja la estructura en su totalidad como un volumen unitario en el que todos sus elementos - los elementos principales como vigas y pilares, los secundarios como brochales, zunchos de atado, o nervios de encadenado de viguetas e incluso elementos especiales como pantallas contra viento y losas continuas o nervadas de cimentación entre otros - colaboran entre sí a la resistencia y estabilidad de la estructura como un todo. Se trata, por tanto, de un análisis en 3D, que está basado en el método matricial de rigideces, y que utiliza realmente 6 grados de libertad por nudo e independientemente, si hiciera falta conforme a la modelización, también 6 grados de libertad por cada extremo de barra de la estructura. Se permiten, por tanto, todo tipo de desconexiones entre nudo y extremo de barra, incluyéndose entre ellas desconexiones totales (liberaciones completas de movimientos o rotura completa de compatibilidad de movimientos entre nudo y extremo de barra) o parciales (conexiones parciales o semirrigidas de cualquier tipo, sean longitudinales o angulares, o rotura parcial de compatibilidad de movimientos entre nudo y extremo de barra).

La modelización de los elementos planos se resuelve y se calculan sus esfuerzos por el método de los elementos finitos. Se parte de un mallado que define la estructura a la que luego se pueden aplicar cargas en cualquiera de sus ejes principales. Mediante un análisis tridimensional completo se obtienen los desplazamientos de todos los nudos que configuran la malla espacial así formada para poder obtener los esfuerzos asociados. De las leyes de esfuerzos posteriormente de manera manual se pueden obtener las cuantías de armado necesarias.

El programa permite el tratamiento de elementos de hormigón o de elementos de acero, independientemente o coexistiendo, mediante la asignación de propiedades paramétricas a partir de una amplia tipología de secciones de uno u otro material o incluso de sección arbitraria por introducción directa de sus parámetros fundamentales de área, inercias, módulo de torsión y factores de cortante ante la posibilidad de considerar la importancia o no de las flechas ocasionadas por este tipo de sollicitación (en vigas de gran canto, o ménsulas cortas, por ejemplo) frente a las habituales de flexión. La coordinación de todas las barras de la estructura permite la determinación de los seis diagramas de esfuerzos que corresponden al espacio: axiales, cortantes Y, cortantes Z, flectores Y y flectores Z, siempre referidos a los ejes locales de cada barra X, Y, Z, coincidiendo siempre el eje X con su directriz. Al mismo tiempo, el programa admite la orientación arbitraria en el espacio de cualquier barra, definiéndose previamente su rotación propia, con respecto a su eje local X, si es diferente de 0 grados (este es el ángulo de rotación propia que toma el programa por defecto para cualquier barra de la estructura).

Admite estados arbitrarios de carga sobre cualquier barra, tanto definidas en ejes locales de barra como en ejes globales de la estructura y adicionalmente un número indefinido de cargas de todas las tipologías por cada barra que se encuentra sometida a acciones.

Las combinaciones de hipótesis son también ilimitadas. Para definir las, el programa va abriendo, a petición del usuario, nuevas hipótesis que pueden ser básicas (pesos propios y concargas, sobrecargas de uso, sobrecargas de nieve, sobrecargas de viento, sismo, etc.) o combinadas de éstas en cualquier orden y número. Se permiten coeficientes de mayoración de cargas globales o parciales mediante la opción de <incremento>, en más o en menos, de un grupo predeterminado de cargas seleccionado por el usuario de entre todas las cargas presentes en un momento dado de la entrada de cargas. También pueden introducirse cargas y momentos directamente aplicados sobre los nudos.

Marginalmente, cualquier nudo de apoyo de la estructura es modelizable, como los extremos de las barras, con coeficientes de desconexión cualesquiera entre infinito (empotramiento perfecto) y cero (desconexión total y esfuerzo asociado nulo).

La salida de resultados se produce de forma totalmente gráfica (opcionalmente también se puede solicitar un listado -que puede ser selectivo de un zona localizada de la estructura- tanto de movimientos de nudo como de esfuerzos de extremo de barra o puntos intermedios de las mismas) representándose deformadas amplificadas a escala relativa a la unidad definida por el usuario, de zonas específicas de la estructura o de la estructura completa si se desea. De igual forma se visualizan las leyes de esfuerzos (axiles, cortantes Y o Z, torsores, momentos Y o Z) de cualquier zona o volumen de la estructura definida por el usuario, y obtener información numérica de los valores tanto de esfuerzos como de deformación y giros de cualquier barra de la estructura, controlándose de esta forma numéricamente todas aquellas barras que visualmente resulten significativas por apreciación o preverse las posibilidades de solicitaciones o flechas importantes.

#### **2.7.1.- Modelización**

Dadas las características del programa los elementos lineales (pilares) se han modelizado como barras a las que se aplican sus características geométricas y de resistencia según el material.

Para los elementos planos (forjados) se ha definido una superficie en forma de malla creada a base de elementos finitos como se ha explicado antes. Para representar la rigidez del forjado acorde a su comportamiento según su sistema constructivo se ha modelizado una losa maciza de un espesor menor tal que sea equivalente con la rigidez del elemento aligerado que se ha proyectado. Las características del material son iguales a las del hormigón que se quiere disponer excepto en el peso. Los autores del programa Architrave proporcionan materiales predefinidos y tablas de espesores equivalentes.

Más allá de esta base teórica, en el anexo de cálculo se explicará en profundidad el procedimiento de modelización utilizado y algunas particularidades a la hora de abordar el cálculo.

### 3. ANEXO DE CÁLCULO

#### 3.1.- Justificación de la solución adoptada.

La solución adoptada viene de una decisión de proyecto, y por tanto no es parte de esta memoria. A la hora de decidir la posición de los huecos, no obstante, se ha tenido en cuenta en todo momento la posición de los soportes verticales, para no hacer algún hueco que mermara de manera importante la resistencia de la losa.

Con respecto a los elementos ligeros, se construyen de la manera más sencilla posible, con elementos metálicos que se fijan a la losa de hormigón mediante placas de anclaje, y pretendiendo siempre que sus secciones sean las menores posibles, para reducir su peso. Para conseguirlo, en el caso de la cubierta del comedor/gimnasio se proyecta una cercha muy sencilla de barras a compresión metálicas y cables a tracción, que proporciona al conjunto una mayor inercia manteniendo las barras lo más pequeñas posibles, y dimensionándolas fundamentalmente a pandeo, como se verá a continuación, porque se articulan en todos los puntos. Son estructuras con una transmisión de esfuerzos muy evidente, que incluso podrían haberse calculado sin necesidad de programas informáticos.

#### 3.2.- Modelización

Únicamente se modeliza la losa de cubierta, obviando la existencia de una losa similar en primera planta, y de las torres; puesto que es el único punto en el que actuamos. El procedimiento seguido para la modelización ha sido el siguiente:

1. Dibujo del contorno de la losa, ábacos, huecos y muros (ejes), así como de los puntos que marcan la posición de los pilares. El contorno de losas, ábacos y huecos debe estar formado por polilíneas convenientemente cerradas.
2. Modelización de las barras que forman los pilares a través de líneas verticales a las que se asigna la sección 30x30 de hormigón armado HA-25 por medio del programa Architrave Diseño. Se modeliza además en la base de cada barra un apoyo empotrado, para simplificar el modelo y por tanto el cálculo.
3. Modelización de los muros mediante la herramienta para la creación de mallas de elementos finitos (EF en adelante). Se les asigna un tamaño de elemento de 600mm, el de modulación del proyecto, para que posteriormente coincida con los EF de la losa. Si no coincidieran, el muro no se entendería empotrado a la losa. Se modelizan también apoyos empotrados en la base de los muros.
4. Modelización de la losa mediante la herramienta de *mallado complejo* de la aplicación. La modelización se realiza por zonas dado el tamaño de la losa, siempre utilizando el mismo tamaño de EF (600mm) para que los nudos del perímetro de cada zona coincidan con los de la zona contigua, garantizando la continuidad de la placa. En la herramienta se indica la polilínea de contorno y las de los huecos y reguesados (para los que se utiliza un tamaño de elemento más pequeño y preciso, de 400mm); así como las líneas directrices de los muros y los puntos de los pilares, para asegurar que sobre esas líneas y puntos aparecerán nudos de EF, garantizando el contacto de los elementos a la hora del cálculo. Se ha decidido modelizar el nervio perimetral de la losa como un reguesado.

La malla se genera con rapidez respetando el perímetro y los puntos y líneas directrices, y además los EF de la zona aligerada se colocan en una capa distinta a los EF de las zonas macizas. Para que la rigidez de la zona aligerada sea la real, y no la misma que la de la zona maciza; se aplican cantos distintos a cada una de las zonas. Para la parte aligerada se utiliza un canto de 220mm, que según tablas proporcionadas por Architrave, es el canto equivalente de losa maciza que tendría la misma rigidez que la losa de 300mm aligerada. En las zonas macizas se mantiene el canto real de 300mm.

5. Con la losa terminada en 5 trozos, se procede a la modelización de los elementos ligeros de cubierta que se construyen. Están formados por pórticos de barras metálicas a las que se asigna una sección inicial, que luego se comprobará. Estos elementos, en concreto la cubierta del comedor, se calcularán por separado, porque interfieren a la hora de calcular las solicitaciones de la losa.
6. Aplicamos las cargas utilizando las capas para las distintas hipótesis
7. Comprobamos que los nudos de pilares y muros coinciden con los de los EF
8. Exportamos el modelo al programa de cálculo

#### 3.3.- Puntualizaciones sobre el cálculo

Antes de abordar el cálculo, pero ya con el modelo importado en Architrave Cálculo, se seleccionan todos los EF que componen la parte de losa aligerada, y se les asigna un material distinto, como se indica en el manual del programa. Este nuevo material tendrá las mismas propiedades del hormigón (mismo límite elástico, coeficiente de Poisson, etc; pero un peso específico menor. De esta forma la losa aligerada (que para el programa es una losa maciza de 220mm de canto con la misma rigidez que la losa aligerada real de 300mm) además tendrá un peso igual a la losa real.

Ya podemos proceder al cálculo y a evaluar las solicitaciones y desplazamientos que se producen en la losa.

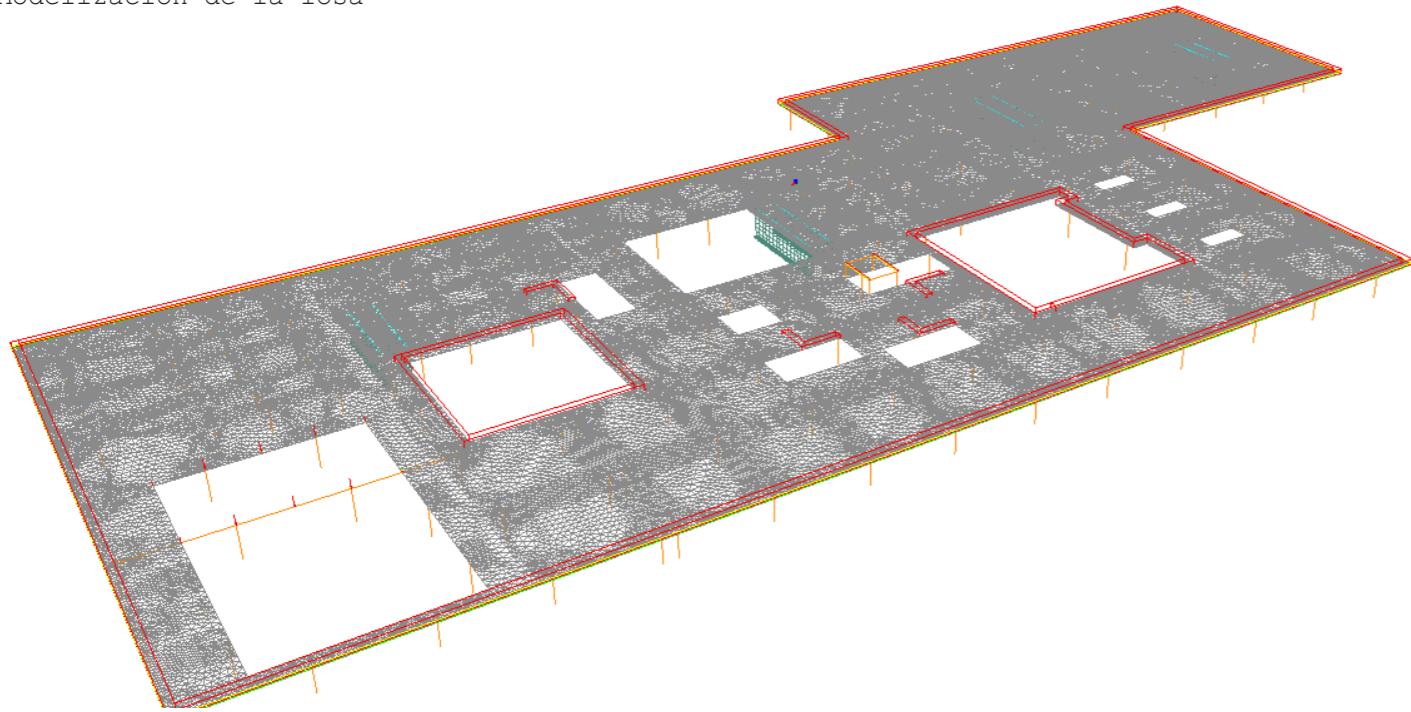
#### 3.4.- Desplazamientos verticales

Como se puede observar, hay ciertos puntos de la estructura que sufren desplazamientos verticales importantes debido a la apertura de los huecos. El desplazamiento máximo producido en combinación de ELS es de 1.53 cm, y el máximo permitido tiene que ver con la luz en cada zona.

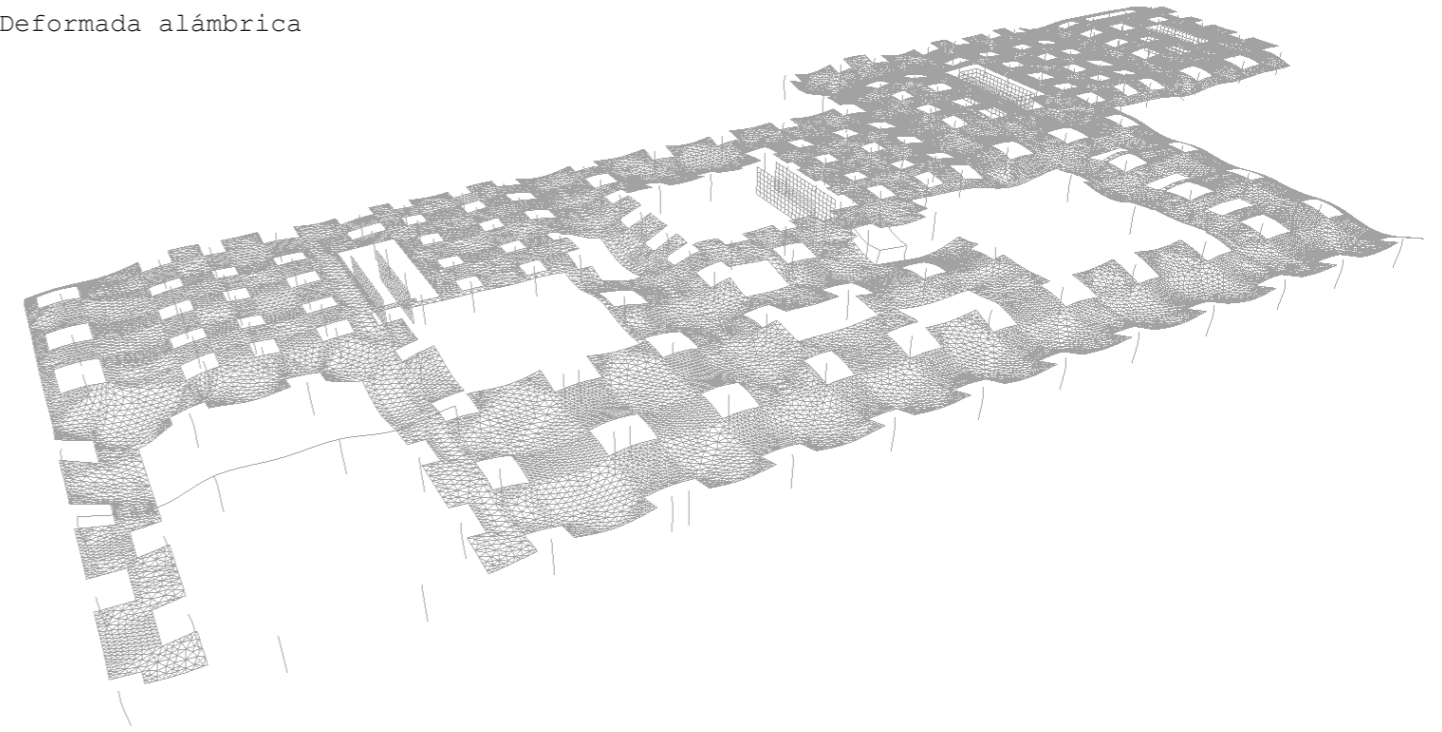
En el caso más desfavorable la luz es de unos 400cm (patio aula 4 años), y por tanto la flecha máxima admitida sería de 1.33cm

Dado que la diferencia entre la producida y la admitida es mínima, y considerando que mediante la utilización de coeficientes nos estamos poniendo del lado de la seguridad, daremos la flecha por válida.

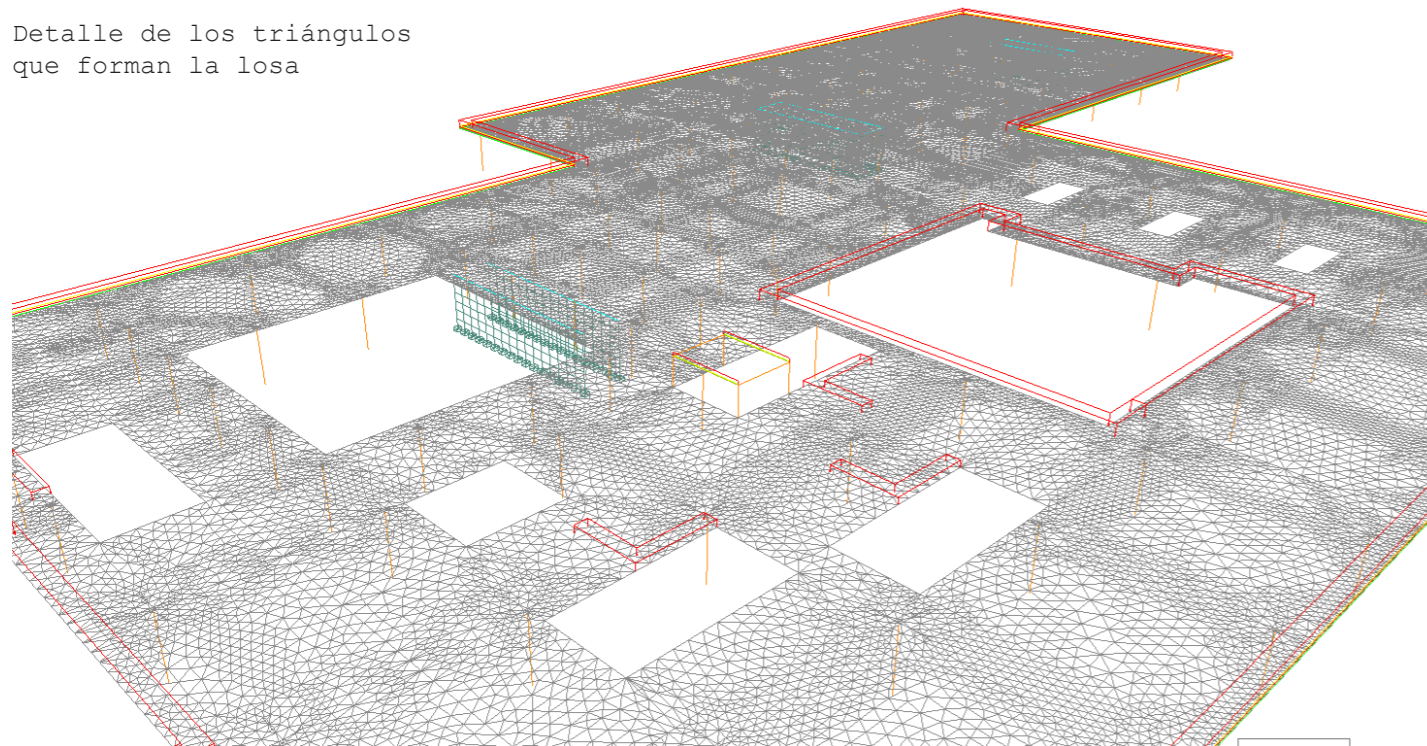
Modelización de la losa



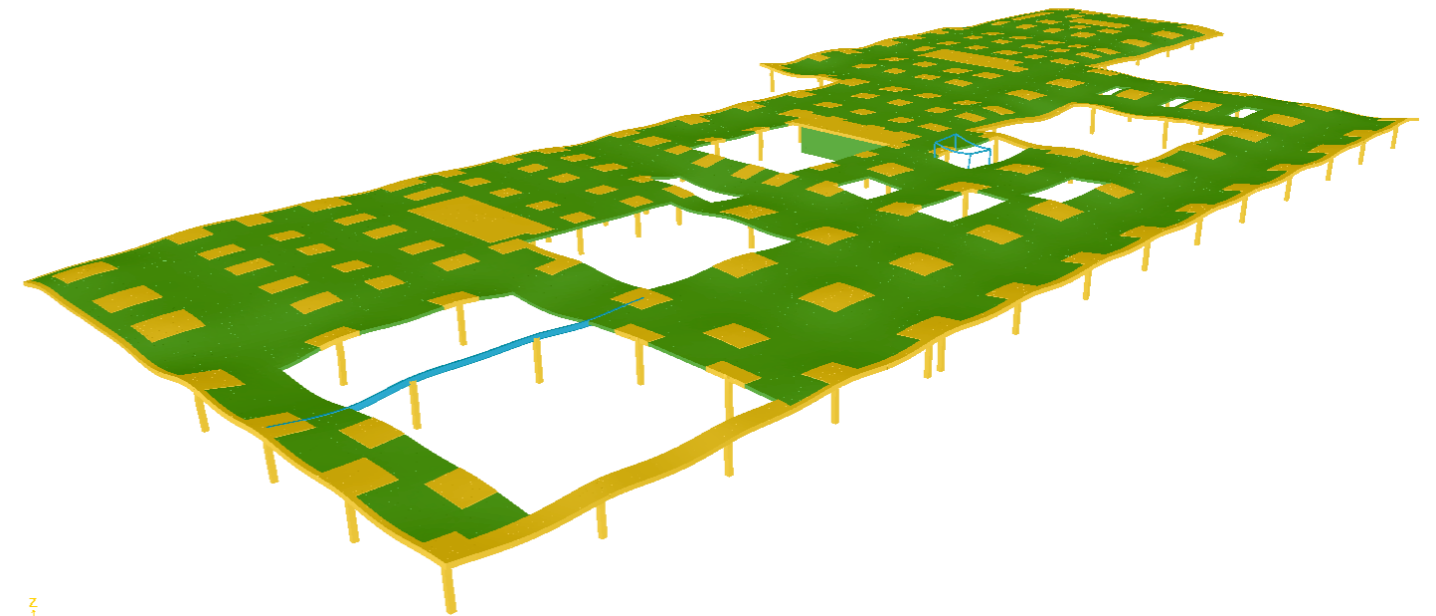
Deformada alámbrica

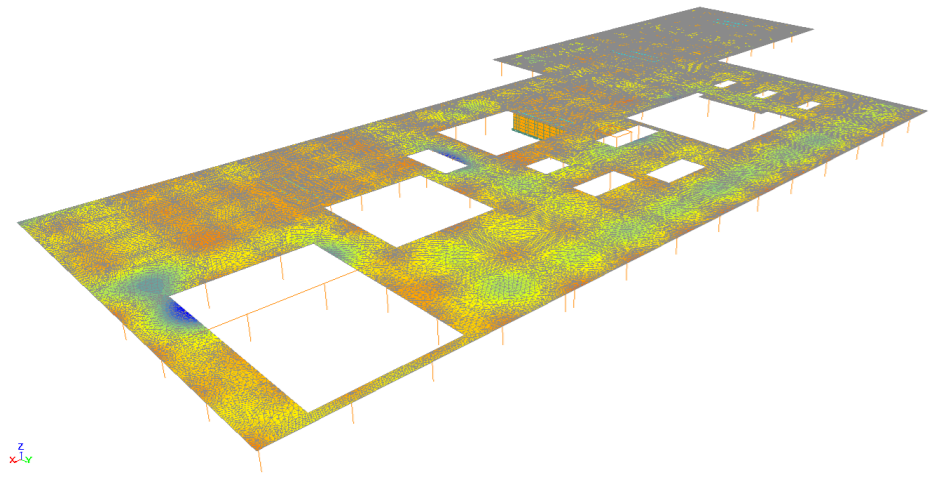


Detalle de los triángulos que forman la losa

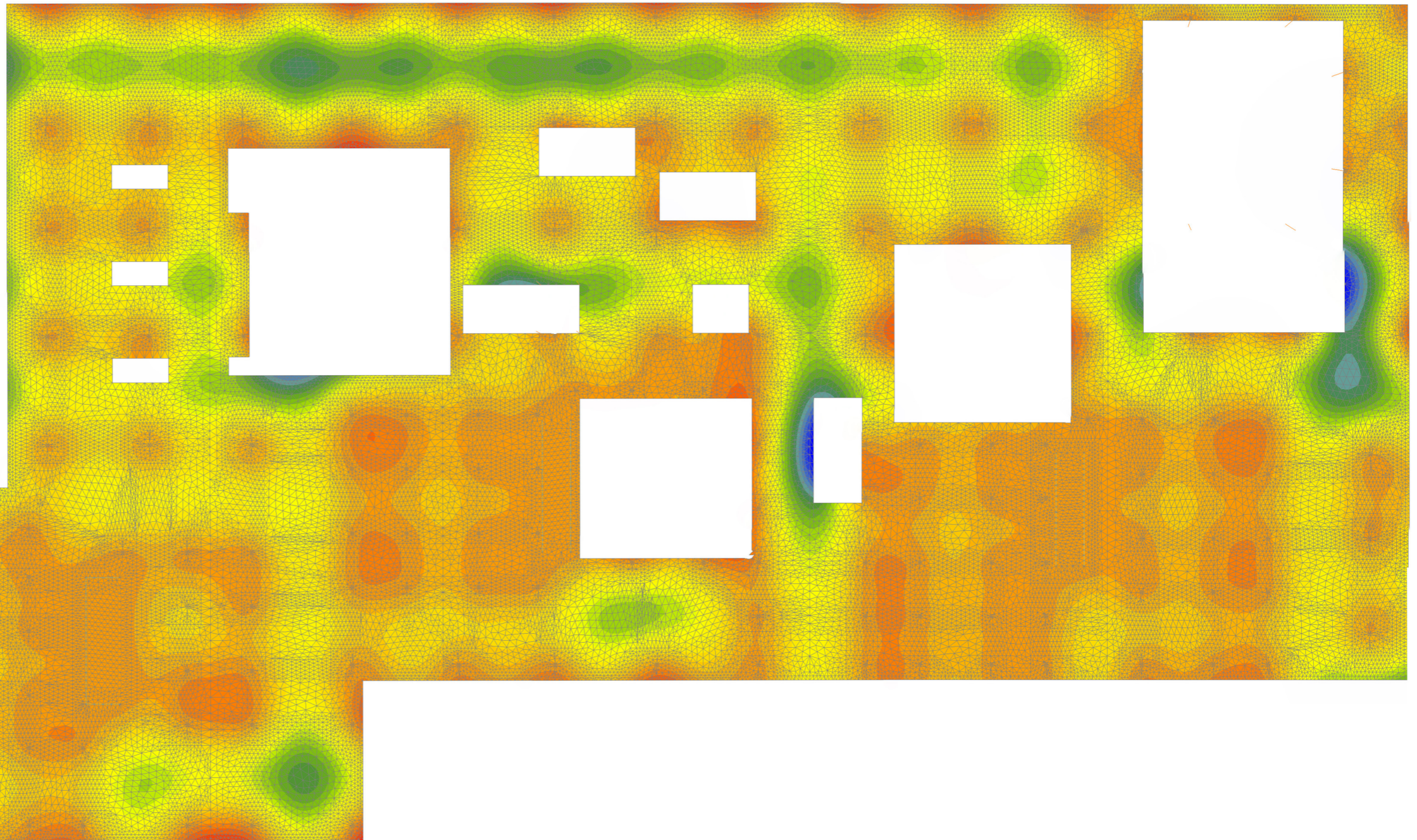
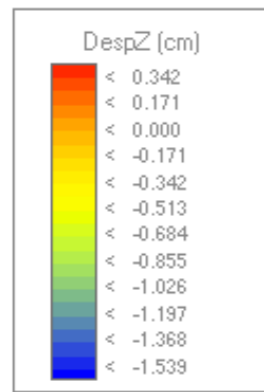


Deformada sólida





xyz



Desplazamientos verticales en la losa

### 3.5.- Momentos de armado

DIAGRAMAS MOMENTOS X E Y (perspectiva y planta)

#### 3.5.1.- Consecuencias

Los resultados que se obtienen al proceder por el método de los elementos finitos pueden conducir a error si no se leen correctamente. Lo primero que cabe señalar es que los resultados aparecen en KN·m / metro, esto quiero decir que los esfuerzos que nos diga el programa que no alcanzan un metro de anchura tendrán que ser evaluados para darles solución específicamente según su situación, relación con el pilar, divergencias entre la realidad de la estructura y el modelo, etc. En los cálculos expuestos a continuación se explica que valores se han adoptado para el armado.

Analizando los valores alcanzados en los momentos, salvo alguna pequeña diferencia donde la luz es algo mayor, podemos ver como el forjado se comporta de manera eficiente frente a la flexión por trabajar en las dos direcciones de manera muy similar y de esta forma poder distribuir los esfuerzos correctamente.

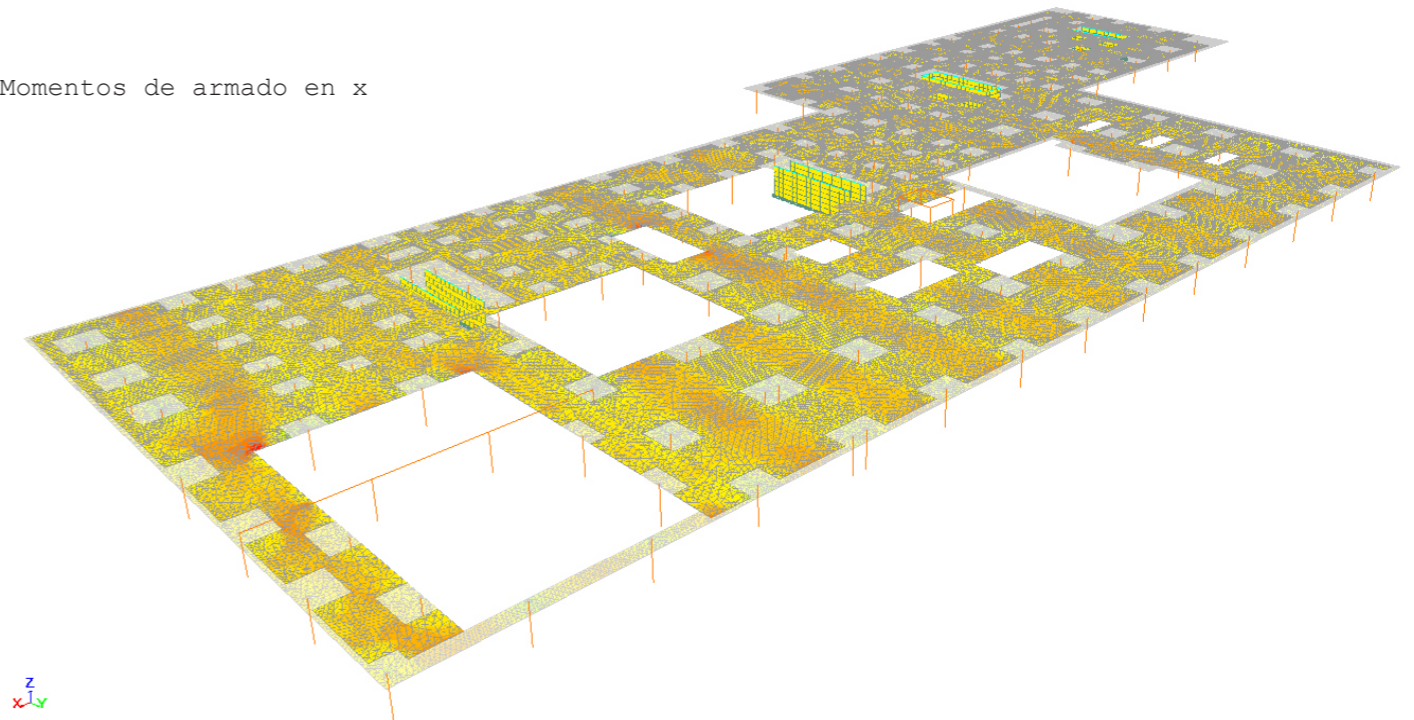
### 3.6.- PROCESO DE PERITACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Abordaremos la peritación de la estructura, para ver si la armadura existente es suficiente para resistir las redistribuciones de esfuerzos provocadas por la apertura de huecos en el forjado, en 4 pasos sencillos:

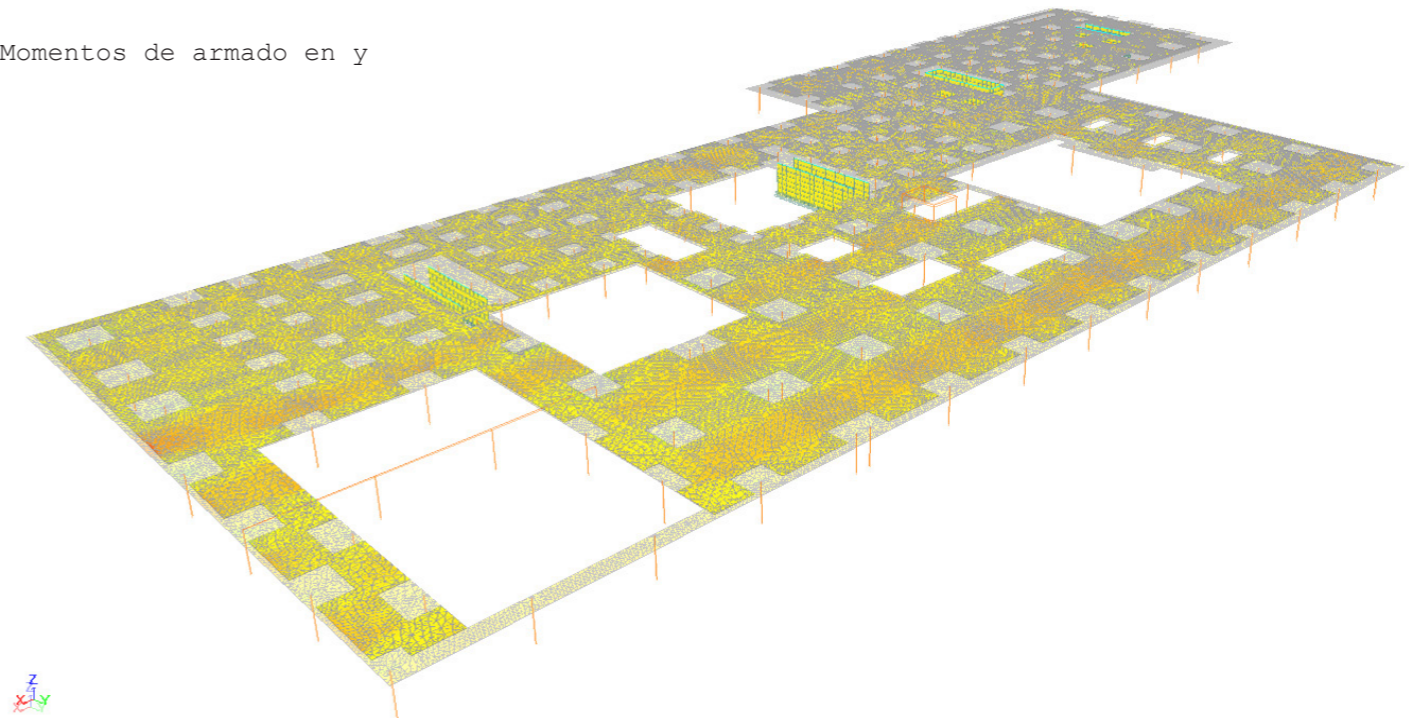
1. **Comprobación del armado** existente frente al teórico necesario sobre una zona de la losa que no se ha modificado, para garantizar la validez de todo el procedimiento.
2. **Comprobación general del armado** en una zona de losa modificada, para analizar si han variado significativamente las solicitaciones en zonas extensas, de forma que el armado quedaría completamente invalidado.
3. **Comprobación pormenorizada** de las zonas en las que se practican huecos, pues en su perímetro se producen picos de esfuerzos importantes.
4. Paralelamente: Dimensionado y comprobación de la estructura ligeras metálicas de cubrición del gimnasio

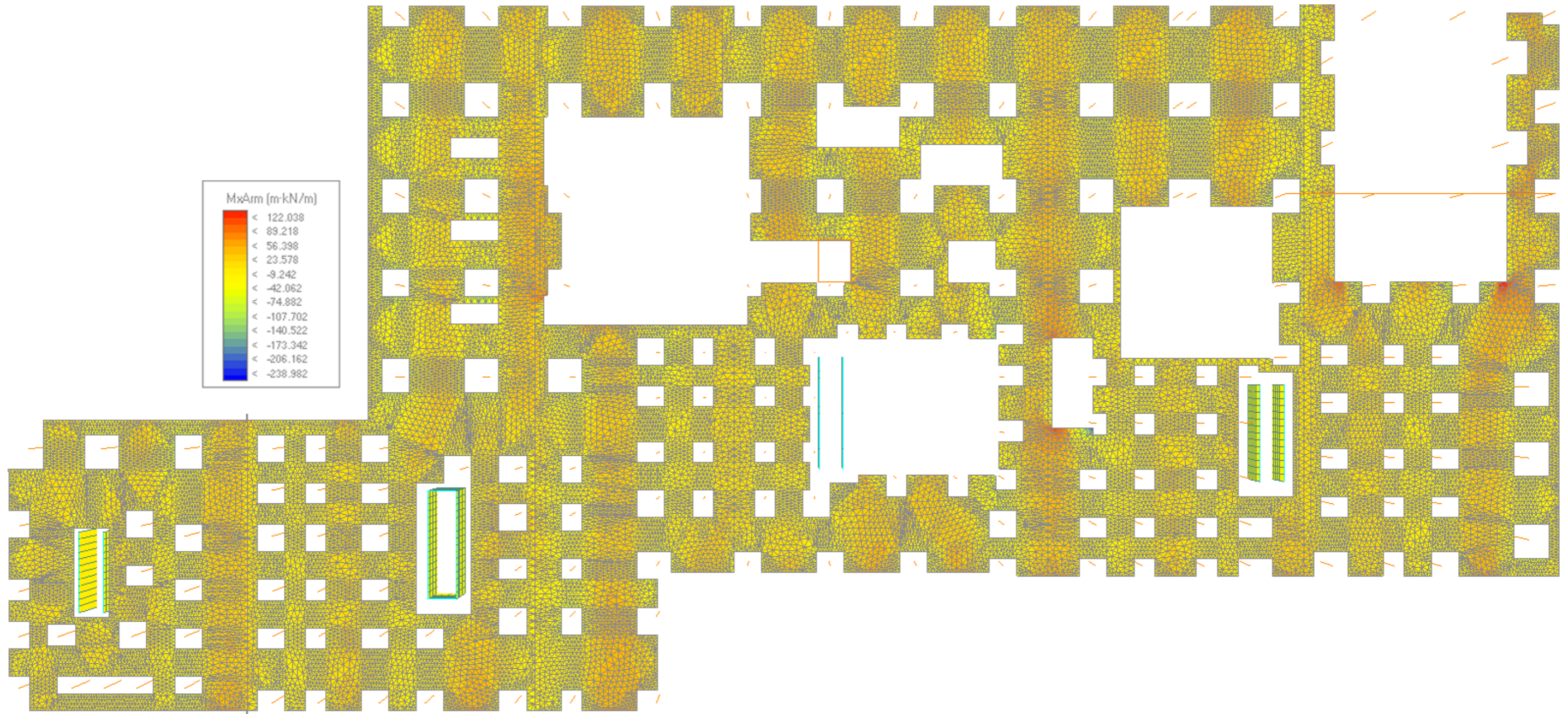
Comenzaremos por el punto 4, porque no afecta a la hora de afrontar el resto de puntos, y es el menos relevante de todos.

Momentos de armado en x

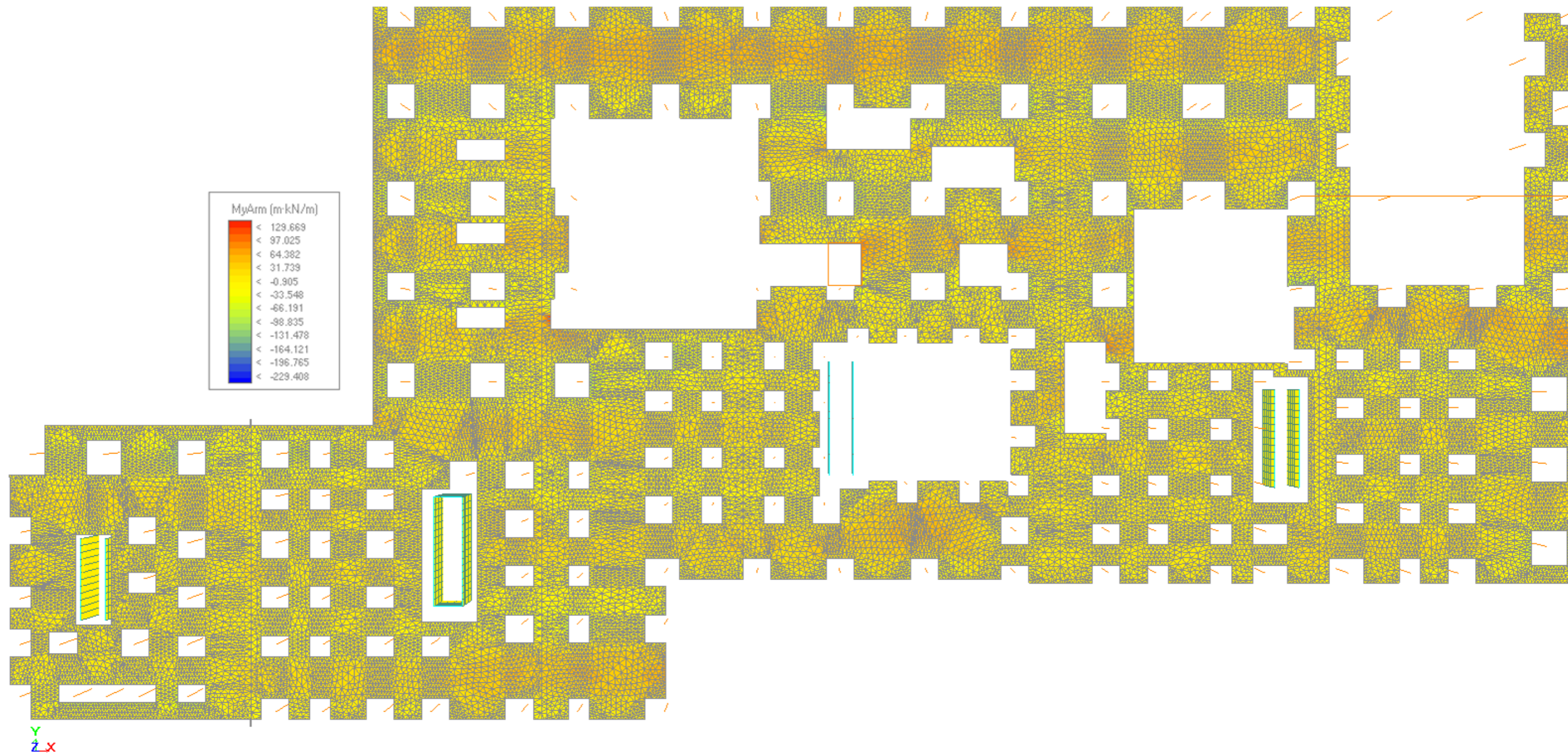


Momentos de armado en y





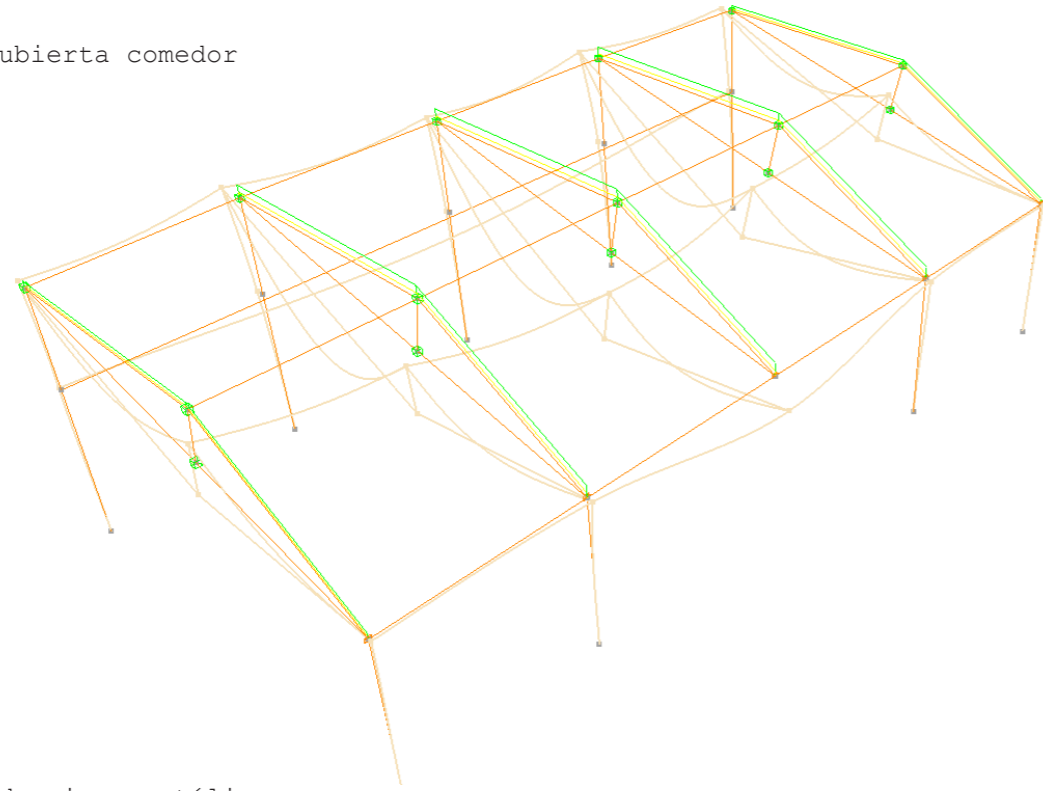
Y  
X  
Momentos de armado en y (sin ábacos para que sea más claro)



Momentos de armado en y (sin ábacos para que sea más claro)



Deformada cubierta comedor



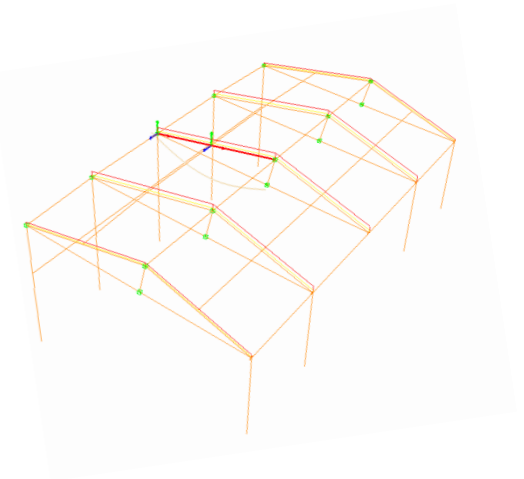
Peritación de vigas metálicas

Peritar Viga 19.1.1 (Barras: 57, 58)

|              |                  |                                 |                                |                     |                      |
|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Prontuario   | Perfil: PHRUNE1c | Propiedades de la sección       | Área (cm <sup>2</sup> ): 35.80 | Pórtico de vigas    | < Ver viga anterior  |
| Dimensión:   | 200x100x6.3      | Ix (cm <sup>4</sup> ): 1.475.00 | Iy (cm <sup>4</sup> ): 613.00  | Nombre del pórtico: | 19.1                 |
| Material     | Tipo Acero: S275 | Iz (cm <sup>4</sup> ): 1.829.00 | Longitud Total Viga            | Nº de vigas:        | 1                    |
| Fyk: 275.000 | Fu: 410.000      | Longitud (m): 4.58              | Viga actual:                   | 19.1.1              | Ver viga siguiente > |

|             |                           |                          |                                |                            |                          |                         |                           |                          |                            |                         |                          |                         |                     |
|-------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| Resistencia | Resistencia CTE: 0.84     | Pandeo                   | ELUs desfavorables: 2          | Beta Pandeo Y: 1.00        | Beta Pandeo Z: 1.00      | Chi Y:                  | Chi Z:                    | Pandeo CTE: 0.96         | Cumple normativa           |                         |                          |                         |                     |
| Flecha Vano | Flecha activa (cm): 0.117 | Flecha activa CTE: 0.100 | Flecha instantánea (cm): 0.104 | Flecha instant. CTE: 0.080 | Flecha total (cm): 0.221 | Flecha total CTE: 0.140 | Flecha activa/L: 1/ 3,908 | Límite F. activa: 1/ 400 | Flecha instant/L: 1/ 4,397 | Lím. F. instant: 1/ 350 | Flecha total/L: 1/ 2,069 | Límite F. total: 1/ 300 | ELS desfavorable: 5 |

Cumple normativa



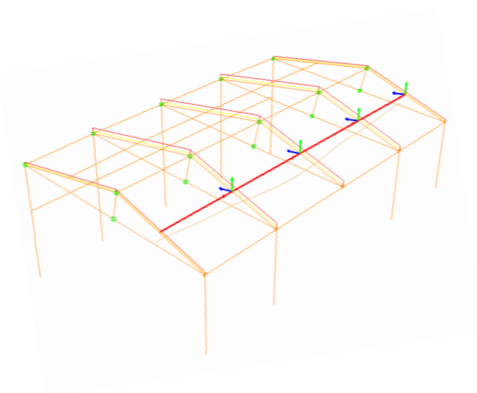
Peritación de vigas metálicas

Peritar Viga 13.1.1 (Barras: 40, 41, 42, 43)

|              |                  |                              |                               |                     |                      |
|--------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| Prontuario   | Perfil: PHRUNE1c | Propiedades de la sección    | Área (cm <sup>2</sup> ): 7.16 | Pórtico de vigas    | < Ver viga anterior  |
| Dimensión:   | 80x40x3.2        | Ix (cm <sup>4</sup> ): 46.20 | Iy (cm <sup>4</sup> ): 18.90  | Nombre del pórtico: | 13.1                 |
| Material     | Tipo Acero: S275 | Iz (cm <sup>4</sup> ): 57.20 | Longitud Total Viga           | Nº de vigas:        | 1                    |
| Fyk: 275.000 | Fu: 410.000      | Longitud (m): 15.00          | Viga actual:                  | 13.1.1              | Ver viga siguiente > |

|             |                           |                          |                                |                            |                          |                         |                           |                          |                            |                         |                          |                         |                     |
|-------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| Resistencia | Resistencia CTE: 0.17     | Pandeo                   | ELUs desfavorables: 2          | Beta Pandeo Y: 0.51        | Beta Pandeo Z: 0.50      | Chi Y:                  | Chi Z:                    | Pandeo CTE: 0.00         | Cumple normativa           |                         |                          |                         |                     |
| Flecha Vano | Flecha activa (cm): 0.546 | Flecha activa CTE: 0.150 | Flecha instantánea (cm): 0.486 | Flecha instant. CTE: 0.110 | Flecha total (cm): 1.032 | Flecha total CTE: 0.210 | Flecha activa/L: 1/ 2,745 | Límite F. activa: 1/ 400 | Flecha instant/L: 1/ 3,088 | Lím. F. instant: 1/ 350 | Flecha total/L: 1/ 1,453 | Límite F. total: 1/ 300 | ELS desfavorable: 5 |

Cumple normativa

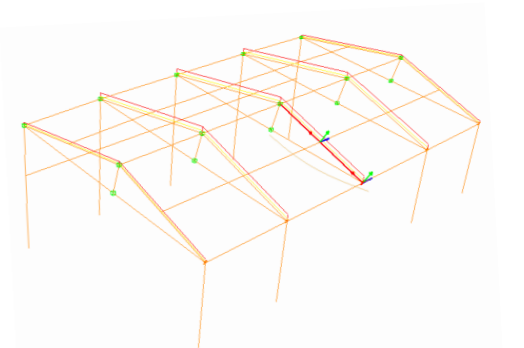


Peritar Viga 8.1.1 (Barras: 35, 44)

|              |                  |                                 |                                |                     |                      |
|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Prontuario   | Perfil: PHRUNE1c | Propiedades de la sección       | Área (cm <sup>2</sup> ): 35.80 | Pórtico de vigas    | < Ver viga anterior  |
| Dimensión:   | 200x100x6.3      | Ix (cm <sup>4</sup> ): 1.475.00 | Iy (cm <sup>4</sup> ): 613.00  | Nombre del pórtico: | 8.1                  |
| Material     | Tipo Acero: S275 | Iz (cm <sup>4</sup> ): 1.829.00 | Longitud Total Viga            | Nº de vigas:        | 1                    |
| Fyk: 275.000 | Fu: 410.000      | Longitud (m): 3.77              | Viga actual:                   | 8.1.1               | Ver viga siguiente > |

|             |                           |                          |                                |                            |                          |                         |                         |                          |                          |                         |                        |                         |                     |
|-------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Resistencia | Resistencia CTE: 0.56     | Pandeo                   | ELUs desfavorables: 2          | Beta Pandeo Y: 1.00        | Beta Pandeo Z: 0.70      | Chi Y:                  | Chi Z:                  | Pandeo CTE: 0.58         | Cumple normativa         |                         |                        |                         |                     |
| Flecha Vano | Flecha activa (cm): 1.059 | Flecha activa CTE: 0.560 | Flecha instantánea (cm): 0.941 | Flecha instant. CTE: 0.440 | Flecha total (cm): 2.000 | Flecha total CTE: 0.800 | Flecha activa/L: 1/ 713 | Límite F. activa: 1/ 400 | Flecha instant/L: 1/ 802 | Lím. F. instant: 1/ 350 | Flecha total/L: 1/ 377 | Límite F. total: 1/ 300 | ELS desfavorable: 2 |

Cumple normativa

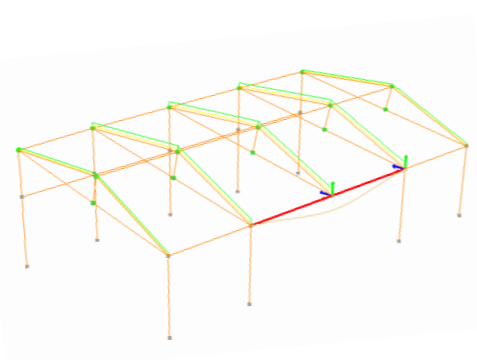


Peritar Viga 1.1.2 (Barras: 21, 22)

|              |                  |                                 |                                |                     |                      |
|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|
| Prontuario   | Perfil: IPE      | Propiedades de la sección       | Área (cm <sup>2</sup> ): 53.80 | Pórtico de vigas    | < Ver viga anterior  |
| Dimensión:   | 300              | Ix (cm <sup>4</sup> ): 20.10    | Iy (cm <sup>4</sup> ): 604.00  | Nombre del pórtico: | 1.1                  |
| Material     | Tipo Acero: S275 | Iz (cm <sup>4</sup> ): 8.360.00 | Longitud Total Viga            | Nº de vigas:        | 3                    |
| Fyk: 275.000 | Fu: 410.000      | Longitud (m): 7.80              | Viga actual:                   | 1.1.2               | Ver viga siguiente > |

|             |                           |                          |                                |                            |                          |                         |                           |                          |                            |                         |                          |                         |                     |
|-------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| Resistencia | Resistencia CTE: 0.49     | Pandeo                   | ELUs desfavorables: 2          | Beta Pandeo Y: 0.54        | Beta Pandeo Z: 0.50      | Chi Y:                  | Chi Z:                    | Pandeo CTE: 0.50         | Cumple normativa           |                         |                          |                         |                     |
| Flecha Vano | Flecha activa (cm): 0.338 | Flecha activa CTE: 0.170 | Flecha instantánea (cm): 0.300 | Flecha instant. CTE: 0.130 | Flecha total (cm): 0.638 | Flecha total CTE: 0.250 | Flecha activa/L: 1/ 2,311 | Límite F. activa: 1/ 400 | Flecha instant/L: 1/ 2,600 | Lím. F. instant: 1/ 350 | Flecha total/L: 1/ 1,223 | Límite F. total: 1/ 300 | ELS desfavorable: 5 |

Cumple normativa



### 3.6.1 - Dimensionado y comprobación de las estructuras ligeras metálicas

Mediante las herramientas que proporciona el programa se calcula y se comprueba con facilidad la dimensión de las barras metálicas. Se obtienen perfiles tubulares rectangulares 200.100.6,3 para las barras a compresión de las cerchas; IPE 300 para la viga que recibe la carga de las cerchas y la transmite a los pilares; y tubulares 80.40.3,2 para las correas de atado entre cerchas.

No se han tenido en cuenta las acciones de viento, como se ha comentado, aunque aún así las barras aparecen algo sobredimensionadas (por si acaso).

Los cables se modelizan como barras de área pequeña pero gran rigidez, evitando que se deformen por su peso propio. Se calcula un axil de tracción de 35 kN, y se comprueba que un cable 6x24 (12/12/2-7) de 12mm de diámetro es capaz de soportarlo sin problemas (soporta hasta 6,63 toneladas).

### 3.7 - Cálculo del armado por zonas.

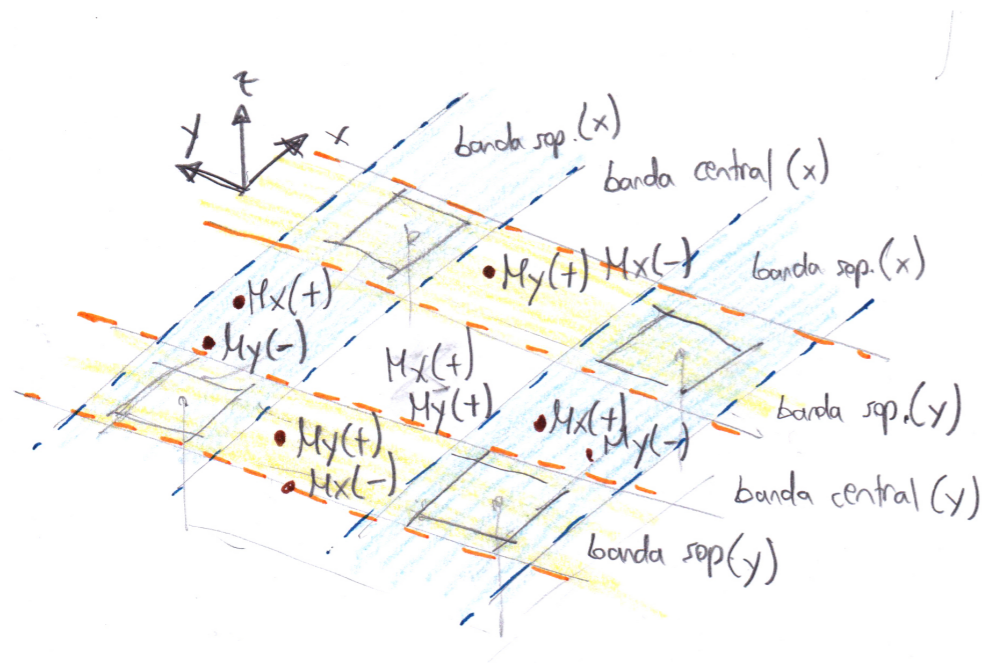
Para el cálculo de la armadura de la losa nos hemos ayudado de las tablas de cálculo que facilita el manual del programa Architrave. Evitaremos realizar planos completos de armado, pues lo único que nos interesa es comprobar si el armado necesario está dentro del colocado según los planos realizados al principio de esta memoria. Como hemos explicado anteriormente, ejecutaremos estas comprobaciones por zonas.

En las primeras dos zonas, de comprobación más general, tendremos en cuenta que los vanos son casi cuadrados y tienen el mismo armado en ambas direcciones, por lo que comprobaremos únicamente tres solicitaciones, en lugar de 6:

- \* Momentos positivos máximos de armado en banda de soporte
- \* Momentos positivos máximos de armado en banda central
- \* Momentos negativos máximos de armado en banda central

Normalmente ambos momentos positivos máximos serán en la misma dirección (la de mayor luz), y el negativo será en la perpendicular. No obstante, dada la redistribución de esfuerzos provocada por los huecos realizados, esto no es una regla infalible.

¡¡¡¡Planta con zonas!!!!



#### 3.7.1 - Zona de losa sin modificar

A través de las herramientas de Architrave obtendremos en la zona armada en el primer punto de esta memoria, con vanos en torno a los 7,90x7,60m, los momentos máximos en el eje x y el y; así como la armadura propuesta por las tablas del manual para dichos momentos. Posteriormente compararemos el más desfavorable de los dos (en x o en y) con la armadura colocada, que es simétrica y por tanto igual en las dos direcciones.

En la banda de soportes de la dirección X el momento negativo en dirección X está en el ábaco, por lo que comprobaremos esta zona independientemente.

| Lugar y tipo        | Momentos en X (m·kN/m) | Momentos en Y (m·kN/m) | Armadura teórica en X | Armadura teórica en Y | Armadura real existente |
|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| + Banda de soportes | 28                     | 25-30                  | 1Ø20                  | 1Ø20   2Ø12           | 1Ø20                    |
| + Banda central     | 20                     | 22-24                  | 1Ø16                  | 1Ø16                  | 1Ø16                    |
| - Banda central     | -15                    | -17                    | 1Ø16   2Ø12           | 1Ø16   2Ø12           | 1Ø20                    |

En los tres casos se comprueba que la sección de armadura existente (en el vano más desfavorable, que es el interior), es igual o superior a la necesaria por medio del análisis a través del MEF. Además, la distancia de solape de barras que obligaba la NTE-EHR es mayor que la que se propone en los esquemas de armado del programa Architrave, por lo que nos encontramos aún más, si cabe, del lado de la seguridad. **Es por tanto evidente que el método que estamos utilizando funciona y va a dar resultados muy cercanos a la realidad de las solicitaciones en la losa.**

#### 3.7.1.1 - Comprobación de los ábacos

Por último calculamos la armadura en ábacos para comprobar si también cumple. Esta comprobación únicamente la realizaremos una vez, puesto que todos los ábacos están armados de manera similar en la losa, y esta es la zona en la que se producen mayores tensiones tanto de momentos negativos sobre el eje del pilar como de punzonamiento de la losa por el soporte. Si cumple esta zona, se considera que el resto también, puesto que los huecos básicamente reducen el peso de la losa y por tanto el riesgo de punzonamiento y los picos de momentos negativos en las zonas macizadas.

Para comprobarlo, medimos con el programa de cálculo el momento máximo negativo en la cara del soporte, que es de unos 170 m·kN/m. En los ejes de pilares aparecen momentos más altos, de hasta 250 m·kN/m, pero se dimensiona siempre con la solicitación en cara de soporte.

Según las tablas proporcionadas en el manual de Architrave, para un momento de 167 m·kN/m se propone la colocación de barras de diámetro 16 cada 10 cm. Dado que hemos utilizado coeficientes de seguridad muy holgados, tomaremos este armado por bueno. Aún así comprobaremos que también para el siguiente escalón de armado (barras de 20 cada 10cm) la armadura existente es más que suficiente. En un ábaco de 5 interejos tenemos 3 metros, es decir, 30 barras de 16 mm de diámetro.

Según NTE-EHR, y como está dibujado en los planos de armado, las barras existentes son 2Ø32 sobre la línea de cada nervio en vanos extremos, o 2Ø25 en vanos interiores. Además de un armado auxiliar en el eje del elemento de entrevigado de barras de Ø10

Tomamos el caso más desfavorable, en el que tenemos 2Ø25 cada 60 y las barras de Ø10. Esto supone en un ábaco habitual en la losa (de 5 elementos de entrevigado macizados) un total de 6·2Ø25 y 5·1Ø10, es decir: 12Ø25 y 5Ø10m, con un área efectiva de:

$$A_c(\text{colocada}) = 12 \cdot (12,5^2) \cdot \pi + 5 \cdot (5^2) \cdot \pi = 2000\pi$$

$$A_t(\text{teórica}) = 30 \cdot (8^2) \cdot \pi = 1920\pi$$

Vemos que la armadura colocada en el peor de los casos excede a la necesaria, por lo que damos por buena la comprobación.  $A_c > A_t$

En el siguiente escalón de armado, cuando el momento es algo mayor (previsiblemente en vanos exteriores) tenemos como armadura teórica un total de 30 barras de 20mm de diámetro; y como colocada, por tratarse de vano exterior, 2Ø32 cada 60 cm y la auxiliar de 10. De nuevo:

$$A_c(\text{colocada}) = 12 \cdot (16^2) \cdot \pi + 5 \cdot (5^2) \cdot \pi = 3197\pi$$

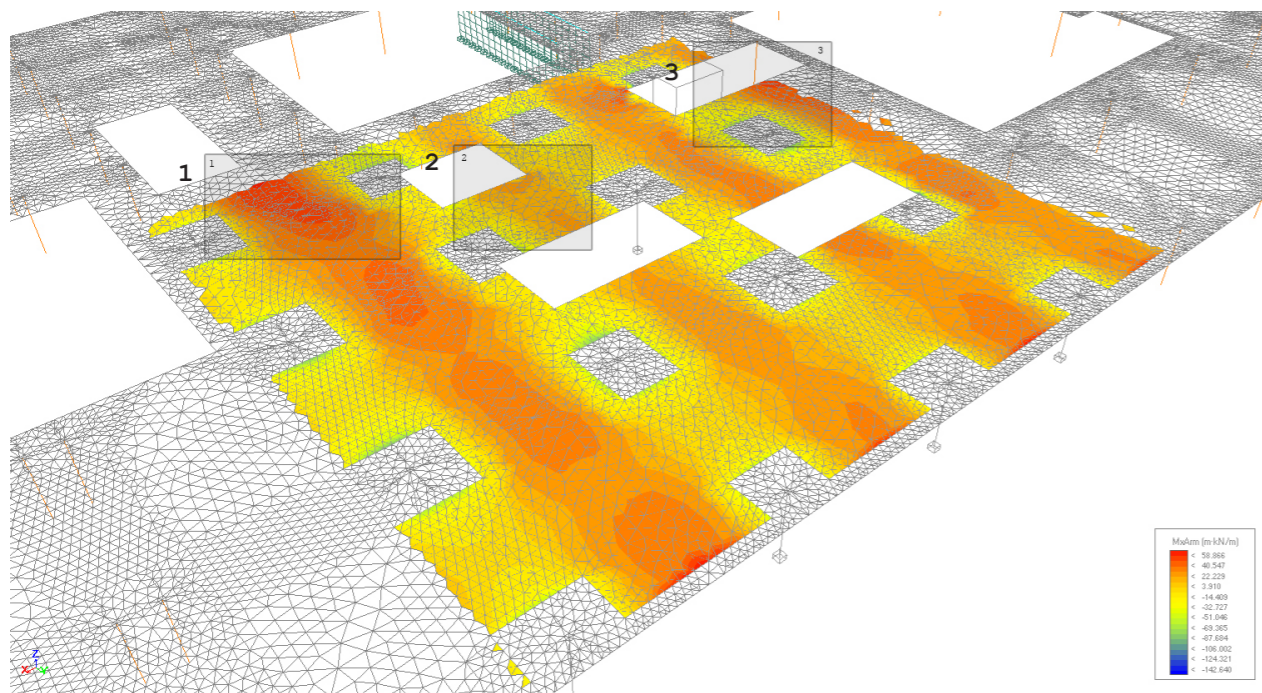
$$A_t(\text{teórica}) = 30 \cdot (10^2) \cdot \pi = 2000\pi$$

Vemos que  $A_c > A_t$ , y por lo tanto también cumple en este caso, siendo suficiente la armadura colocada.

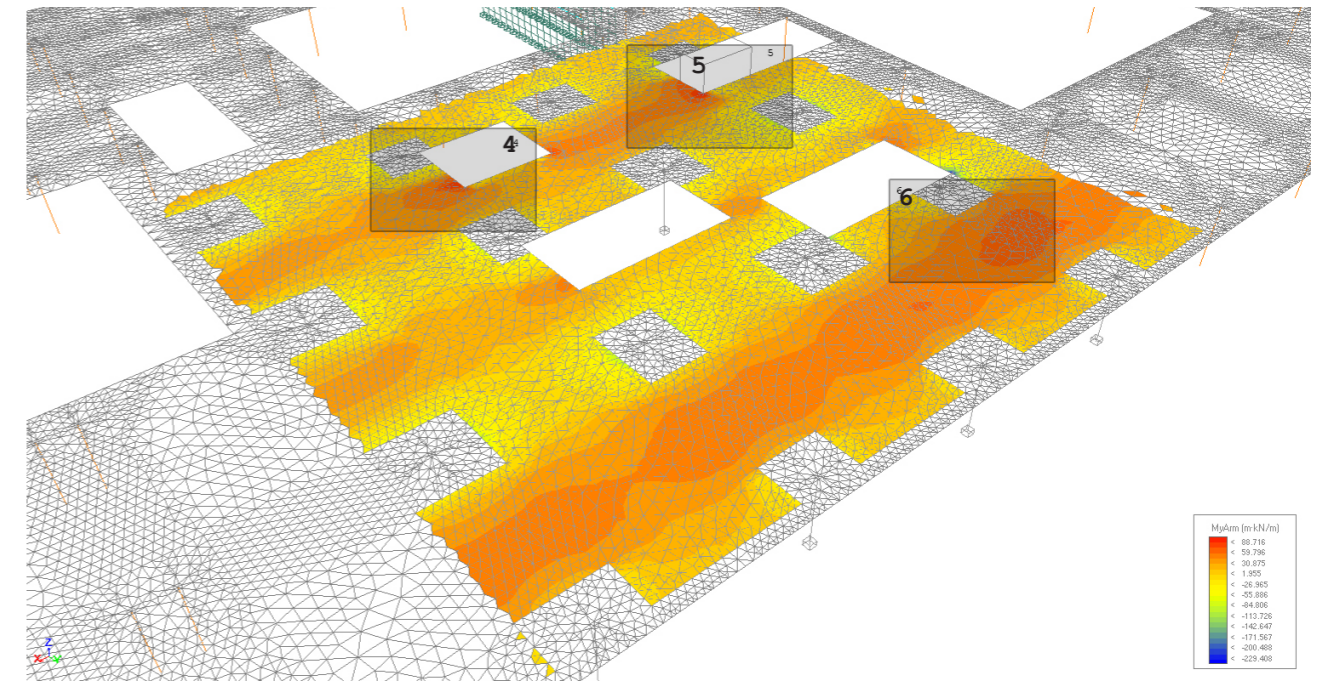
### 3.7.2 - Zona de losa modificada

Dada la existencia de vanos con luces muy distintas, calcularemos dos trozos distintos dentro de esta zona: Un vano de 7,6x7,90 (interior) de manera muy general, es decir, obviando puntos de concentración de esfuerzos en el perímetro de los huecos, que serán objeto de estudio pormenorizado. Y un vano de 7,56x4,10, que antes era interior pero ahora exterior, por el hueco realizado bajo la torre.

Antes de comenzar, merece la pena echar un vistazo a la distribución de esfuerzos en esa zona tras la ejecución de los agujeros, señalando puntos en los que se han producido redistribuciones de esfuerzos importantes respecto al trabajo habitual de una losa reticular. Desactivamos los ábacos para que el degradado tenga más contraste

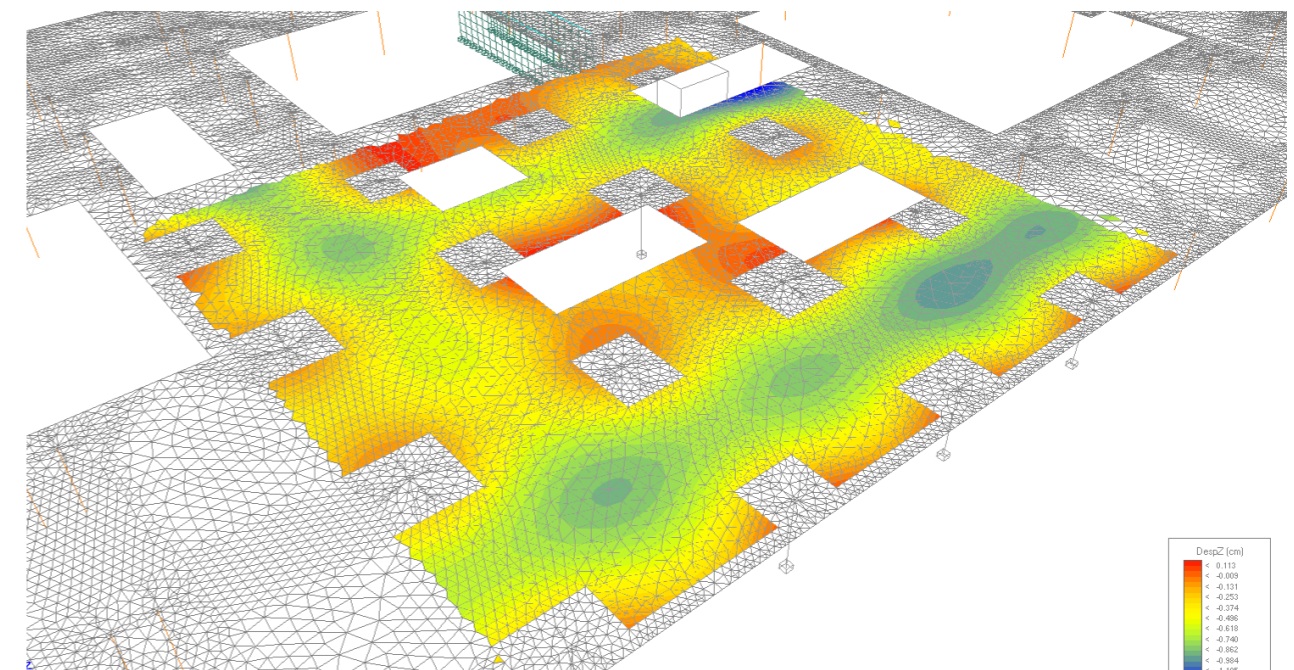


**Mx:** En la zona señalada "1", vemos que los momentos han aumentado respecto a otras zonas, seguramente debido a que el hemos agujereado el vano contiguo, provocando que toda esa zona cargue de una manera mucho más unidireccional y además sin momento negativo en el pilar por el otro agujero realizado (lo hemos convertido casi en vano exterior). En la segunda zona, sin embargo, se observa un descenso de las solicitaciones, porque el agujero ha retirado peso de esa zona, reduciendo significativamente la carga. En la tercera zona vemos un aumento de la sollicitación porque se produce de nuevo una pérdida de continuidad y se obliga a esa zona a trabajar de manera unidireccional en el eje x (tendrá negativos en el eje y, por ser voladizo)

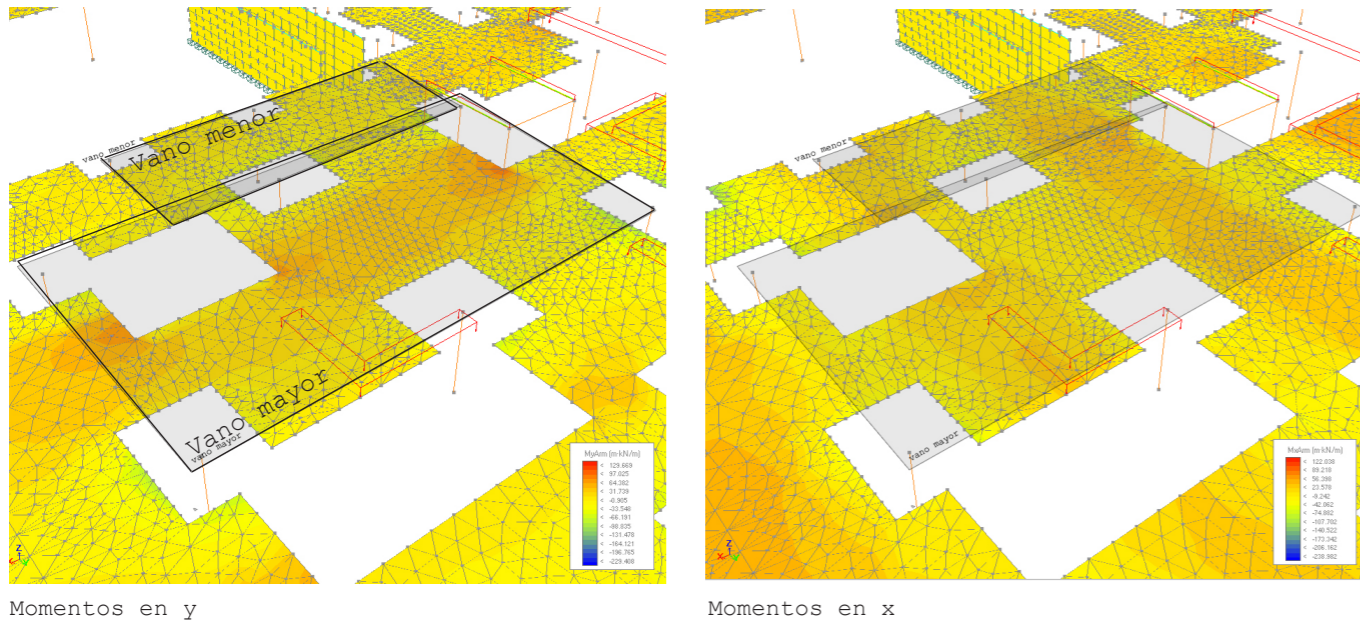


**My:** En la dirección perpendicular vemos problemas muy similares. Algunas zonas (no señaladas) se han descargado en gran medida debido a la retirada de peso al agujerear. En las zonas 4 y 5 vemos una concentración de tensiones en las esquinas de los huecos, que seguramente son debidas al cambio repentino de forma que se produce. Las cargas, que previsiblemente cargaban en dos direcciones, pasan a cargar únicamente en la dirección "y" de manera brusca. Estas zonas de conflicto, que ya habíamos avanzado, serán objeto de estudio posterior aunque muy superficialmente. En la zona 6 vemos de nuevo como al obligar a la losa a trabajar unidireccionalmente por la ejecución del hueco, convertimos ese vano en doblemente exterior, encontrándonos con momentos importantes. Aún así se ha hecho rápidamente una comprobación y la armadura existente nos valdría.

**DZ:** En el caso de los desplazamientos observamos algo evidente: en la zona del aula de 3 años una parte importante de la estructura ha quedado en voladizo, aumentando considerablemente la flecha, pero estamos en valores más que admisibles.



Explicada la redistribución de esfuerzos nos acercaremos más a la zona propiamente de estudio, para calcular el armado de los dos vanos distintos y comprobar con el existente.



### 3.7.2.1 - Vano mayor (7,56x7,90)

A través de las herramientas del programa de cálculo obtenemos los esfuerzos máximos en esa zona y los resumimos en una tabla, como hemos hecho antes, poniéndolos frente al armado existente.

| Lugar y tipo        | Momentos en X (m · kN/m) | Momentos en Y (m · kN/m) | Armadura teórica en X | Armadura teórica en Y | Armadura real existente |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| + Banda de soportes | 35                       | 36                       | 1Ø20                  | 1Ø20                  | 1Ø20                    |
| + Banda central     | 21                       | 35-40                    | 1Ø16                  | 1Ø20   2Ø16           | 1Ø16                    |
| - Banda central     | -26                      | -17                      | 1Ø20                  | 1Ø16                  | 1Ø20                    |

Al realizar los huecos, como hemos comentado, aparecen picos de momentos en la banda de soportes en la dirección y (la zona 5 antes indicada). Habría que comprobar mediante catas si efectivamente la armadura existente es una barra del 16 por nervio, y si es así reforzar toda esa zona. En primer lugar deberíamos construir refuerzos en el perímetro de los huecos y ver si son suficientes para solucionar el problema.

En refuerzo necesario es mínimo y posiblemente se podría justificar con un coeficiente de seguridad menor por tratarse de una rehabilitación. En el resto de posiciones la armadura existente cumple.

### 3.7.2.1 - Vano menor (7,56x4,10)

A través de las herramientas del programa de cálculo obtenemos los esfuerzos máximos y la armadura en esa zona y los resumimos en una tabla poniéndolos frente al armado existente.

| Lugar y tipo        | Momentos en X (m · kN/m) | Momentos en Y (m · kN/m) | Armadura teórica en X | Armadura teórica en Y | Armadura real existente eje x |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| + Banda de soportes | 15                       | -6                       | 1Ø16                  | -                     | 1Ø20                          |
| + Banda central     | 15                       | -5                       | 1Ø16                  | -                     | 1Ø16                          |
| - Banda central     | -25                      | -25                      | 1Ø20                  | 1Ø20                  | 1Ø20                          |

Como vemos, los momentos en el eje y son negativos en toda la zona, debido a una luz muy pequeña en esa dirección, en comparación con la perpendicular. En los planos de armado existente que se han calculado al principio de esta memoria se observa que en esa zona las armaduras de negativos (cara superior) se continúan casi hasta el vano siguiente, por lo que se asegura ya desde el proyecto inicial que esa zona va a estar sometida a solicitaciones negativas. Damos pues por comprobada esta zona tan pequeña y con cargas tan pequeñas.

### 3.8 - Comprobación pormenorizada del perímetro de huecos.

A continuación procederemos a aislar los huecos realizados uno por uno y a comprobar las solicitaciones en sus perímetros para ver si con la armadura base colocada en la losa se pueden absorber correctamente los picos de esfuerzos que se producen por los cambios de sección.

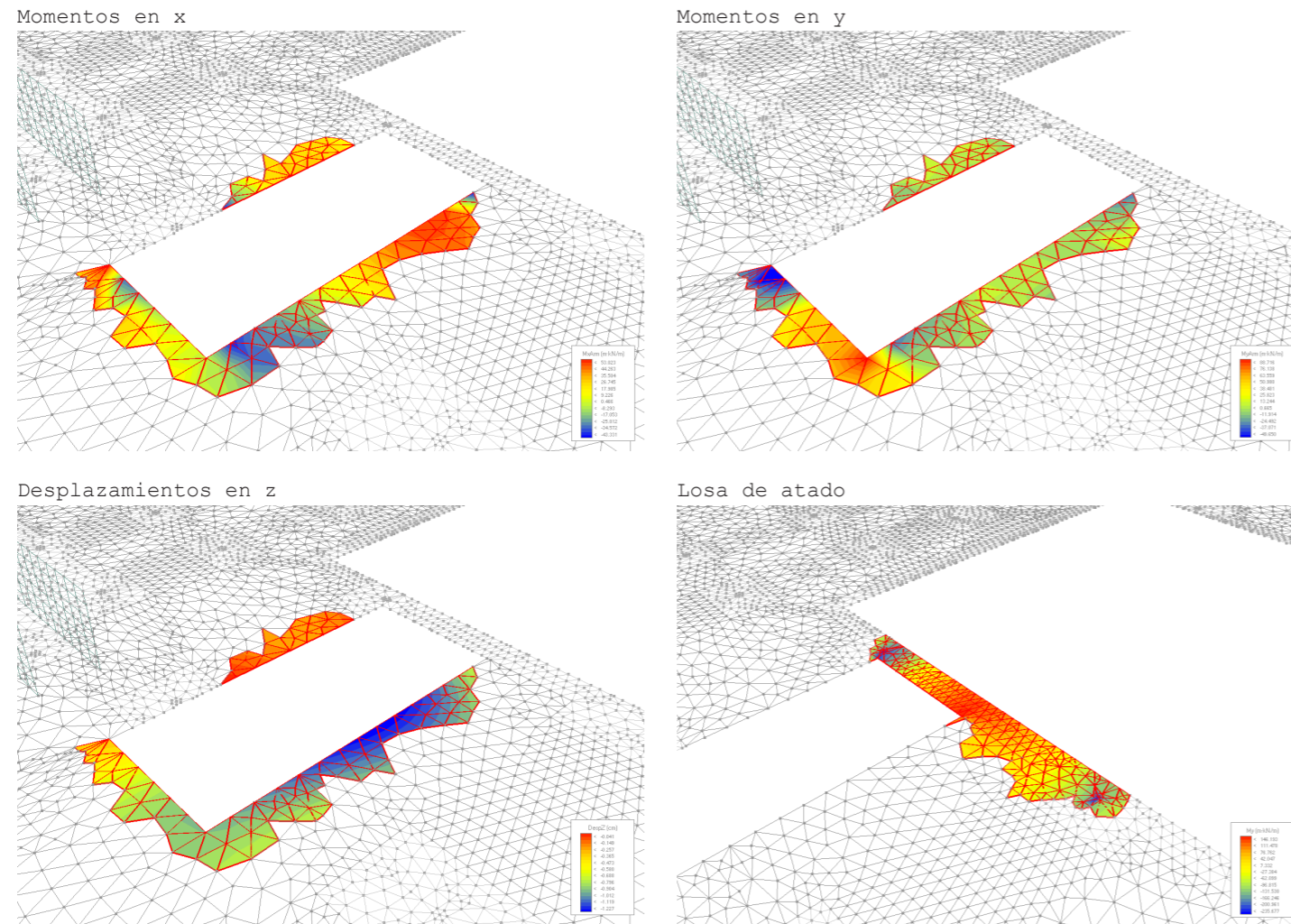
La comprobación se realiza de una manera muy superficial, pues para hacerlo correctamente habría que estudiar con gran detalle cada uno de los casos. En todos los casos que mostraremos, los picos de esfuerzos se producen en puntos en los que previsiblemente nos encontramos con nervios de la estructura (perímetro de huecos modulado como los interejos del forjado), de forma que en realidad no deberíamos trabajar con las tablas de Architrave que tienen en cuenta el kN·m por metro de forjado, sino con las tablas para ábacos, por ser el nervio una zona macizada en todo el canto. Si comprobásemos así, nos daríamos cuenta de que la mayoría de puntos conflictivos se solucionan sin necesidad de reforzar, pero dado que esto necesitaría de un estudio con más profundidad, simplemente propondremos la colocación de refuerzos en las zonas en las que las solicitaciones superan a las de la armadura existente.

### 3.8.1- Patio del aula de 3 años

En este caso aparecen momentos positivos de  $88 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$  en una de las esquinas del hueco, debido al cambio de sección, y por tanto nos veríamos en principio obligados a reforzar sobre la armadura base, calculada para unos  $44 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$

También aparecen negativos importantes fuera de las zonas de los ábacos, es decir, en puntos en los que no está garantizada la armadura superior, por lo que también habría que reforzar. En esas zonas nos encontramos con armaduras sobre los nervios de una barra de 20mm, y necesitaríamos para el momento negativo existente de al menos 2 de 16mm.

En cuanto a los desplazamientos, como vemos se produce un descenso de 1,227cm en uno de los bordes del hueco, pero se trata de un desplazamiento dentro de lo admisible (1,33cm como se ha comentado en la parte de desplazamientos verticales de la memoria)



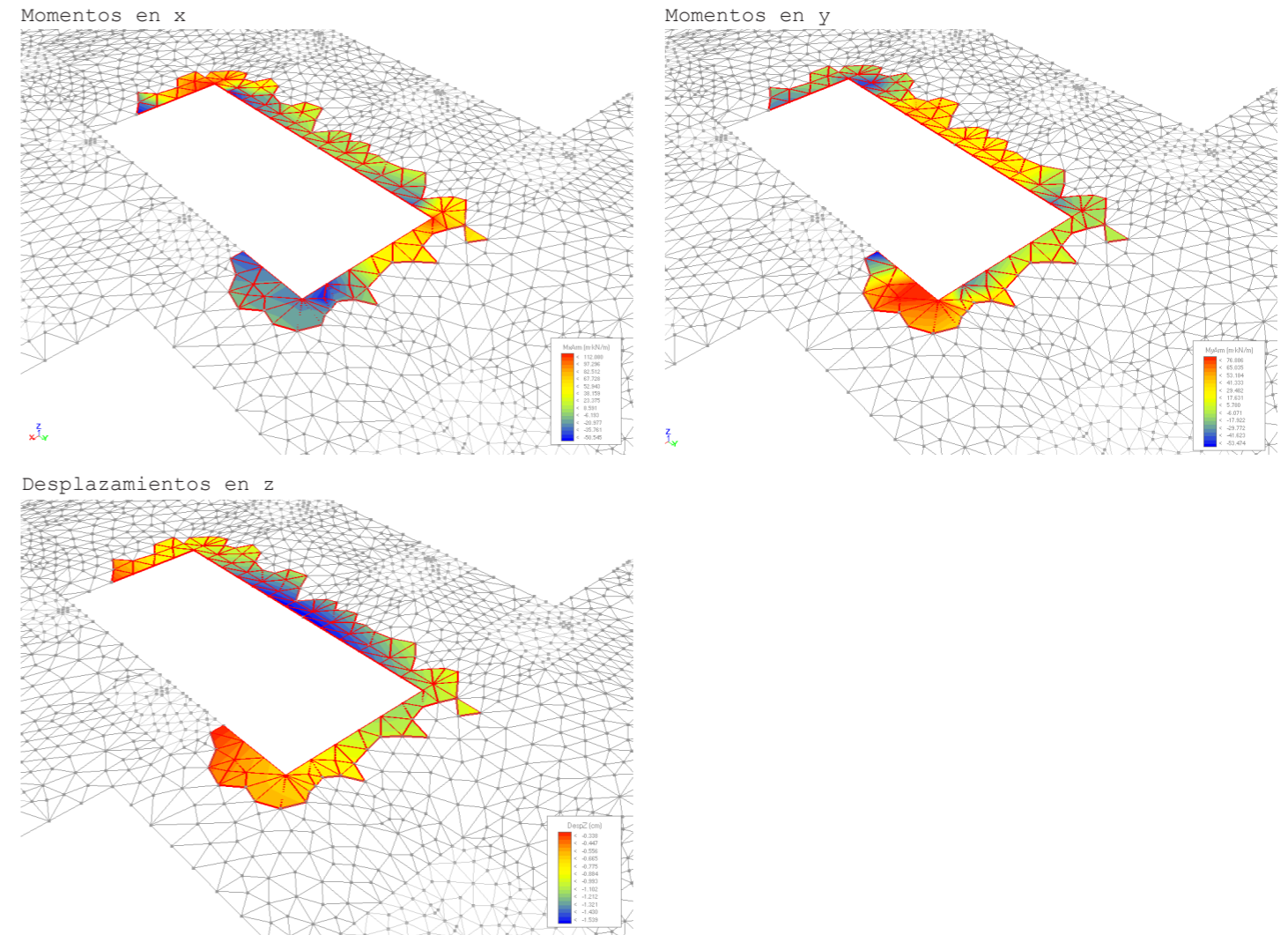
Nos encontramos además con un punto particular, que es la **losa de atado entre pilares**. En el borde oeste del patio aparece una losa maciza de hormigón de nueva construcción que se construye para unir y solidarizar ambos pilares, a modo de viga plana de 90cm de anchura.

El esfuerzo máximo al que está sometida la losa,  $M_{yarm}$ , es de  $150 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$ . Dado que el elemento tiene 0,90 metros de anchura, se ve sometido a  $135 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$ . Para soportar ese esfuerzo buscamos el armado necesario en las tablas que Architrave proporciona para armar ábacos, obteniendo barras de 16mm cada 10cm.

### 3.8.2- Patio del aula de 4 años

Observamos momentos positivos máximos en algunas zonas de hasta  $112 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$ , por lo que seguramente habría que reforzar teniendo en cuenta que las armaduras colocadas son para  $40\text{-}45 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$ . Ni siquiera nos valdría decir que el nervio absorbe el momento, porque la zona afectada se extiende más allá. Seguramente estos momentos se producen por la inexistencia de un zuncho perimetral en el hueco capaz de redistribuir los esfuerzos de manera más efectiva.

Es también destacable la existencia de momentos negativos para los que el forjado no está preparado en puntos de centro de vano en las zonas en las que el forjado queda descolgado, que son además las zonas en las que más flecha se produce de toda la losa. Momentos negativos de hasta  $-50 \text{ m}\cdot\text{kN/m}$  que obligan también a plantear la necesidad de reforzar toda la zona.



En otros casos las zonas de negativos se acercan a los ábacos, que son zonas armadas para estos esfuerzos y por tanto no habría necesidad de refuerzos. Aún así, habría que estudiar más en detalle cada uno de estos puntos.

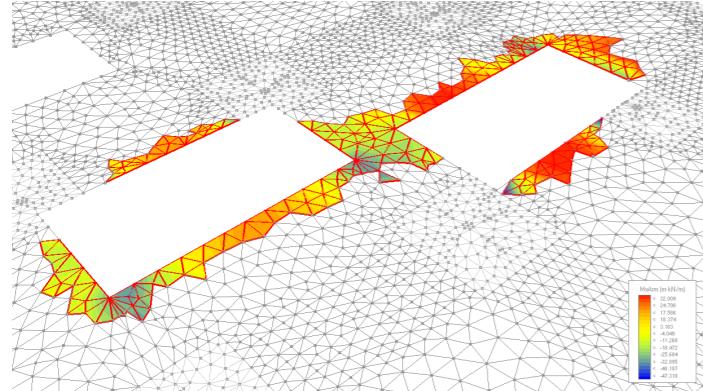
En cuanto a los desplazamientos, en este hueco en particular, como se ha comentado, la estructura queda descolgada, y se producen desplazamientos de hasta 1,53cm. El desplazamiento admisible máximo es de 1.33cm, y por tanto se justifica aún más la colocación de refuerzos que también reducirían esta flecha.

### 3.8.3- Patios de las aulas de 5 años

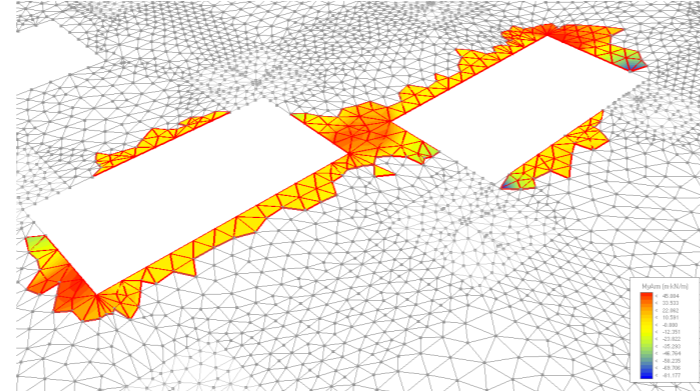
Posiblemente estos son los huecos que menos afección producen a la estructura, por su posición respecto a los soportes. Los momentos positivos y negativos que se producen en los bordes están dentro de lo admisible para la estructura existente, y la distribución de esfuerzos no cambia drásticamente.

Los desplazamientos tampoco son importantes (máximos de 0,47cm) para luces de 8 metros.

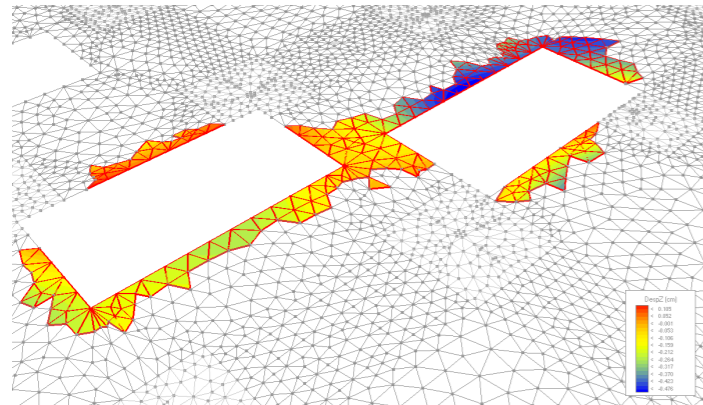
Momentos en x



Momentos en y



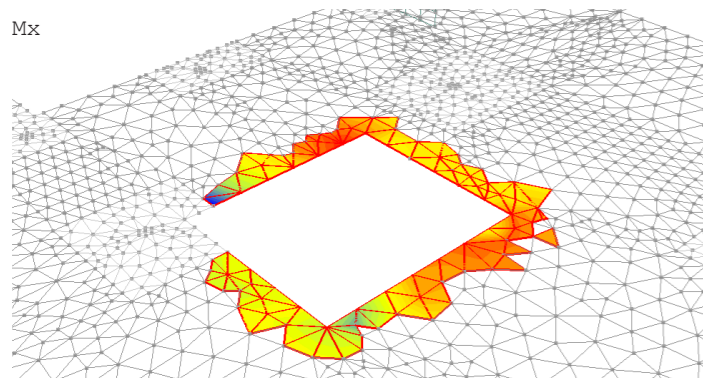
Desplazamientos en z



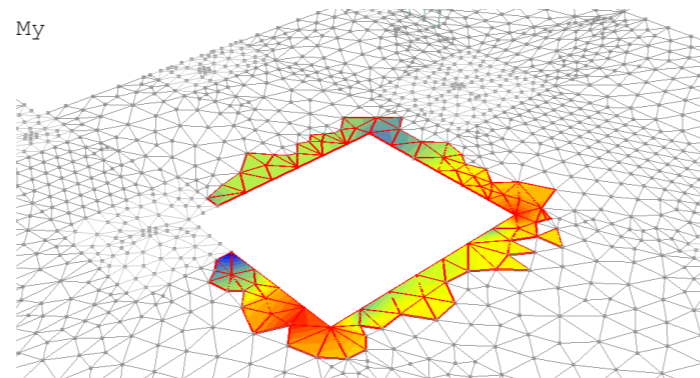
### 3.8.4- Hueco para el lucernario

Observamos momentos máximos en el borde del hueco, por las razones ya comentadas en varias ocasiones. Aparecen momentos de hasta 70 m·kN/m positivos en dos de las esquinas, por lo que habría que diseñar un refuerzo, o bien tener en cuenta la existencia del nervio macizo de hormigón como se ha comentado al principio de este apartado (la armadura existente está calculada para 40-45 m·kN/m). En cuanto a los negativos, aparecen muy cerca de los ábacos y con valores bajos para provocar problemas. Los desplazamientos también son mínimos, dentro de lo admisible. En el plano adjunto se propone una posible solución al momento positivo.

Mx



My



### 3.8 - Pandeo de soportes.

En algunos casos hay soportes en los que se duplica la longitud de pandeo por la demolición del forjado intermedio. En esos casos habría que "encamisarlos" para permitir que cierto porcentaje de los esfuerzos axiales se desvían por el refuerzo hasta el soporte inferior, reduciendo las cargas de compresión y por tanto el pandeo. Se ha decidido no calcular estos refuerzos, porque se ha puesto todo el interés en el estudio de la losa de hormigón.

### 3.9 - Conclusiones sobre la viabilidad de la reforma.

Como hemos podido observar, salvo pequeñas excepciones, el armado existente cumple en la mayoría de las zonas de la losa, por lo que se refuerza la validez de los huecos, su posición y dimensión, a partir de un estudio analítico de la estructura.

## 4. ANEXO CONSTRUCTIVO

### 4.1.- Realización de huecos en forjados de hormigón armado

La realización física de los huecos en el forjado de hormigón era algo que me preocupaba por desconocimiento. Tras encontrar decenas de empresas que se dedican justamente a eso, y ver algunas fotografías que adjunto, me quedé algo más tranquilo. No solo se pueden realizar corte perfectamente rectos en forjados (y mucho más fácil si son cubiertas) de hasta 600mm de espesor; sino que también se puede hacer perforaciones circulares de gran diámetro, perfectas para los lucernarios que aparecen perforando la cubierta en algunas zonas.



#### 4.2.- Realización de refuerzos en forjados de hormigón

También hay, para temas de rehabilitación, reparación o reforma, gran cantidad de soluciones a la hora de mejorar el comportamiento de una losa horizontal. Hay empresas que comercializan, por ejemplo, refuerzos de fibra de carbono para losas de hormigón que permiten incluso incrementar las cargas sobre el forjado tras la colocación del refuerzo (hay algún ejemplo en la red de hasta 2,5kN/m<sup>2</sup> de incremento de carga). Cito textualmente:

*"El refuerzo estructural con FRP es muy eficaz en la reparación y el fortalecimiento de las losas y cubiertas. Debido a que la capacidad del momento de la losa o cubierta se debe a la combinación resultante de la resistencia a la tracción y compresión. En la mayoría de los casos, la cubierta o losa tiene suficiente resistencia a la compresión y solo requiere refuerzo estructural en el momento positivo. Entre las ventajas más importantes para el refuerzo estructural con fibra de carbono de las losas encontramos las siguientes:*

*Aumento de Resistencia a la flexión de tanto de positivos como negativos*

*Aumento de rigidez la losa y la reducción de las deformaciones producto de las cargas de servicio*

*Reducción de la sección fisurada para una mayor durabilidad*

*Aplicación de una fracción del refuerzo estructural en la superficie de la losa puede ser suficiente para el fortalecimiento de toda la losa*

*Una vez reforzada la losa mantiene las dimensiones originales"*

Este hecho me deja tranquilo a la hora de proponer refuerzos, que en principio me parecía algo muy complicado. No solo existen soluciones con fibra de carbono, sino muchas otras como recrecidos de hormigón en la cara superior, o refuerzos de acero.

#### 4. REFLEXIÓN FINAL

El estudio de la estructura se aborda desde el desconocimiento casi completo sobre el armado y dimensionado de losas de hormigón (tanto macizas como reticulares). Este hecho, que puede parecer en principio trivial, hace que la motivación a la hora de enfrentarlo sea mucho mayor, por ser la última oportunidad por aprender sobre estos temas antes de salir de la escuela. Se plantea no solo como un estudio puramente estructural, sino también con una componente de investigación y búsqueda en torno a las normativas y a su transformación a lo largo de los años.

Este documento se añade a la investigación global realizada para el proyecto, de forma que **desde todos los ámbitos el proyecto se ve alimentado por información antes desconocida, dando validez a muchas decisiones, en principio subjetivas, desde puntos de vista distintos**. Al mismo tiempo, el "empezar desde los orígenes" que se plantea en esta memoria permite entender mejor el proceso de cálculo y armado de la losa, y no solo eso, sino también cómo se distribuyen los esfuerzos, o cuáles son los puntos conflictivos a la hora de *peritar* una estructura horizontal de hormigón.

Este estudio, que podría haberse realizado en mucha más profundidad, araña la superficie de los problemas a los que nos enfrentamos cuando abordamos la rehabilitación o reforma de un edificio existente, y es por eso por lo que despierta gran interés y es de importante aplicación práctica actualmente.

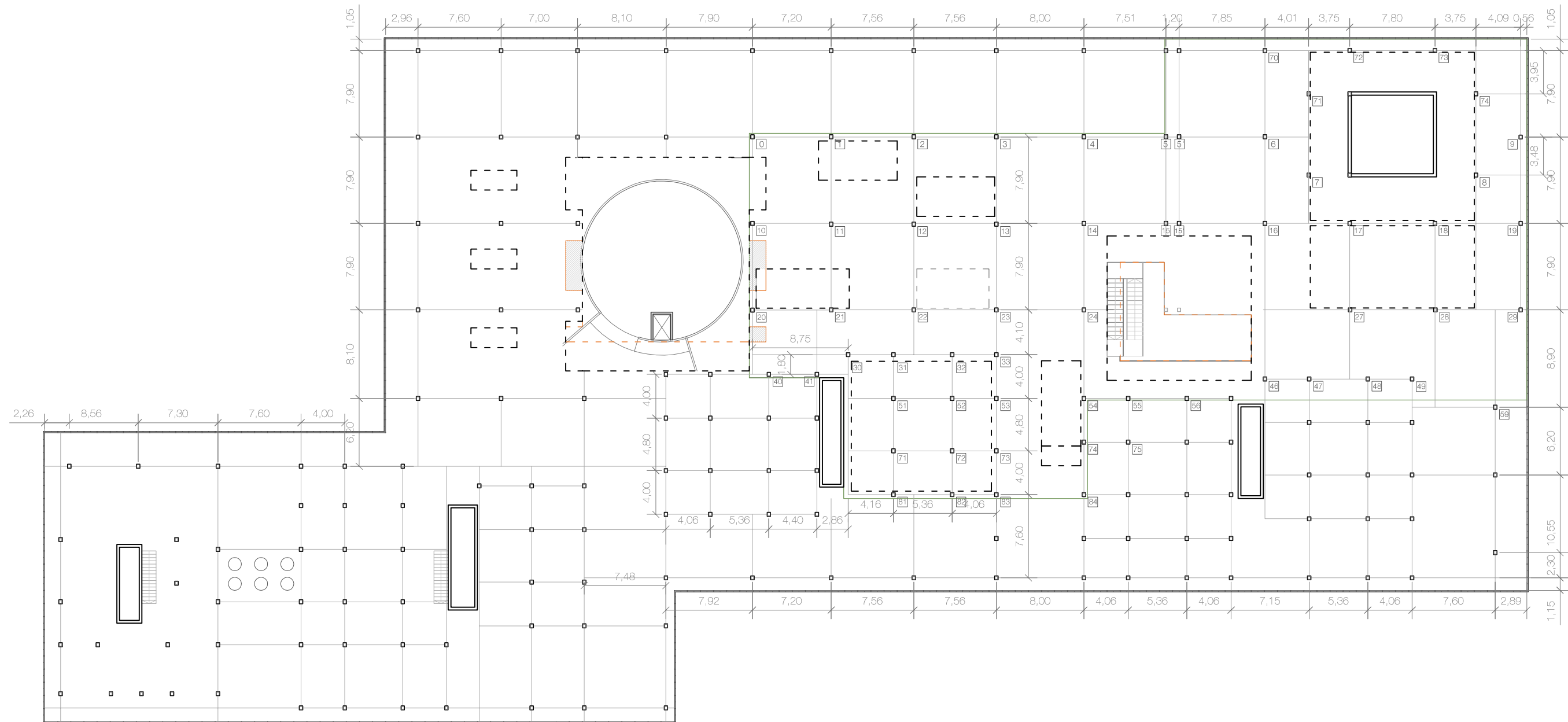
Además, ha sido fascinante poder trabajar la misma estructura desde dos puntos de vista completamente distintos separados por el tiempo. Por una parte mirar la estructura como la miraron cuando la construyeron, y después mirarla como si se fuera a construir ahora, pone en evidencia la transformación que se ha producido a la hora de entender las losas bidireccionales a lo largo de todos estos años. Desde la existencia de unas bandas de soportes y centrales, que se arman de manera distinta como simplificación a la forma en la que los esfuerzos se distribuyen, hasta el entendimiento de la losa como un elemento de superficie que trabaja en muchas direcciones distintas, lo que conlleva la desaparición de bandas, puesto que se puede calcular el esfuerzo en cualquier punto en todo momento. Ya no se arma por bandas, sino automáticamente por solicitaciones, reduciendo en gran medida el acero necesario, y abaratando las estructuras. Aún así, es interesante comprobar como un método de hace 50 años aún es válido para obtener resultados (puesto que el armado que sale con métodos actuales es prácticamente el mismo) en losas convencionales.

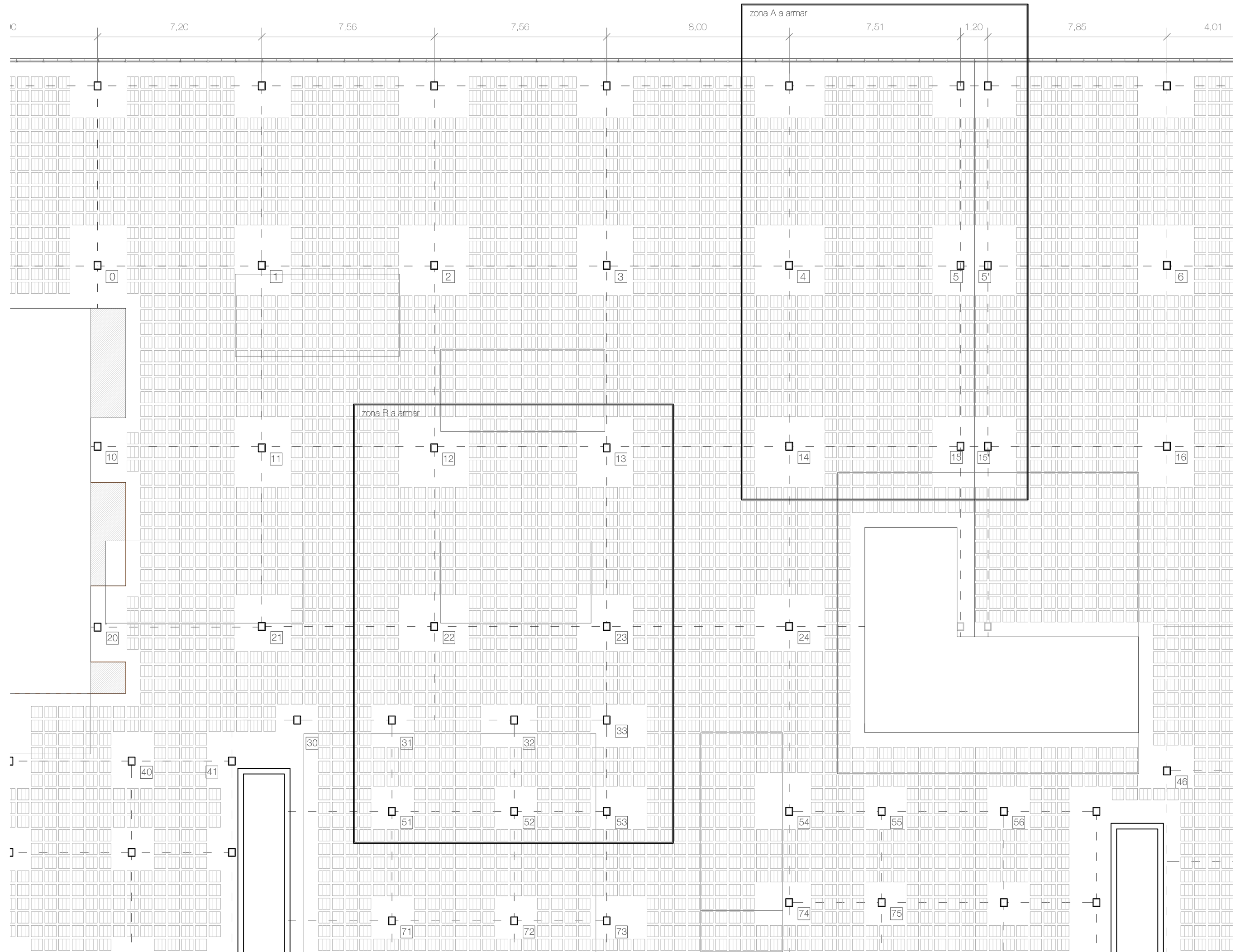
Y es sobre todo interesante confrontar las dos miradas hacia la misma cosa, porque lo que no se entiende en una, se acaba por entender en la otra. Con esto quiero insinuar no solo que ambos métodos tienen algo que aportar, sino que conocer simplemente el actual no parece del todo completo. Se vuelve a constatar esa necesidad de mirar hacia atrás para ir hacia delante, que es de lo que trata todo este proyecto.

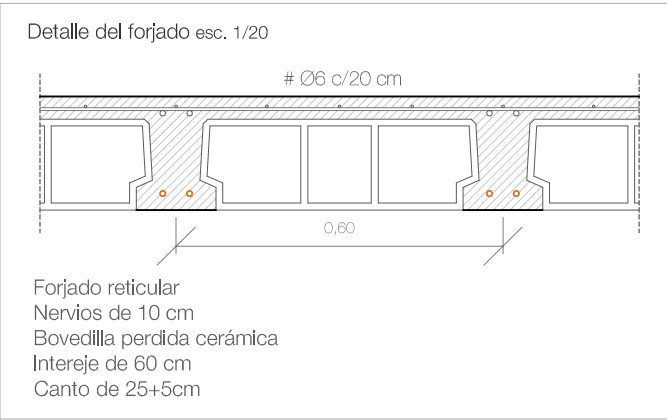
Un ejercicio bonito.

Información gráfica de la estructura

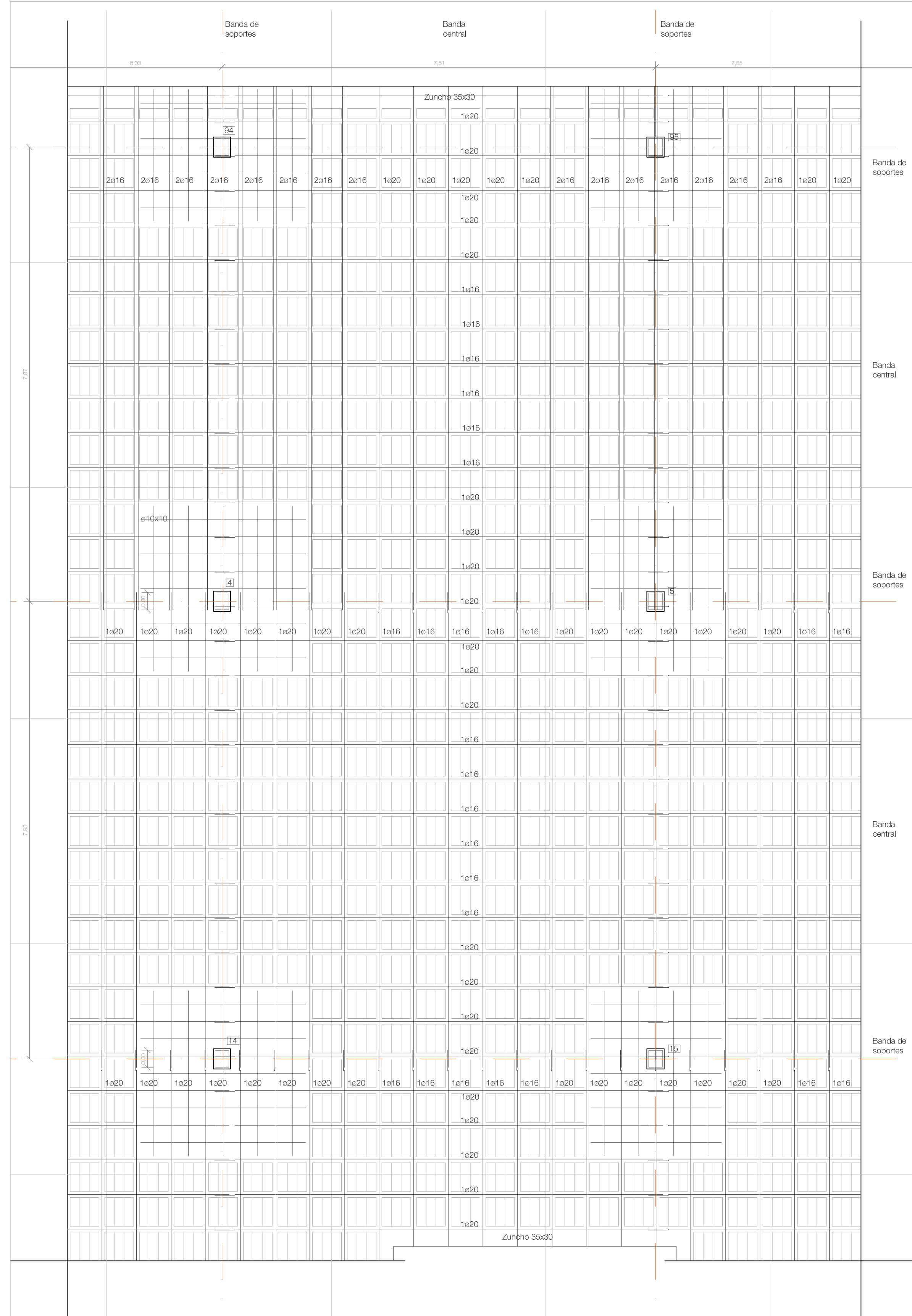






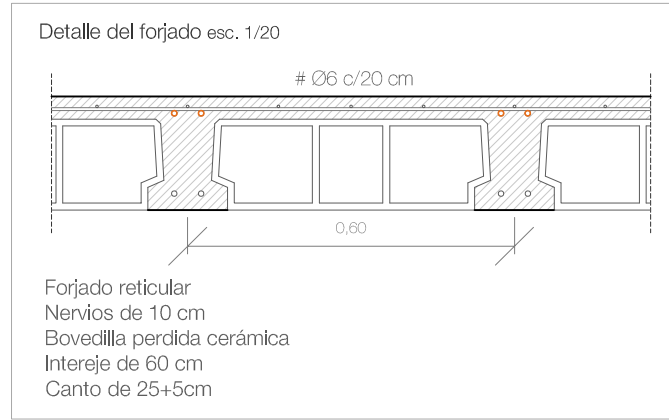


Es importante recalcar que estamos siendo completamente fieles a la NTE-EHR (la normativa con la que supuestamente se armó esta losa), pero seguramente al final se optara por utilizar menos tipos de barras, para evitar problemas de ejecución. Esto significa que posiblemente todos los nervios en las mismas zonas se resolvieron con la misma sección de acero. Por ejemplo, no se distinguirá entre vanos extremos o interiores, y por tanto se colocará más acero del necesario. Nosotros nos colocamos en el caso más desfavorable, en el que se coloca la sección de acero estrictamente necesaria por tablas para cada zona.

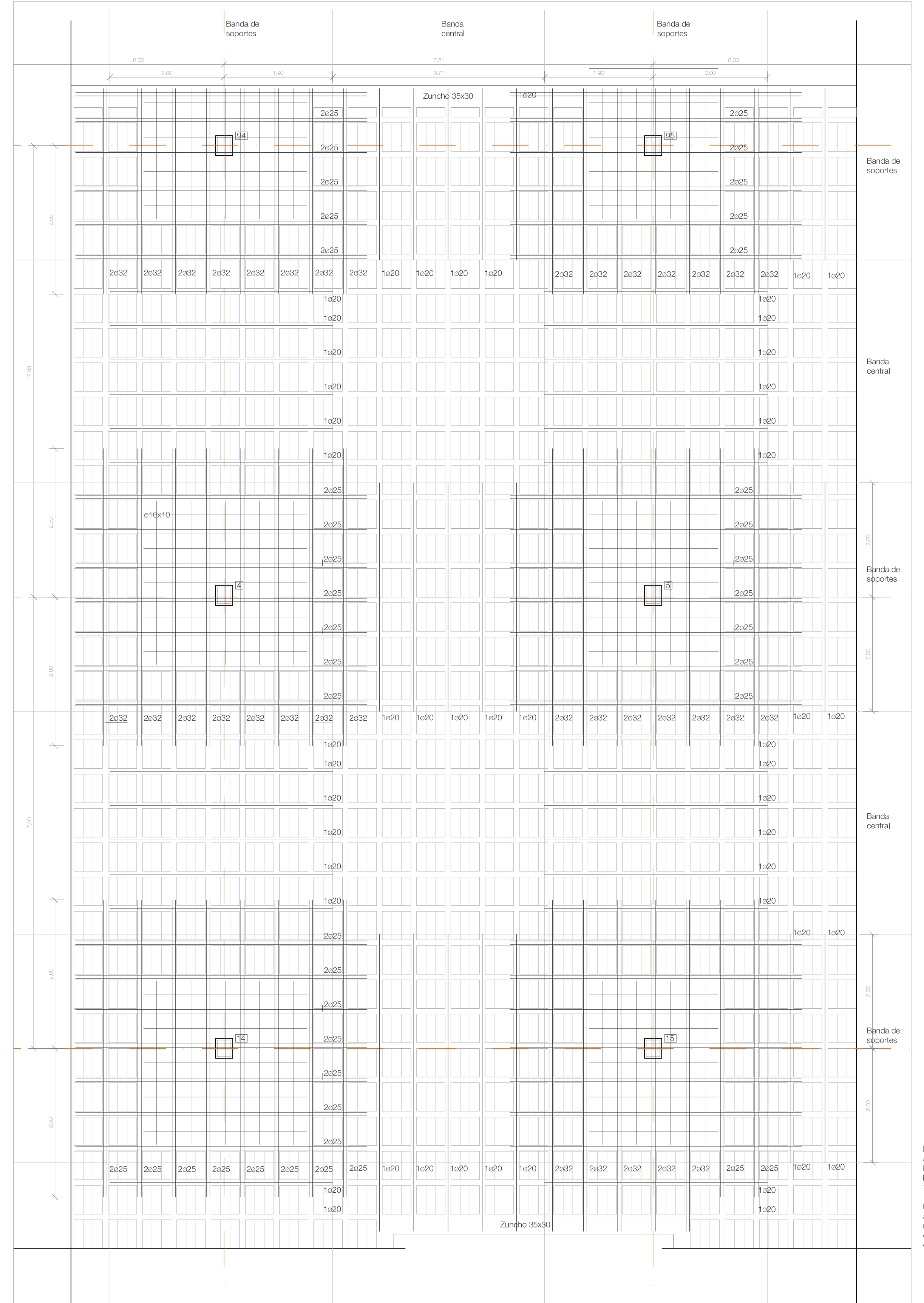


El armado del abaco, además de las armaduras de los nervios, consiste en barras de 10mm de diámetro en los interjeles del entrelgado, separadas 10cm de los bordes del abaco

El armado de los zunchos, de 35x30cm, además del que le corresponde como nervio de la banda de soportes, consiste en 6 armaduras de 14mm, con cercos de 8mm cada 15cm

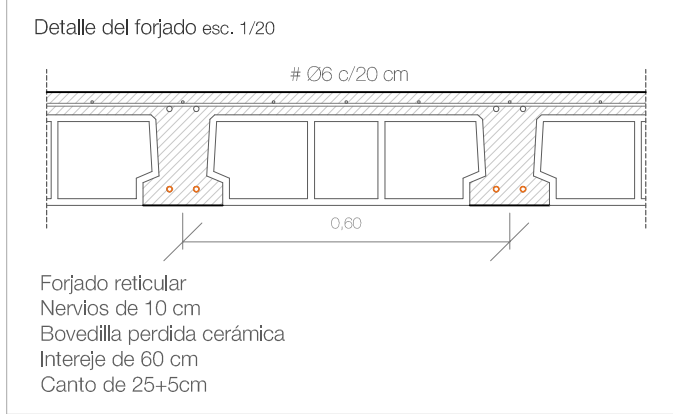


Es importante recalcar que estamos siendo completamente fieles a la NTE-EHR (la normativa con la que supuestamente se armó esta losa), pero seguramente al final se optara por utilizar menos tipos de barras, para evitar problemas de ejecución. Esto significa que posiblemente todos los nervios en las mismas zonas se resolvieron con la misma sección de acero. Por ejemplo, no se distinguirá entre vanos extremos o interiores, o entre las dos direcciones en los abacos, y por tanto se colocará más acero del necesario. Nosotros nos colocamos en el caso más desfavorable, en el que se coloca la sección de acero estrictamente necesaria por tablas para cada zona.

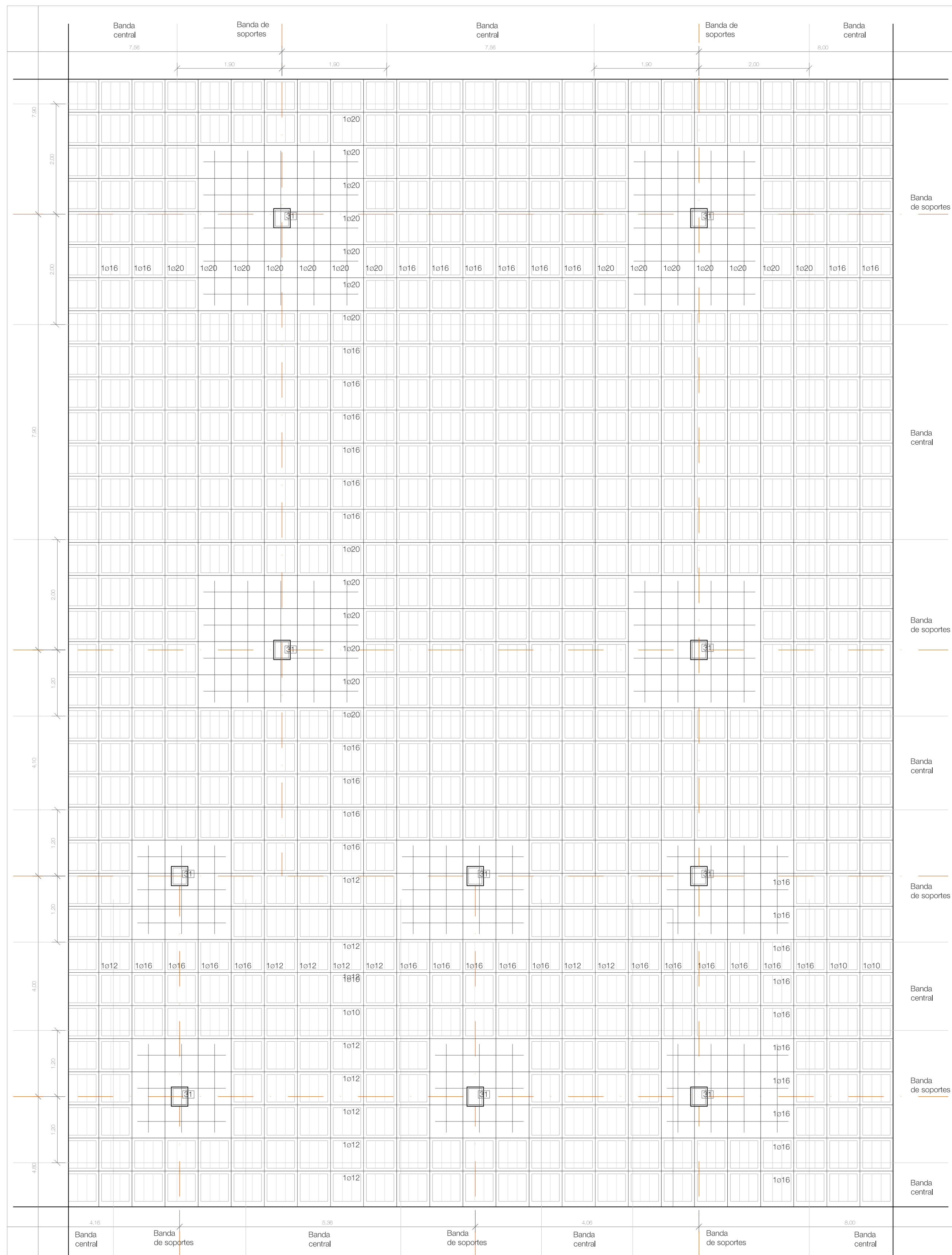


El armado del abaco, además de las armaduras de los nervios, consiste en barras de 10mm de diámetro en los interjeles del entrelgado, separadas 10cm de los bordes del abaco

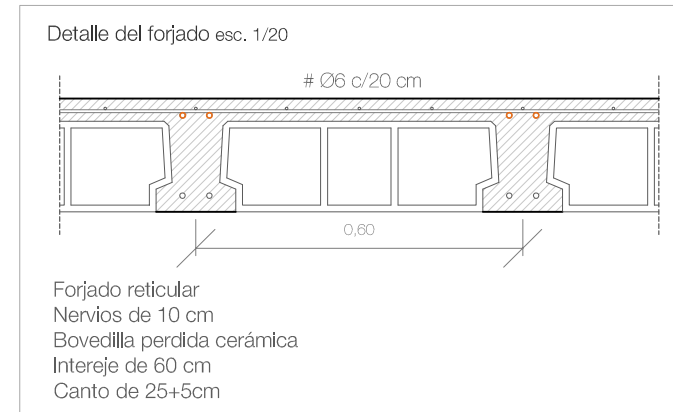
El armado de los zunchos, de 35x30cm, además del que le corresponde como nervio de la banda de soportes, consiste en 6 armaduras de 14mm, con cercos de 8mm cada 15cm



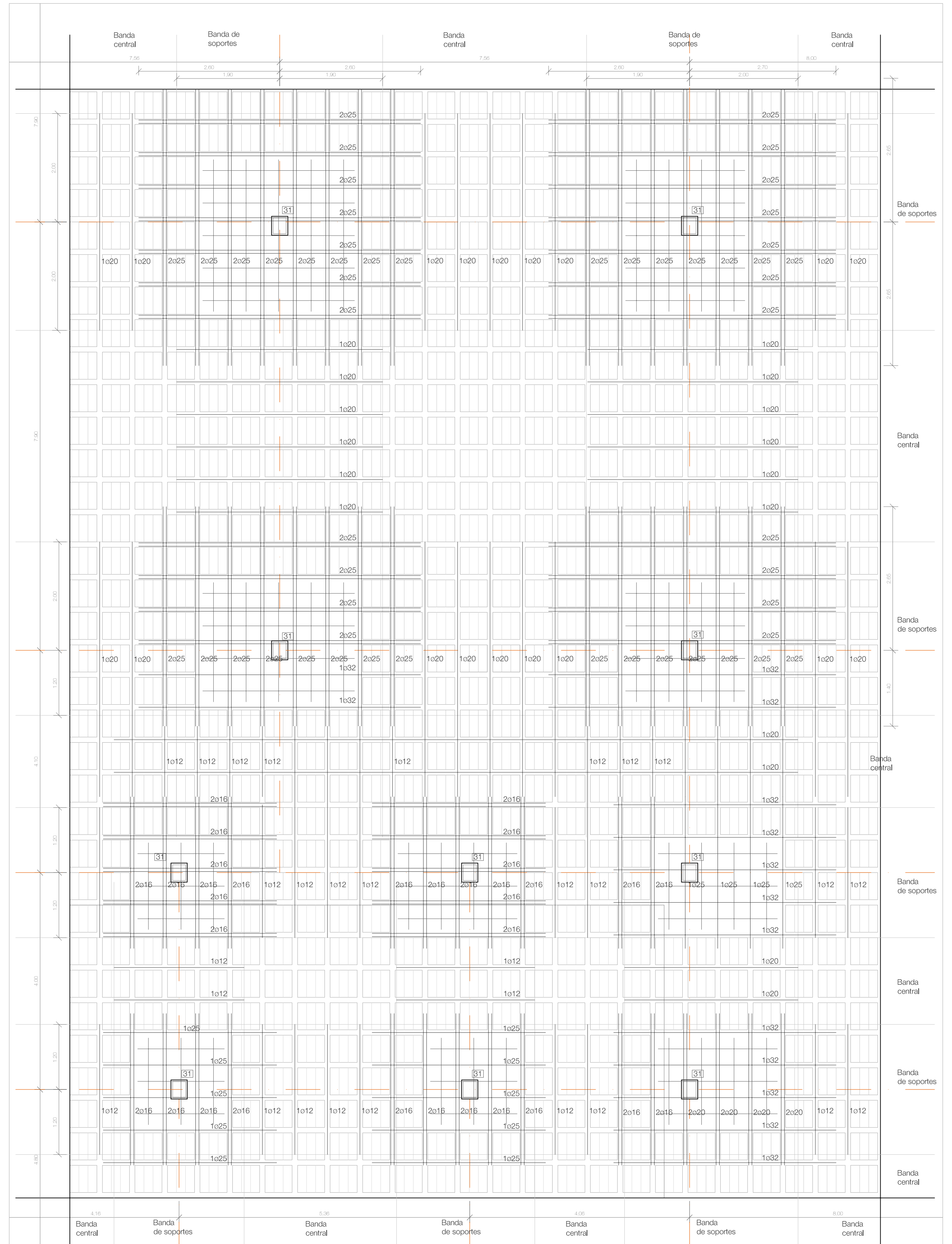
Es importante recalcar que estamos siendo completamente fieles a la NTE-EHR (la normativa con la que supuestamente se armó esta losa), pero seguramente al final se optará por utilizar menos tipos de barras, para evitar problemas de ejecución. Esto significa que posiblemente todos los nervios en las mismas zonas se resolvieron con la misma sección de acero. Por ejemplo, no se distinguirá entre vanos extremos o interiores, o entre las dos direcciones en los abacos, y por tanto se colocará más acero del necesario. Nosotros nos colocamos en el caso más desfavorable, en el que se coloca la sección de acero estrictamente necesaria por tablas para cada zona.



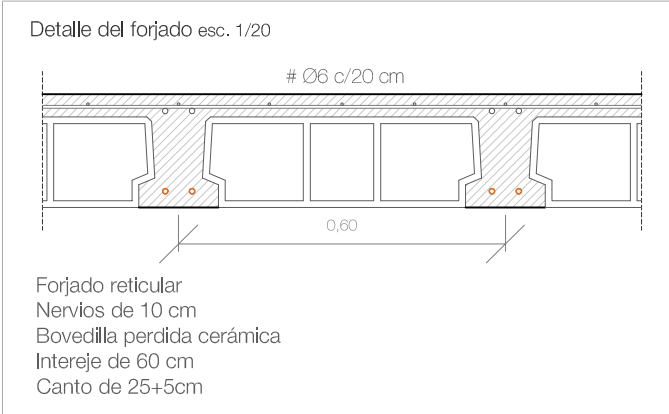
El armado del ábaco, además de las armaduras de los nervios, consiste en barras de 10mm de diámetro en los interejes del entrelazado, separadas 10cm de los bordes del ábaco



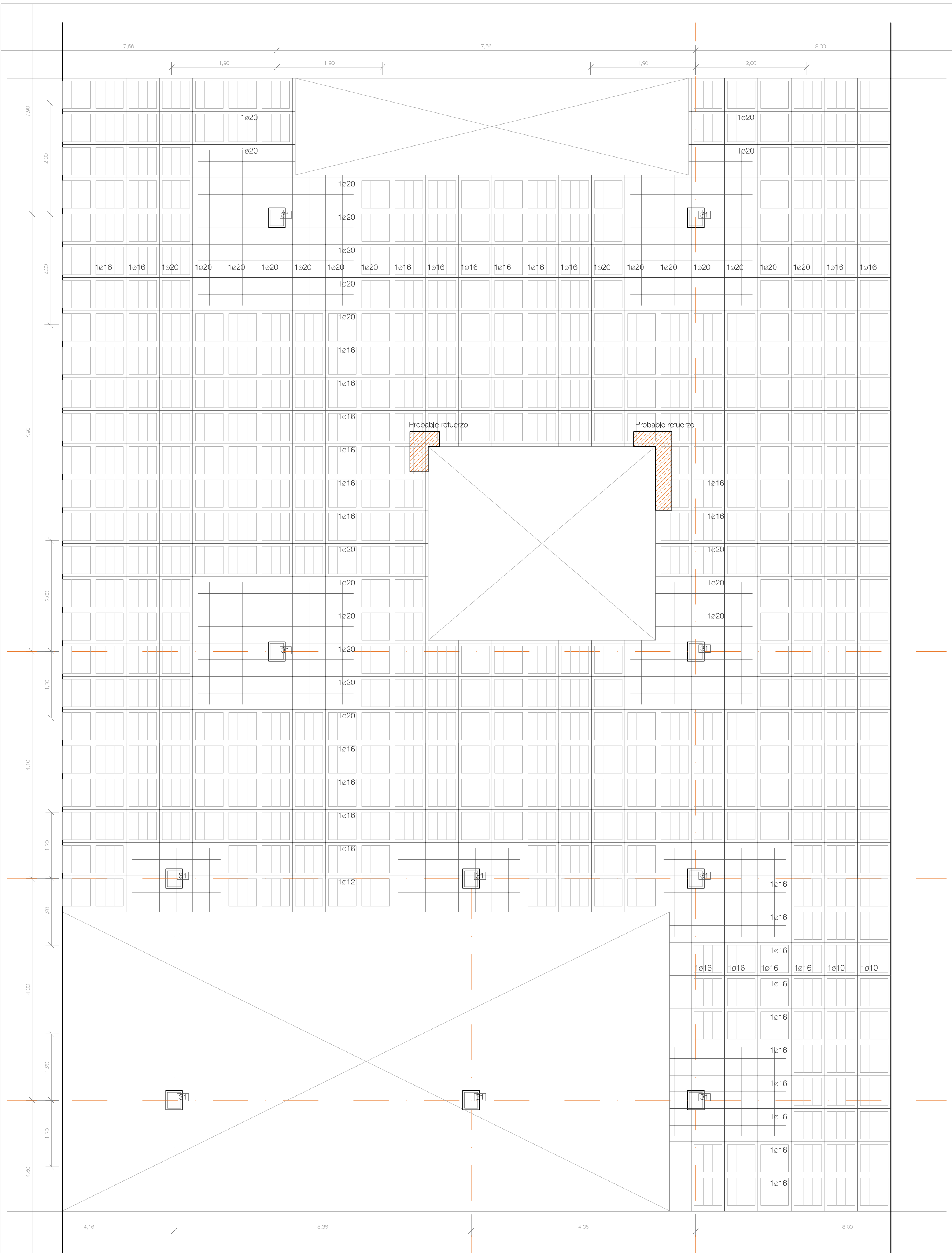
Es importante recalcar que estamos siendo completamente fieles a la NTE-EHR (la normativa con la que supuestamente se armó esta losa), pero seguramente al final se optará por utilizar menos tipos de barras, para evitar problemas de ejecución. Esto significa que posiblemente todos los nervios en las mismas zonas se resolvieron con la misma sección de acero. Por ejemplo, no se distinguirá entre vanos extremos o interiores, o entre las dos direcciones en los abacos, y por tanto se colocará más acero del necesario. Nosotros nos colocamos en el caso más desfavorable, en el que se coloca la sección de acero estrictamente necesaria por tablas para cada zona.



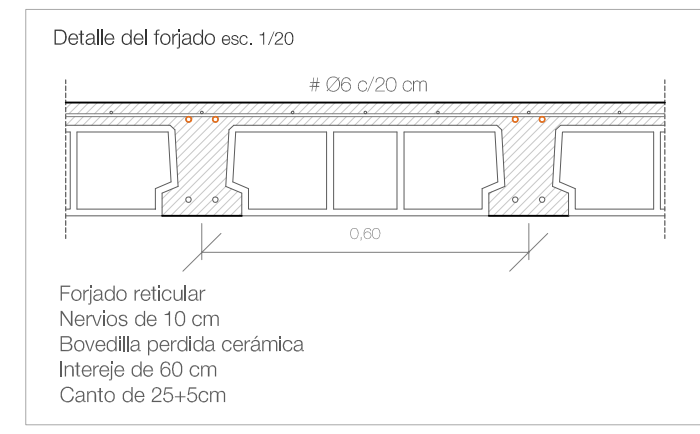
El armado del ábaco, además de las armaduras de los nervios, consiste en barras de 10mm de diámetro en los interejes del entrelazado, separadas 10cm de los bordes del ábaco



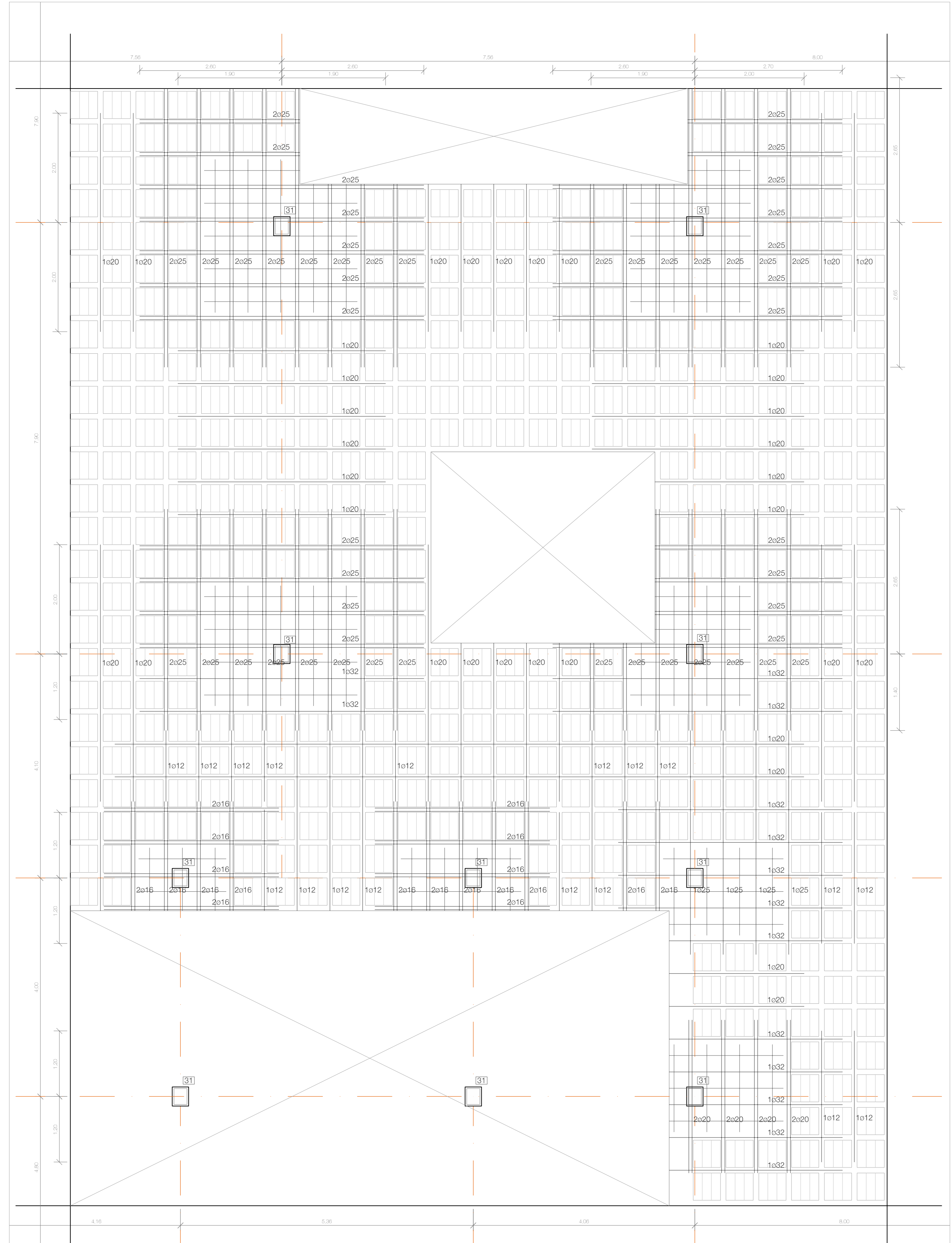
En las zonas en las que se dibujan posibles refuerzos se producen momentos de hasta 70kn-m/m positivos. Habrá que tener en cuenta que estos momentos se producen justamente en las zonas de los nervios de hormigón, y a los pocos centímetros se convierten en esfuerzos mucho más bajos. Son esfuerzos muy puntuales y que por tanto debería absorber el propio nervio con facilidad. De hecho, se comprueba que para el esfuerzo de 70 kN-m/m, suponiendo el nervio como losa maciza a flexión de canto 30cm, se necesitaría una barra del 12 cada 10 cm. En ese nervio en concreto en el que se produce la flexión, hay en estos momentos una barra de 20, que podríamos suponer capaz de absorber por completo este esfuerzo, además del momento hasta la mitad de la bovedilla contigua.



Comprobación del armado inferior zona B esc. 1/50



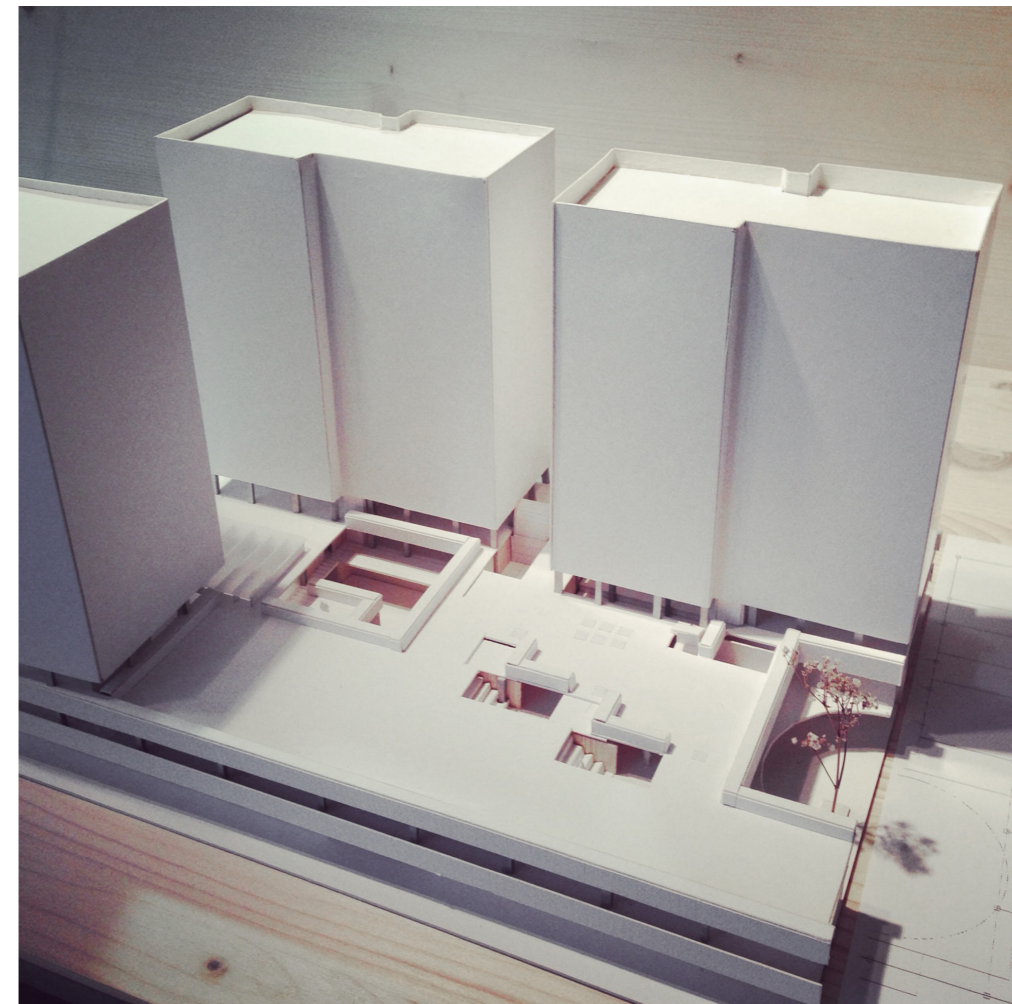
A la vista del armado existente en las zonas en las que aparecen momentos negativos mayores debido a los huecos, se puede garantizar el correcto trabajo de la estructura sin necesidad de refuerzos. No obstante, habría que estudiar el resto de huecos (que no aparecen en este plano de armado) pormenorizadamente de la misma manera. Esto es simplemente un esbozo del proceso a seguir



Comprobación del armado superior zona B esc. 1/50

## *unas instalaciones tendidas*

En resumen: las instalaciones circulan por el perímetro. Agua caliente sanitaria y agua para calefacción con caldera de gas y colectores solares en la cubierta del gimnasio, fluido para aire acondicionado con bomba de calor eléctrica. El aire se calienta y se enfría con unidades en el perímetro, que además resuelven la ventilación. Las bajantes y colectores se llevan por el falso techo de planta baja, y las luminarias quedan en su mayoría vistas en el techo.



CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria

## CTE DB-HS4

### Suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria

#### 1.- Descripción 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:

##### 1. Acometida:

La acometida es en realidad una derivación que se realiza en la acometida existente de una de las torres, porque es un tramo de instalación ya realizada. Se elige la torre aislada de la esquina noreste, por su situación cercana al punto en el que se resolverá el inicio de la instalación.

##### 2. Instalación interior general

Formada por el contador general.

##### 3. Derivaciones interiores

Conjunto de conductos verticales (montantes) y horizontales que abastecen las tomas de agua, siempre disponiéndose a lo largo de todo el perímetro de la escuela, que tiene el espacio necesario. En cubierta se colocan bajo el suelo flotante.

Los espacios que requieren suministro de AF son: la cocina, los aseos y las tomas de agua en patios, tanto para consumo como para higiene.

#### 2.- Descripción de los elementos que componen la instalación de Agua Fría

##### 1. Acometida o derivación:

Enlaza la instalación general del edificio con la Red General de distribución. Se requiere únicamente una llave en este tramo de la instalación, pues la llave de toma, y la de registro, ya están construidas. Se coloca por tanto una llave de corte general, ubicada en la planta baja de la torre existente, junto a los contadores de las viviendas. En caso de que no se pudiera utilizar la acometida existente, se propone la construcción de una nueva en la calle Álvaro de Bazán.

##### 2. Instalación interior general

El contador se alojará en un armario en la zona de acceso en planta baja a la escuela. Estará dotado de iluminación eléctrica y desagüe. En esta hornacina también se dispondrá:

- a. Llave de corte general
- b. Válvula de retención que impida que el agua pueda retornar desde el edificio a la red general
- c. Llave de comprobación
- d. Llave de salida, que da paso al tubo de alimentación.

No es necesario un equipo de bombeo, puesto que al estar construida la escuela en una planta primera (y segunda), 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.

##### 3. Derivaciones interiores

Existen dos *montantes* de agua fría, que discurren verticalmente por patinillos registrables. Uno de ellos es para llevar agua desde planta baja hasta planta primera, y el otro para llevarla desde la primera hasta la cubierta, en un lugar próximo al núcleo húmedo, reduciendo las distancias de conductos.

*Derivaciones particulares*, que discurren horizontalmente por el perímetro de la escuela desde el montante hasta los distintos núcleos de aseos y la cocina. En cada local húmedo se dispone una llave de corte que reúna todos los aparatos.

*Derivaciones de los aparatos.*

#### 3.- Descripción general de la instalación de Agua Caliente Sanitaria

El código técnico de la edificación indica que todos los edificios de nueva construcción están obligados a cubrir parte de la demanda de agua caliente sanitaria (hasta un 60% en Valencia) a través de captadores solares y otros sistemas que garanticen el uso de energías renovables. En nuestro caso utilizaremos colectores solares, junto a un sistema de apoyo. La instalación de producción de ACS contiene:

##### 1. Circuito primario:

Es el circuito que se encarga de la producción de ACS a través de los colectores solares. Consiste en la recirculación de agua a través de los captadores, y en la transmisión de esta energía al circuito secundario.

##### 2. Circuito secundario o de intercambio:

Es el circuito que transmite la energía captada en los colectores desde el circuito primario al sistema de acumulación, y en última instancia, a las derivaciones interiores. Consiste en la recirculación de agua a través de intercambiadores (acumulador con serpentín o intercambiador de placas).

##### 3. Sistema de acumulación y apoyo:

Se encarga por una parte de acumular la energía producida en los captadores, y en caso de que esta energía no fuera suficiente para alcanzar las temperaturas deseadas, se encarga de aportar (por medio de una caldera de apoyo) el calor restante.

##### 4. Derivaciones interiores:

Conjunto de conductos verticales (montantes) y horizontales que abastecen las tomas de agua, siempre disponiéndose a lo largo de todo el perímetro de la escuela, que tiene el espacio necesario. En cubierta se colocan aislados bajo el suelo flotante.

Los espacios que requieren suministro de ACS son: la cocina y los aseos.



#### 4.- Descripción de los elementos que componen la instalación de Agua Caliente Sanitaria

##### 1. Circuito primario:

Los colectores solares se colocan sobre la cubierta del gimnasio, con un sistema que une acabado y colectores, transformando una cubierta aparentemente de chapa en una piel que recoge la energía solar para calentar el agua. Sistema, llamado Solar System, de TECU. El agua circula por un tubo en la zona superior de la cubierta, desciende por conductos bajo las planchas metálicas, y vuelve a ascender (por densidad) hasta los tubos.

La bomba de recirculación de agua se coloca en un armario en cubierta, y tendrá llaves de corte a ambos lados y una válvula de retención para evitar que el agua pase por la bomba en sentido contrario, así como un grifo de vaciado según el esquema unifilar adjunto.

El intercambiador de placas, encargado de transmitir el calor al circuito secundario, se coloca en el mismo armario, de 100cm de profundidad y correctamente aislado.

Los conductos que cierran el circuito discurren bajo el suelo flotante, correctamente aislados.

##### 2. Circuito secundario o de intercambio:

La construcción de un sistema secundario no es necesaria, pero es recomendable porque ayuda a reducir la temperatura del agua que llevan las tuberías, disminuyendo las pérdidas de calor en el trayecto, y además nos permite que el circuito primario sea completamente independiente, facilitando enormemente su mantenimiento. Elementos:

Intercambiador de placas con sistema primario, como se ha explicado en el punto anterior.

Conductos desde cubierta hasta la sala de caldera en planta baja, a través del patinillo registrable dibujado.

Bomba de recirculación en el cuarto de la caldera en planta baja, que se enciende únicamente cuando la temperatura en el acumulador no es suficiente. La bomba estará conectada y sincronizada con la del circuito primario, para que se pongan a trabajar al mismo tiempo.

Acumulador con serpentín. El acumulador, en un cuarto aislado, permite que el calor producido en las placas solares no se utilice de manera instantánea, sino únicamente cuando sea necesario.

##### 3. Sistema de acumulación y apoyo:

Acumulador con serpentín por el que pasa el AF y se precalienta antes de dirigirse a la caldera de apoyo. La presión del AF es la de red, y utilizando un acumulador de serpentín se evita acumular gran cantidad de agua a presión en un acumulador con membrana, de forma que no se pierden las propiedades sanitarias del fluido.

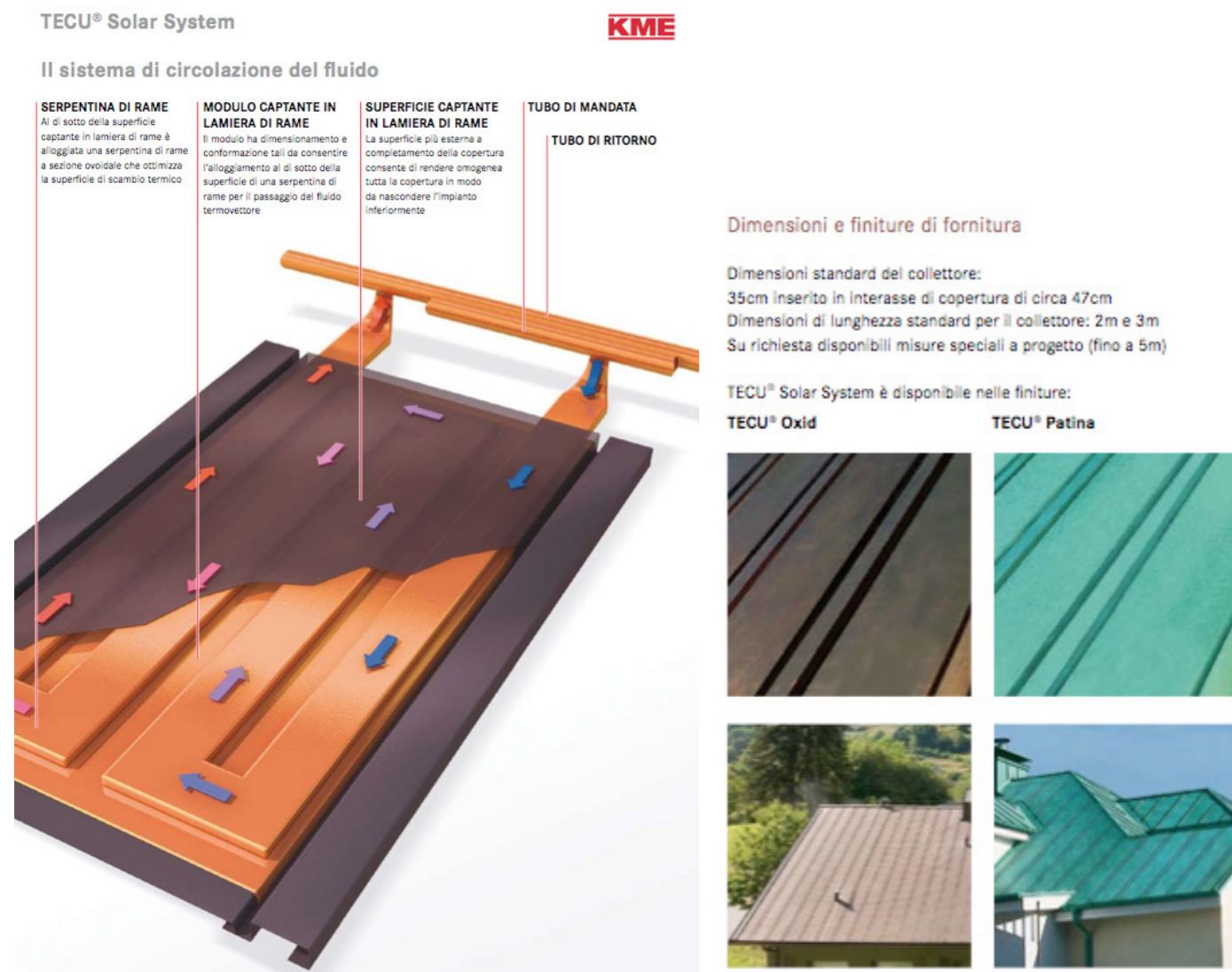
Caldera de gas de apoyo, que además también se encarga de calentar el agua para la instalación de calefacción. La caldera tiene entrada de agua fría y válvulas de tres vías, para asegurar siempre una temperatura de salida del agua adecuada.

##### 4. Derivaciones interiores:

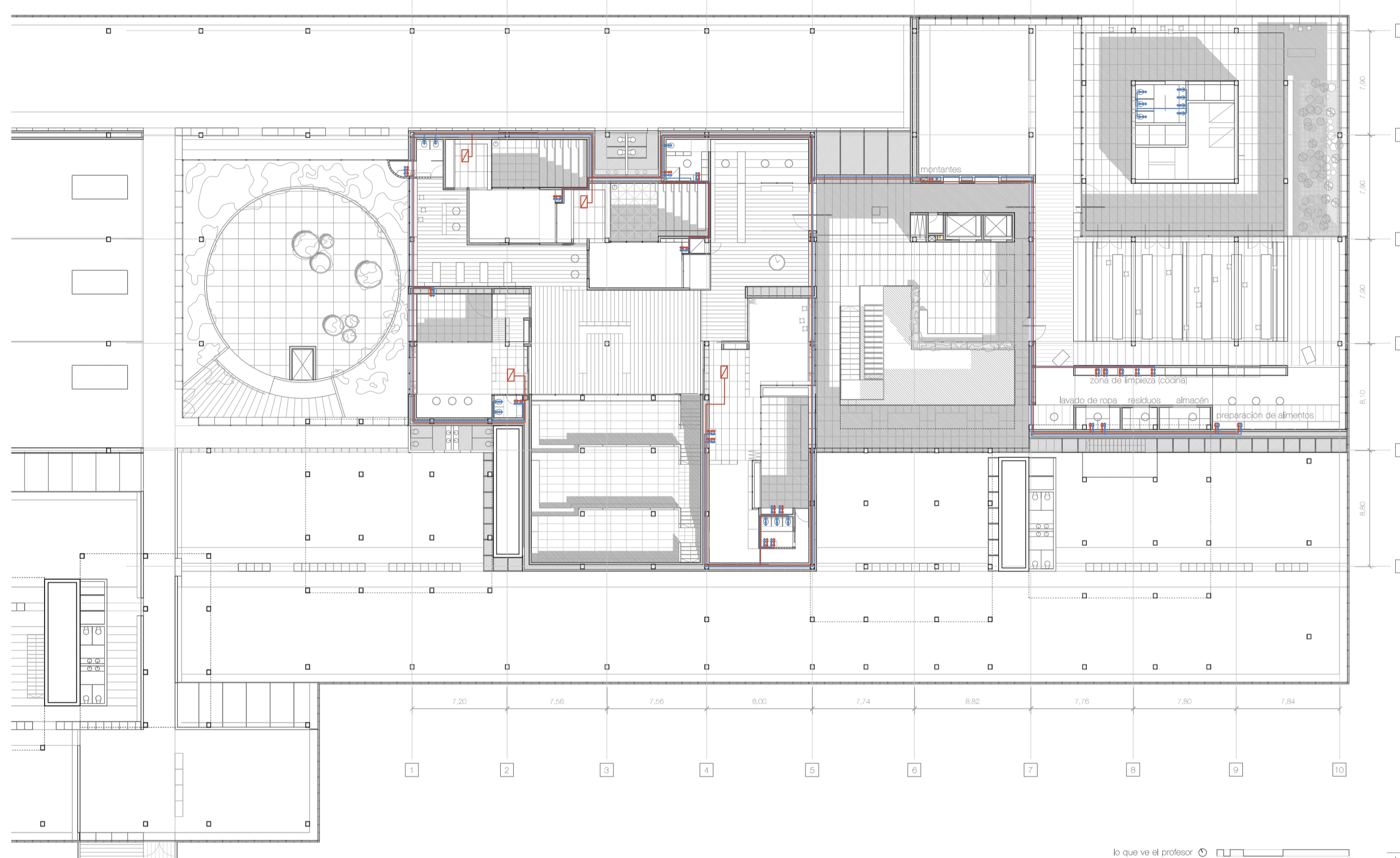
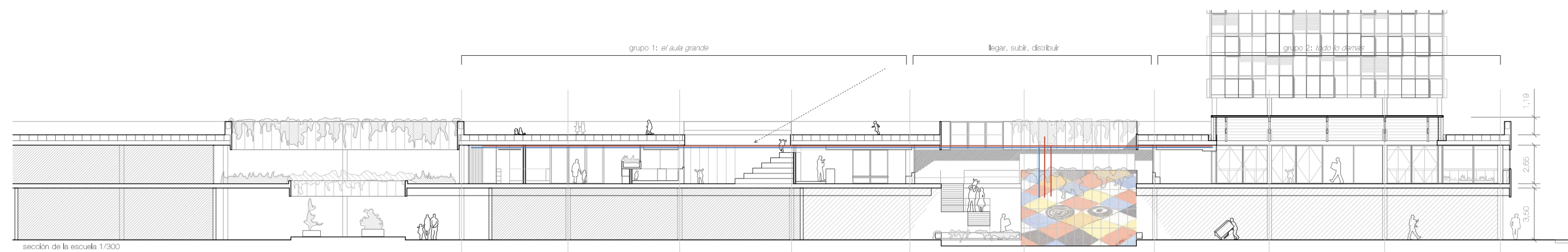
Existen tres *montantes* de agua fría, que discurren verticalmente por patinillos registrables. Uno de ellos es para llevar agua desde planta baja hasta planta primera, y los otros dos forman parte del sistema secundario de intercambio.

*Derivaciones particulares*, que discurren horizontalmente por el perímetro de la escuela desde el montante hasta los distintos núcleos de aseos y la cocina. En cada local húmedo se dispone una llave de corte que reúna todos los aparatos.

*Derivaciones de los aparatos.*

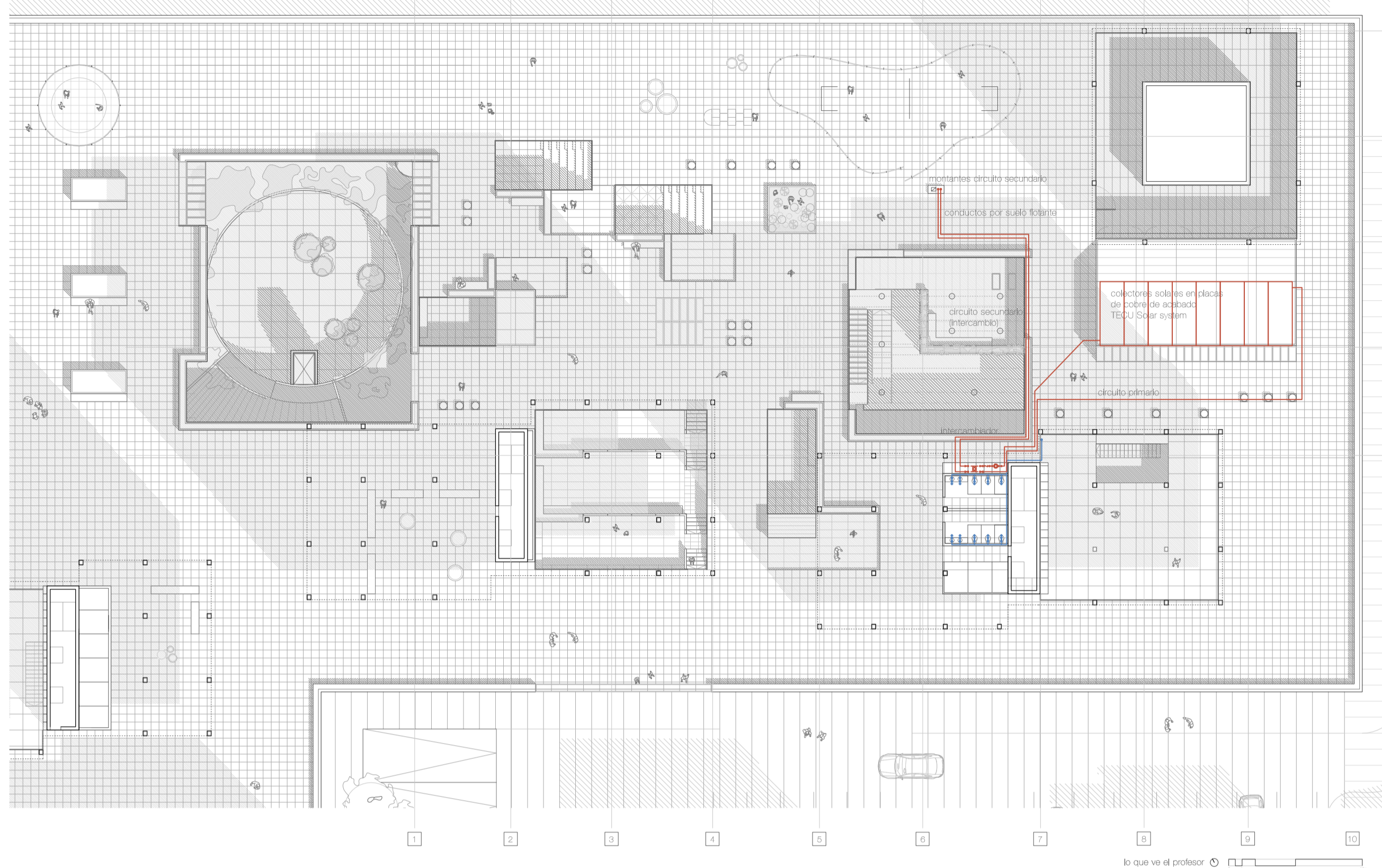
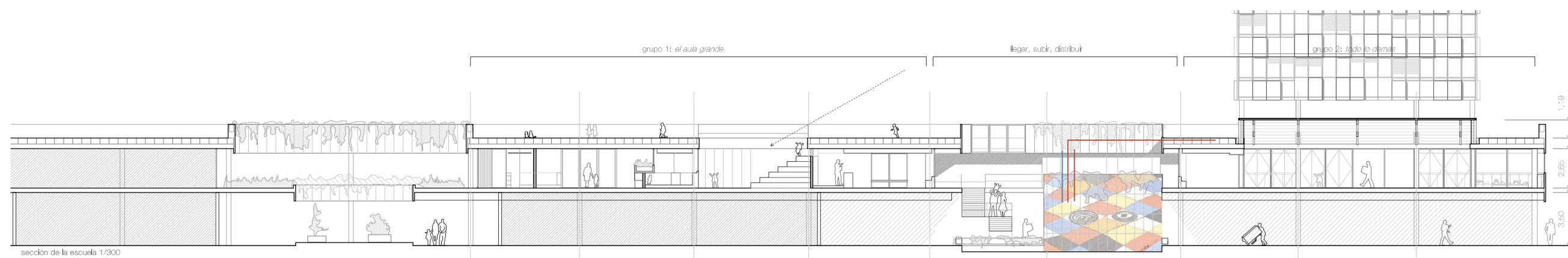


- CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fria y Agua Caliente Sanitaria
- Acemilada (derivación)
  - Llave de paso
  - Válvula de retención
  - Contrato
  - Conducto de agua fría
  - Conducto de agua caliente
  - Montante de agua fría
  - Montante de agua caliente
  - Montante de circuito de aportación solar
  - Toma de agua fría
  - Toma de agua caliente
  - Bomba de recirculación
  - Acumulador térmico (solar)
  - Caldera ACS
  - Fan-coil
  - Colector solar



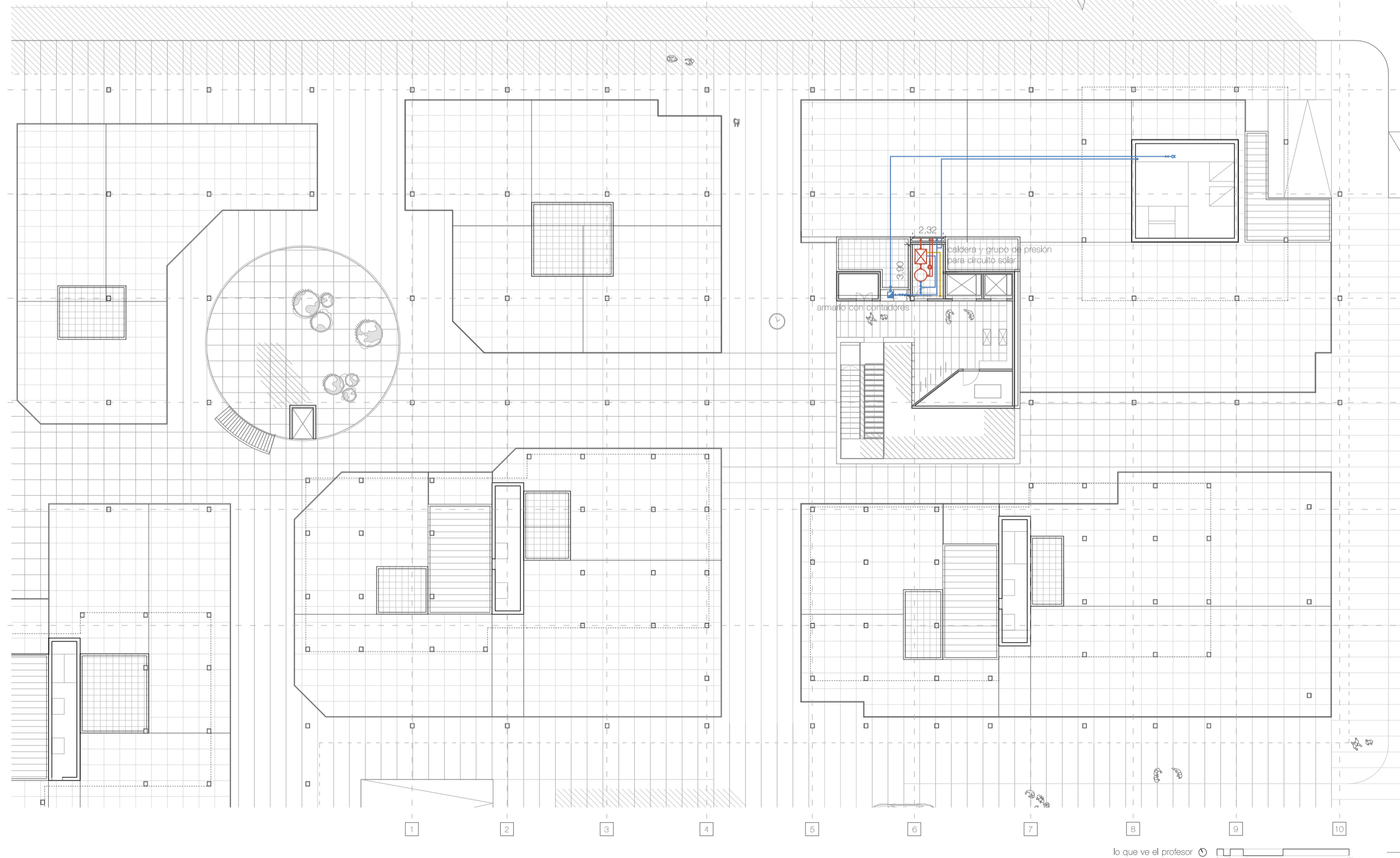
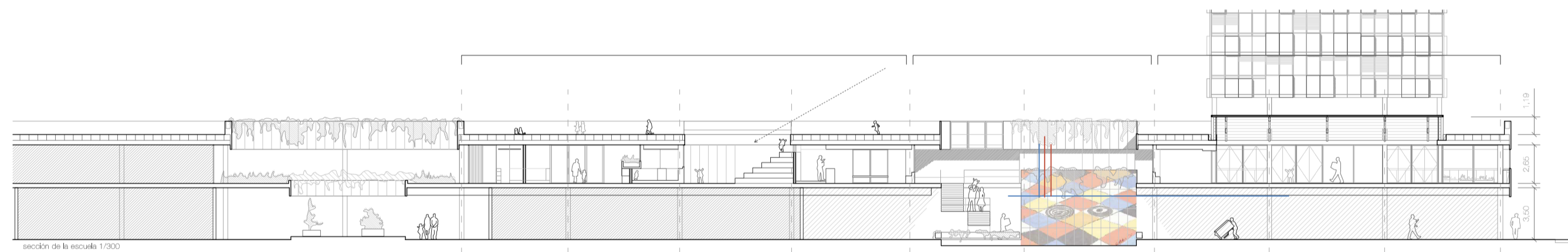
planta de la escuela +5.30m (+1.5m) 1/300

- CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fria y Agua Caliente Sanitaria
- Acemilada (derivación)
  - Llave de paso
  - Válvula de retención
  - Contrato
  - Conducto de agua fría
  - Conducto de agua caliente
  - Montante de agua fría
  - Montante de agua caliente
  - Montante de circuito de aportación solar
  - Toma de agua fría
  - Toma de agua caliente
  - Bomba de recirculación
  - Acumulador térmico (solar)
  - Caldera ACS
  - Fan-coil
  - Colector solar
  - Preparador de placas



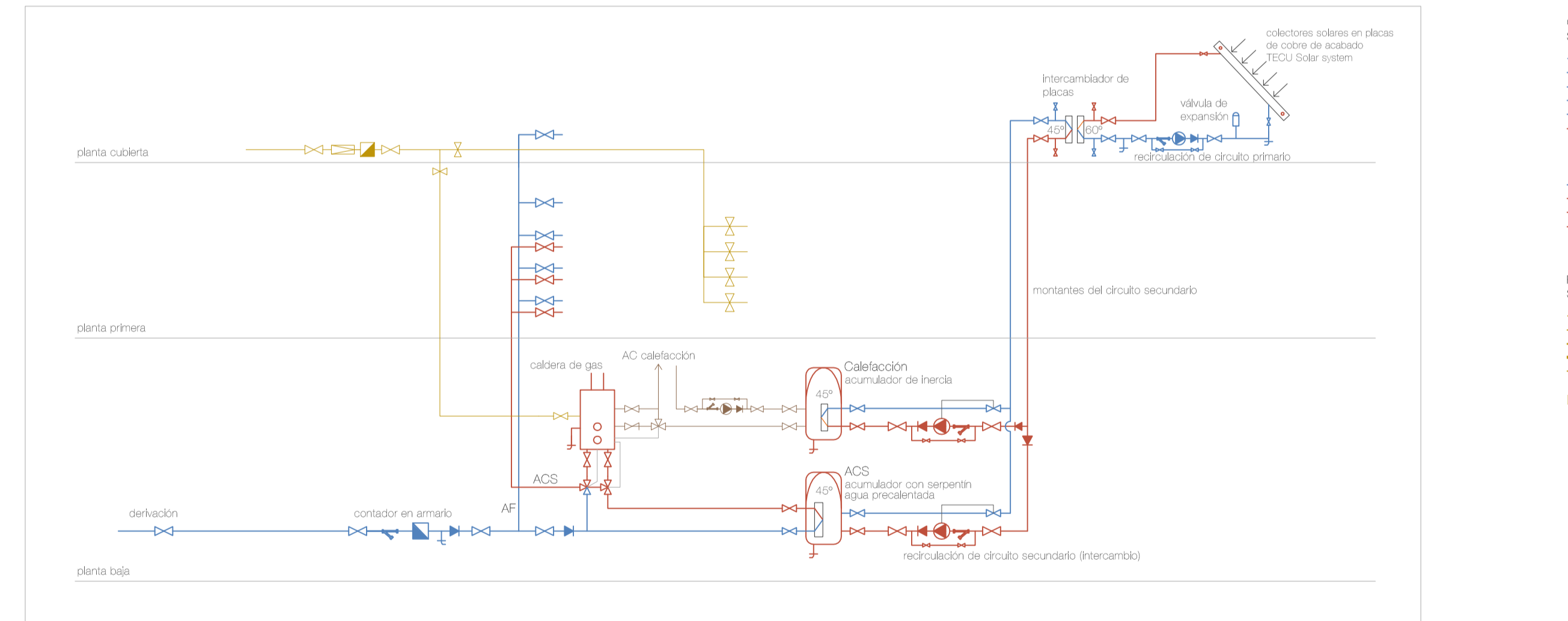
planta de cubierta +5.50m 1/300

- CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fria y Agua Caliente Sanitaria
- Acemilada (derivación)
  - Llave de paso
  - Válvula de retención
  - Contrato
  - Conducto de agua fría
  - Conducto de agua caliente
  - Montante de agua fría
  - Montante de agua caliente
  - Montante de circuito de aportación solar
  - Toma de agua fría
  - Toma de agua caliente
  - Bomba de recirculación
  - Acumulador térmico (solar)
  - Caldera ACS
  - Fan-coil
  - Colector solar

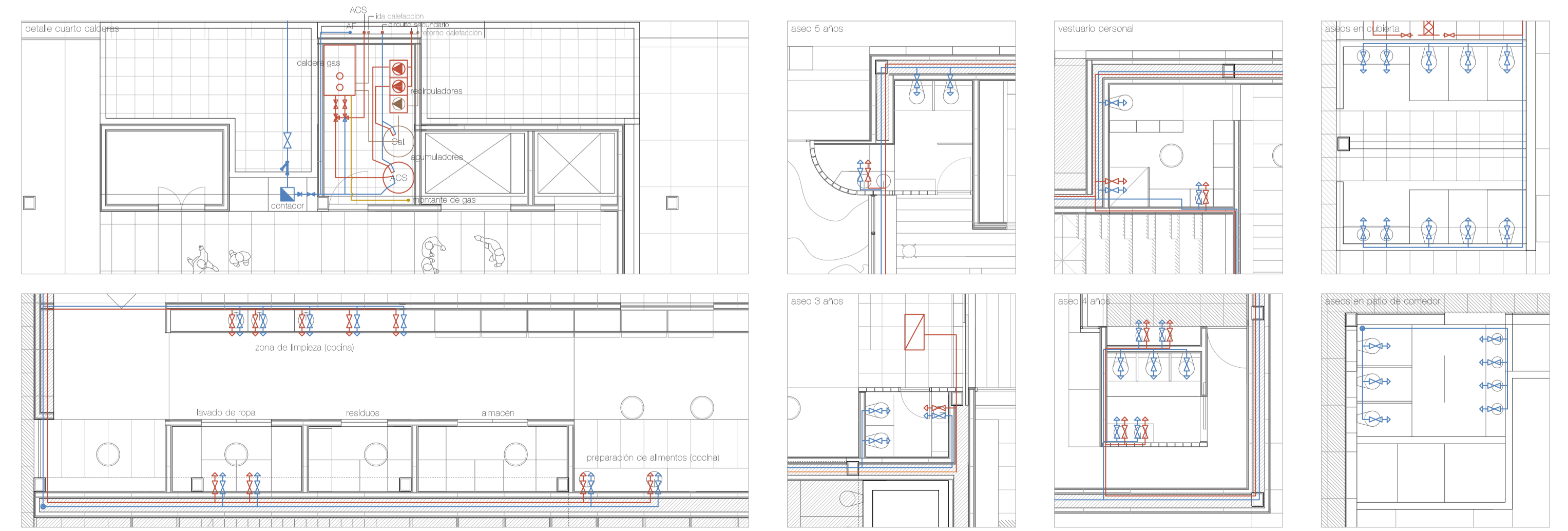


planta baja 1/300

- CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fria y Agua Caliente Sanitaria
- Acemilada (derivación)
  - Llave de paso
  - Válvula de retención
  - Contrato
  - Conducto de agua fría
  - Conducto de agua caliente
  - Montante de agua fría
  - Montante de agua caliente
  - Montante de circuito de aportación solar
  - Toma de agua fría
  - Toma de agua caliente
  - Bomba de recirculación
  - Filtro



- R.D. 919/2006  
Suministro de Gas
- Acemilada (derivación)
  - Llave de paso
  - Conducto de gas a baja presión
  - Conducto de gas a media presión
  - Contrato
  - Montante de gas, encamisado y ventilado
  - Regulador de presión



SANEAMIENTO  
Evacuación de aguas pluviales y residuales

## SANEAMIENTO

### Evacuación de Aguas Pluviales y Residuales

#### 1.- Descripción general del sistema

Se proyecta un sistema separativo constituido por dos redes independientes para la evacuación de aguas residuales y pluviales. Esta división permite una mejor adecuación a un proceso posterior de depuración, la posibilidad de un dimensionamiento estricto de cada conducción y además, evita las sobrepresiones en las bajantes de residuales para intensidades de lluvia mayores a las previstas.

En última instancia las aguas se vierten al sistema de saneamiento del conjunto de edificios luz, que se supone también separativo. Se supondrá la existencia de instalaciones de saneamiento en los núcleos húmedos existentes situados en planta baja, y el agua se llevará hasta ellos en colectores horizontales ocultos en el falso techo de la planta baja.

#### 2.- Aguas Residuales

La red de saneamiento estará formada por los siguientes elementos:

1. Desagües y derivaciones de los aparatos sanitarios de los locales húmedos: 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 de planta primera.
2. Bajantes verticales a las que acometen las anteriores derivaciones
3. Sistema de ventilación: por tratarse de una zona del edificio únicamente con planta baja y planta primera, 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.
4. Red de colectores horizontales con pendiente mayor del 2%, situados en el falso techo de la planta baja.
5. Conexión con la red de saneamiento existente.

#### 3.- Aguas pluviales

La cubierta cuenta con un sistema de recogida de aguas pluviales bajo el suelo flotante, y la propuesta es mantener ese sistema como está construido actualmente, modificando únicamente los lugares en los que se perfora el forjado y construyendo nuevos sistemas de recogida para las nuevas cubiertas que se construyen y los patios que se abren.

En cada uno de estos lugares se intenta diseñar un sistema de recogida de pluviales que tenga en cuenta el uso de los espacios y su funcionamiento, como se explica en las láminas adjuntas.

Se utilizan sumideros lineales o puntuales, y se llevan las aguas con colectores horizontales al 1% por el falso techo de planta baja hasta los núcleos húmedos existentes.

El agua recogida en las cubiertas ligeras de nueva construcción se conduce y se deja caer libremente, bien en la cubierta, bien sobre el pequeño "jardín" construido en el patio del comedor. La cubierta estaba calculada teniendo en cuenta esas superficies, por lo que no debería haber ningún problema.

#### Componentes

Las válvulas de aireación son mecanismos simples, pero eficaces. Se componen de un cuerpo fabricado en plástico ABS color blanco, una membrana elaborada en silicona tratada, una rejilla especialmente diseñada de protección contra insectos y unas juntas para unir por presión a la tubería en la que se instala.



#### Funcionamiento



**SANEAMIENTO**  
 Evacuación de aguas pluviales

- Colector colgado
- Sumidero
- Sumidero lineal
- Bajante
- Canchón

Evacuación de aguas residuales

- Colector colgado bajo forjado
- Bajante

A la hora de diseñar la instalación de recogida de aguas pluviales, se pretende encontrar el sistema más eficiente, y el sistema que mejor adapte los espacios exteriores que organizan el proyecto.

En los patios de las aulas se utilizan sumideros puntuales situados cerca del perímetro, de forma que el agua desaparece rápidamente de las zonas, se seca y permite un mejor funcionamiento del patio.

Lo anterior ocurre también en los patios del aula polivalente y del comedor, pero con sumideros lineales por tratarse de espacios mucho más grandes. En estos lugares, además el pavimento no es lizo, por lo que es más sencillo desviar todo en una sola dirección.

Por último, en el patio de entrada se intenta intensificar ciertos aspectos en cada zona. En la entrada se dispone un sumidero lineal, para recoger el agua junto a la que de la puerta comedora y pensar que el agua se recoge en el límite, y lo marca con relieve y movimiento. El límite es además un punto en el que nada nunca se queda parado.

En la zona de espera, por su carácter estático, se decide recoger el agua en un punto, para que el "charco" se haga en el centro. Una línea de agua estática.

En la zona sur se recoge el agua bajo los maceteros, por una cuestión técnica.

planta de la escuela +5.30m (+1.5m) 1/300

**SANEAMIENTO**  
 Evacuación de aguas pluviales

- Colector colgado
- Sumidero
- Sumidero lineal
- Bajante
- Canchón

Evacuación de aguas residuales

- Colector bajo suelo flotante
- Bajante

Se supone que existe un sistema para desaguar la cubierta, y la propuesta es mantener el sistema existente, que probablemente tenga las bajantes pluviales coincidiendo con los núcleos numerados de planta baja. Únicamente se grafican los elementos añadidos.

planta cubierta (+6.5m) 1/300

**SANEAMIENTO**  
 Evacuación de aguas pluviales

- Colector colgado
- Sumidero
- Sumidero lineal
- Bajante
- Canchón

Evacuación de aguas residuales

- Colector colgado
- Bajante

Los colectores se construyen en el falso techo con pendientes de 2%, y distancias máximas de unos 12-14 metros. El falso techo tiene una altura de 60cm, por lo que no hay ningún problema para llevar las aguas pluviales y residuales hasta las bajantes en los núcleos numerados existentes en el proyecto original.

planta baja 1/300

CTE DB-HE y CTE DB-HS3  
Climatización y ventilación

**CTE DB-HE y CTE DB-HS3  
Climatización y ventilación**

**1.- Introducción**

Antes de describir el sistema, se dan las claves para explicar su elección. Nos enfrentamos no solo a la necesidad de calentar o refrigerar el ambiente para mantener una temperatura de confort, sino también a la necesaria ventilación de los espacios para garantizar la calidad del aire interior. Se podría pensar que la ventilación se resuelve abriendo las ventanas, pero la realidad es que **la ventilación natural**, debido a las nuevas normativas, **ha dejado de ser una opción viable** a la hora de construir edificios no residenciales (docentes, comerciales, administrativos, públicos...)

Esta afirmación se basa principalmente en una lectura de la normativa y en un informe realizado por Felipe Ramos titulado **"INFORME SOBRE NECESIDAD DE VENTILACIÓN MECÁNICA EN INSTITUTO SEGÚN REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS"**.

**2.- La necesidad de ventilación mecánica**

Según lo expuesto en el nuevo R.I.T.E., en edificios no residenciales, no es de aplicación lo expuesto en el código técnico de la edificación. Por el contrario, hay que cumplir necesariamente lo indicado en el vigente reglamento, y en concreto, la norma UNE-EN 13779.

Con las condiciones impuestas al respecto de calidad de aire interior por el nuevo reglamento, la filtración del aire exterior aportado, y la recuperación de energía del aire extraído, la ventilación natural ha dejado de ser una opción, puesto que no existe ningún sistema "natural" capaz de asegurar el aporte de caudal mínimo prescriptivo de manera controlada, con los niveles de filtración exigidos, a la vez de recuperar energía del aire que se escapa del centro.

Otro impedimento para la realización de la ventilación natural es que el vigente reglamento obliga por un lado a mantener las condiciones de temperatura en toda la zona ocupada, y a que la velocidad del aire en dicha zona esté dentro de los parámetros y márgenes reglamentarios.

**Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño**

| Estación | Temperatura operativa °C | Humedad relativa % |
|----------|--------------------------|--------------------|
| Vorano   | 23...25                  | 45...60            |
| Invierno | 21...23                  | 40...50            |

**IT 1.1.4.1.3 Velocidad media del aire**

1. La velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.

2. La velocidad media admisible del aire en la zona ocupada (V), se calculará de la forma siguiente:

Para valores de la temperatura seca t del aire dentro de los márgenes de 20 °C a 27 °C, se calculará con las siguientes ecuaciones:

a) Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40% y PPD por corrientes de aire del 15%:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \text{ m/s}$$

Si se opta por una ventilación natural, como por ejemplo, poniendo una rejilla bajo la ventana, no podemos controlar la dirección del flujo, la velocidad de paso, el caudal aportado, y la velocidad de la corriente de aire en la zona ocupada.

Asimismo, el aire introducido no está tratado térmicamente. Si se introduce aire por exceso, con un sistema de calefacción dimensionado para tratar una determinada cantidad de aire exterior, la temperatura del local no podría controlarse adecuadamente. Como se ha mencionado antes, el aire no puede introducirse directamente a cada local, sino que tiene que ser "filtrado" previamente antes de entrar.

Como se ha mencionado antes, el aire no puede introducirse directamente a cada local, sino que tiene que ser "filtrado" previamente antes de entrar.

**Tabla 1.4.2.5 Clases de filtración**

|       | IDA 1        | IDA 2        | IDA 3 | IDA 4 |
|-------|--------------|--------------|-------|-------|
| ODA 1 | F9           | F8           | F7    | F6    |
| ODA 2 | F7/F9        | F8           | F7    | F6    |
| ODA 3 | F7/F9        | F6/F8        | F6/F7 | G4/F6 |
| ODA 4 | F7/F9        | F6/F8        | F6/F7 | G4/F6 |
| ODA 5 | F6/GF/F9 (*) | F6/GF/F9 (*) | F6/F7 | G4/F6 |

(\*) Se deberá prever la instalación de un filtro de gas o un filtro químico (GF) situado entre las dos etapas de filtración.

Los filtros prescriptivos según el tipo de aire exterior (grado de contaminación) y el la calidad del aire en el interior (IDA2 y ODA 1) deben tener una eficacia F8, y éstos ofrecen una resistencia al paso del aire de entorno a 130 Pa (pérdida de carga). Es solo una estimación, puesto que dependen de la velocidad de paso. La conclusión es que no habría manera de que pasara el aire a través del mismo de manera natural; únicamente se podría realizar mediante un ventilador con suficiente presión disponible para vencer esa resistencia.

La norma UNE-EN 13799 además marca los niveles presión requeridos según se muestra en la figura.

**5.4 Condiciones de presión en el recinto**

Con el fin de controlar la dirección del flujo y la distribución de las emisiones entre las zonas del edificio y/o con el exterior, se crean unas condiciones de presión por medio de los diferentes flujos de aire de impulsión y de extracción. En la tabla 16 se dan las posibles categorías para las condiciones de presión.

**Tabla 16  
Condiciones de presión en el recinto**

| Categoría | Descripción (situación sin viento y sin efecto de tiro) |
|-----------|---|
| PC 1      | Subpresión ( $\leq -6$ Pa)                              |
| PC 2      | Ligera subpresión (-2 Pa a -6 Pa)                       |
| PC 3      | Equilibrio (-2 Pa a +2 Pa) = situación por defecto      |
| PC 4      | Ligera sobrepresión (2 Pa a 6 Pa)                       |
| PC 5      | Sobrepresión ( $> 6$ Pa)                                |

La elección del nivel de presión depende de la aplicación específica. En algunos casos se requiere más de un nivel de subpresión o sobrepresión para el control del flujo de aire entre todas las zonas del edificio. Cuando los niveles de presión requeridos se consiguen con viento, la envolvente del edificio debe ser estanca al aire de acuerdo con el capítulo A.9. Normalmente se especifican las direcciones de flujo propuestas en condiciones de no perturbación, pero no los niveles de presión definidos. En climas fríos la sobrepresión en el edificio puede causar daños a la estructura.

Cuando no se declara nada, debe adoptarse la categoría PC 3.

Como se puede observar, la depresión que habría que realizar para que el aire entrara de manera natural sería a todas luces excesiva, y únicamente podría realizarse mediante un extractor de aire. La ventilación natural por tanto, tampoco es una solución según este punto.

Una vez expuestos los distintos puntos normativos aplicables, y justificado el por qué no puede adoptarse la ventilación natural, el punto de recuperación de energía de aire extraído no viene si no a confirmar todo lo anterior. Como hay que extraer aire necesariamente para poder introducir el caudal exterior mínimo de ventilación y tener una situación de presión interior en equilibrio, es necesario también recuperar la energía del aire saliente.

#### IT 1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción

1. En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m<sup>3</sup>/s, se recuperará la energía del aire expulsado.

2. Sobre el lado del aire de extracción se instalará un aparato de enfriamiento adiabático.

3. Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/s) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la tabla 2.4.5.1

| Horas anuales de funcionamiento | Caudal de aire exterior (m <sup>3</sup> /s) |     |             |     |             |     |            |     |      |     |
|---------------------------------|---|-----|-------------|-----|-------------|-----|------------|-----|------|-----|
|                                 | > 0,5...1,5                                 |     | > 1,5...3,0 |     | > 3,0...6,0 |     | > 6,0...12 |     | > 12 |     |
|                                 | %   | Pa  | %           | Pa  | %           | Pa  | %          | Pa  | %    | Pa  |
| ≤ 2.000                         | 40  | 100 | 44          | 120 | 47          | 140 | 55         | 160 | 60   | 180 |
| > 2.000...4.000                 | 44  | 140 | 47          | 160 | 52          | 180 | 58         | 200 | 64   | 220 |
| > 4.000...6.000                 | 47  | 160 | 50          | 180 | 55          | 200 | 64         | 220 | 70   | 240 |
| > 6.000                         | 50  | 180 | 55          | 200 | 60          | 220 | 70         | 240 | 75   | 260 |

En resumen, si se observa todo lo anterior en conjunto, el nuevo Reglamento si bien específicamente no dice en ningún punto que la ventilación haya que realizarla mecánicamente, fija todas las condiciones de tal manera que no sea posible realizar la ventilación natural de ninguna manera:

1. Hay que asegurar las condiciones de temperatura y humedad (la ventilación natural no introduce un caudal fijo, y el aire introducido no está tratada, luego no se puede asegurar)
2. Hay que respetar la velocidad de diseño en toda la "zona ocupada" (el flujo de aire introducido de manera natural, no puede asegurar que el paso de aire entre a mayor o menor velocidad)
3. Hay que filtrar el aire exterior introducido (no es posible hacerlo debido a la gran pérdida de carga que generan los filtros)
4. Hay que diseñar el sistema dentro de los niveles de presión exigidos (para poder introducir el aire, hay que realizar excesiva depresión)
5. Hay que recuperar la energía del aire saliente (eso es imposible con ventilación natural)

Se concluye con todo lo expuesto que en el caso que nos ocupa, hay que realizar la ventilación del centro con medios mecánicos, tratar el aire térmicamente antes de ser introducido, filtrarlo adecuadamente, y recuperar la energía del flujo extraído.

### 3.- Elección del sistema en el Conjunto de Edificios Luz

Es necesario por tanto un sistema de ventilación mecánica, y además un sistema de calefacción que asegure una temperatura adecuada interior. Parece que estos dos sistemas se podrían resolver de manera independiente, por ejemplo, un suelo radiante para la calefacción y un sistema de ventilación por conductos. Desde el principio esta idea me parece excesiva actuando en un edificio existente de muy poca altura libre. El aire no se puede mover con facilidad por la planta, y el suelo radiante únicamente añade peso al forjado y reduce aún más la altura libre, siendo además un sistema que necesita estar encendido de manera continua durante los meses de invierno y que provocaría grandes pérdidas de energía debido a la extensa superficie del proyecto, que se desarrolla en una planta.

Por otra parte, el hecho de recoger el aire en cada aula, llevarlo por conductos hasta una Unidad de Tratamiento de Aire, y volverlo a traer tratado y climatizado; teniendo en cada aula un patio desde el que se podría tomar directamente aire en buenas condiciones, era un punto a intentar evitar.

En la búsqueda de un **SISTEMA DE VENTILACIÓN DESCENTRALIZADA**, que además pudiera resolver al mismo tiempo la climatización de los espacios, encontré unas unidades de la marca **TROX**, que además están especialmente diseñadas para centros educativos, y que **colocadas en antepechos junto a los patios eran capaces de tomar aire exterior, expulsar aire interior recuperando parte de su energía, filtrar y calentar o enfriar el aire, e impulsarlo al interior de los espacios.**

Este sistema evita la construcción de conductos de aire y su mantenimiento, así como la disposición de una gran unidad de tratamiento de aire, disponiendo unidades de diseño modular que "cogen" el aire de lugares cercanos y además permite regular la temperatura independientemente en todos los lugares de la escuela de una manera muy sencilla. Tiene muchas otras ventajas, relacionadas con la facilidad de instalación y con el aire trabajando a una menor temperatura porque no tiene que recorrer distancias tan largas, pero las empresas suelen hablar bien de sus productos.

La elección de este sistema, muy temprana en el proyecto, es una de las razones que me llevan a construir un perímetro doble, que además siempre viene matizado por antepechos, es decir, los vidrios de las ventanas nunca llegan hasta el suelo para poder colocar estas unidades moduladas a 150 o 120 cm. Se evitan los conductos, por lo que ese perímetro podía construirse "falseando" los pilares y eliminándolos de los espacios interiores, puesto que hasta las unidades solo hay que llevar electricidad y un fluido caliente o frío.

Es por tanto **un sistema** que trabaja con el aire que se consigue perforando la cubierta, **muy relacionado con el nacimiento del proyecto** y que acompaña a sus propuestas. Resuelve la **ventilación**, la **calefacción** y la **refrigeración, en un mismo lugar**, el perímetro, en el que también se resuelve el suministro de agua fría, el de agua caliente, el de gas, y el de electricidad, así como las relaciones de la escuela con su exterior. Un perímetro que se carga de contenido.

#### 4.- Elementos que forman el sistema

- Producción de frío
- Producción de calor
- Conductos de frío y calor
- Unidades de ventilación descentralizada + climatización (intercambio)



## 5.- Sistema de producción de frío

El producto final del sistema de producción de frío es el fluido refrigerante R-410A a baja temperatura. Para ello, se dispone una **unidad de producción de frío** por compresión formada por una **bomba de calor** con entrada de aire exterior en el condensador y el líquido refrigerante que va hasta las distintas unidades que actúan de evaporador. La unidad de producción de frío se coloca en planta baja, junto al patio de acceso y por tanto en un lugar bien ventilado y accesible para mantenimiento. La existencia de una diferencia de cota en el suelo de planta baja facilita la ventilación de la instalación sin causar molestias a los vecinos.

La bomba de calor tiene alimentación eléctrica trifásica.

Además, se disponen unas **bombas de recirculación** en la misma sala, para mover el fluido refrigerante por el circuito.

## 6.- Sistema de producción de calor

Para generar el fluido caliente, que es agua, se utiliza la **caldera** para producción de ACS, con otro circuito distinto por tratarse de agua sin necesidad de tratamientos. El agua se calienta en la caldera y discurre por los conductos hasta cada una de las unidades finales. Este circuito está también conectado a un **acumulador de inercia** que recoge energía del sistema primario de colectores solares situado en la cubierta.

Los elementos son por tanto un **acumulador con serpentín** para intercambio con el circuito secundario; y la **caldera de apoyo** que se encarga de calentar el agua hasta la temperatura adecuada. Además es necesario un **grupo de hidropresión para la recirculación** del circuito de calefacción.

## 7.- Conductos de frío y calor

El sistema de conductos se realiza por los **muros del perímetro** de la escuela mediante un **esquema con retorno bitubular invertido**, de forma que se equilibra hidráulicamente el sistema en los dos casos (frío y calor), garantizando que todas las unidades estén correctamente abastecidas. Hay un montante de agua caliente y otro de fluido refrigerante, y se abastecen tanto las unidades en antepechos de fachada como los fan-coils de apoyo en los falsos techos en la entrada de las aulas.

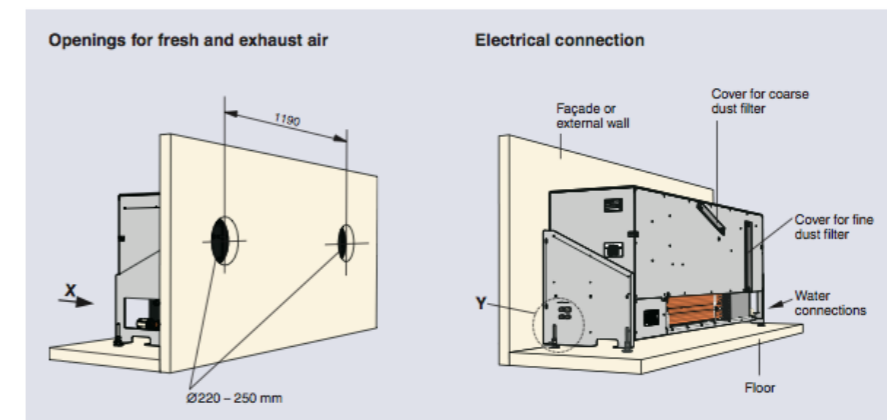
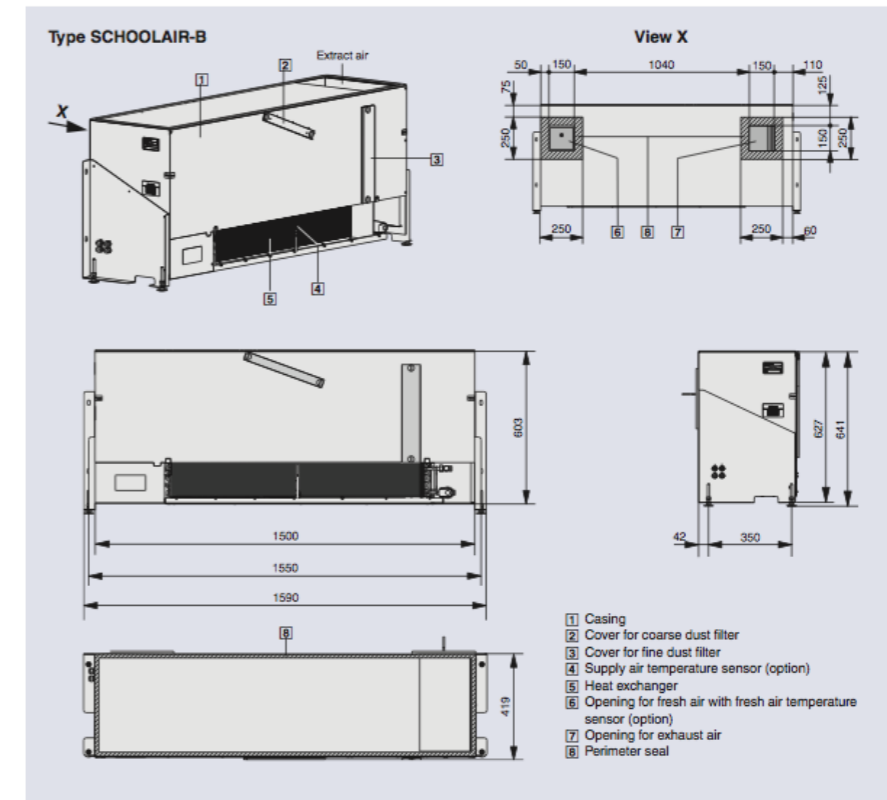
## 8.- Unidades interiores

Nos encontramos aquí con dos tipos de unidades:

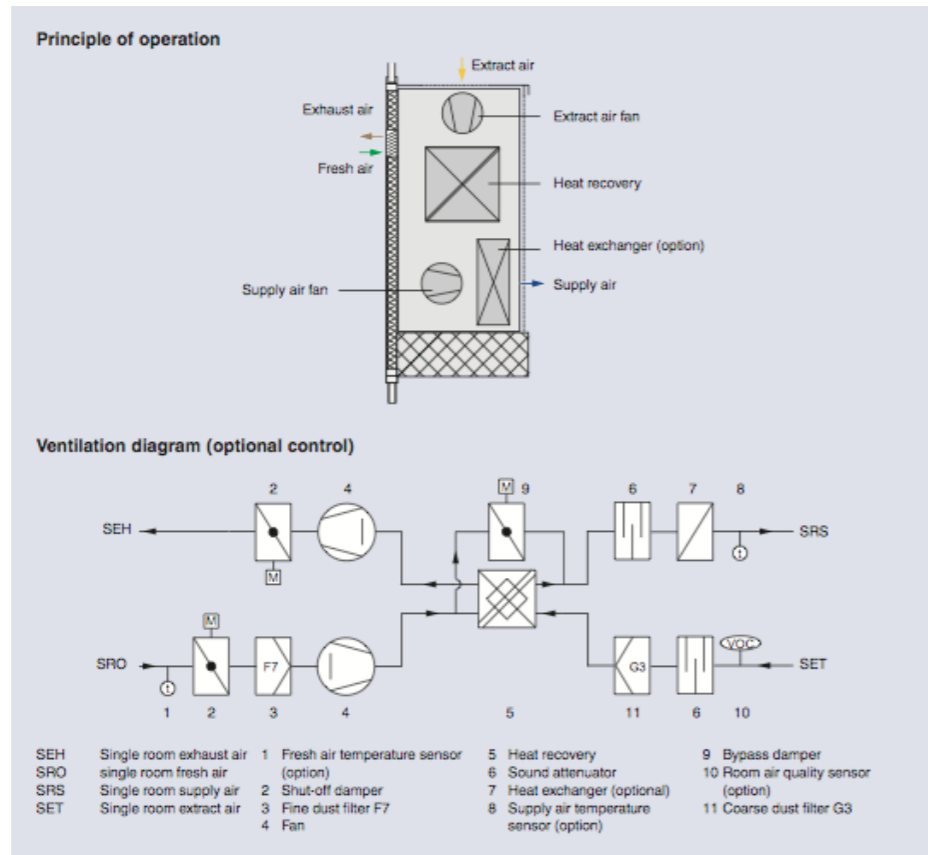
- Unidades de la marca TROX para **ventilación descentralizada**, que resuelven ventilación, calefacción y refrigeración al mismo tiempo
- Unidades de techo de la marca TROX, que no son más que **fan-coils de apoyo** que resuelven calefacción y refrigeración, y que tienen impulsión y retorno así como entrada y salida de aire al exterior, pero que no recuperan calor del aire extraído.

En el primer grupo se utilizan dos tipos tal y como están grafiados en los detalles de fachada:

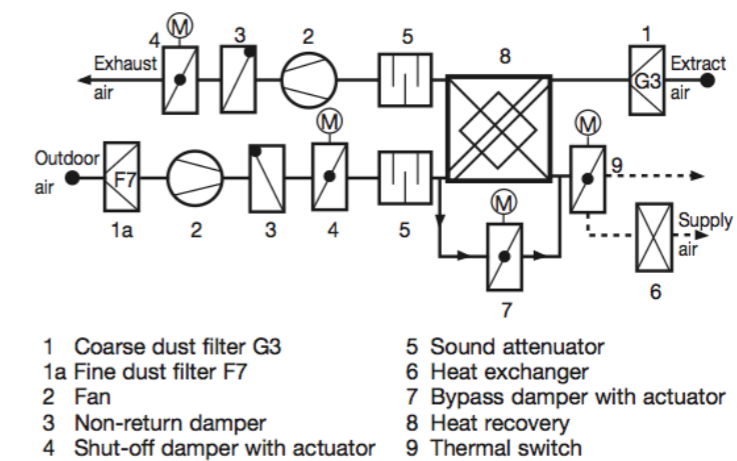
- Unidades de antepecho de la marca TROX para ventilación descentralizada, que se sitúan bajo una mesa de madera. **SCHOOLAIR B** (1500x600x300cm)
- Unidades de suelo (underfloor units) que se sitúan bajo un banco de madera corrido. **FSL-U-ZAB** (1200x600x200cm)



Unidad TROX tipo SCHOOLAIR B



**Ventilation diagram FSL-U-ZAB**



Ventilation units SCHOOLAIR-B maintain a high air quality in class rooms by supplying conditioned fresh air to the room and extracting 'stale' air.

**Supply air**

The supply air fan provides fresh air, which flows through a shut-off damper and a fine dust filter. In case the unit is switched off, a shut-off damper prevents uncontrolled air flow. The Class F7 fine dust filter corresponds to the hygiene requirements of VDI 6022. For the thermal conditioning of the fresh air a heat exchanger for heat recovery and as an option a heat exchanger for heating and / or cooling. The heat recovery takes place recuperatively using a plate heat exchanger. A part of the heat in the extract air is transferred to the fresh air. In cases of sensible heating, a bypass damper opens the heat recovery bypass during the transitional period and to prevent freezing. The supply air is discharged into the room as a displacement flow.

**Heat exchanger (option)**

The thermal loads of the room are dealt with by heat exchanger for heating and, if chilled water available, cooling. In the heat exchanger, the temperature of the air increases up to approx. 22 °C (static heating system exists) or with adequate hot water flow temperature up to approx. 40 °C, to cover the façade heat loss (normally no static heating system necessary).

**Extract air**

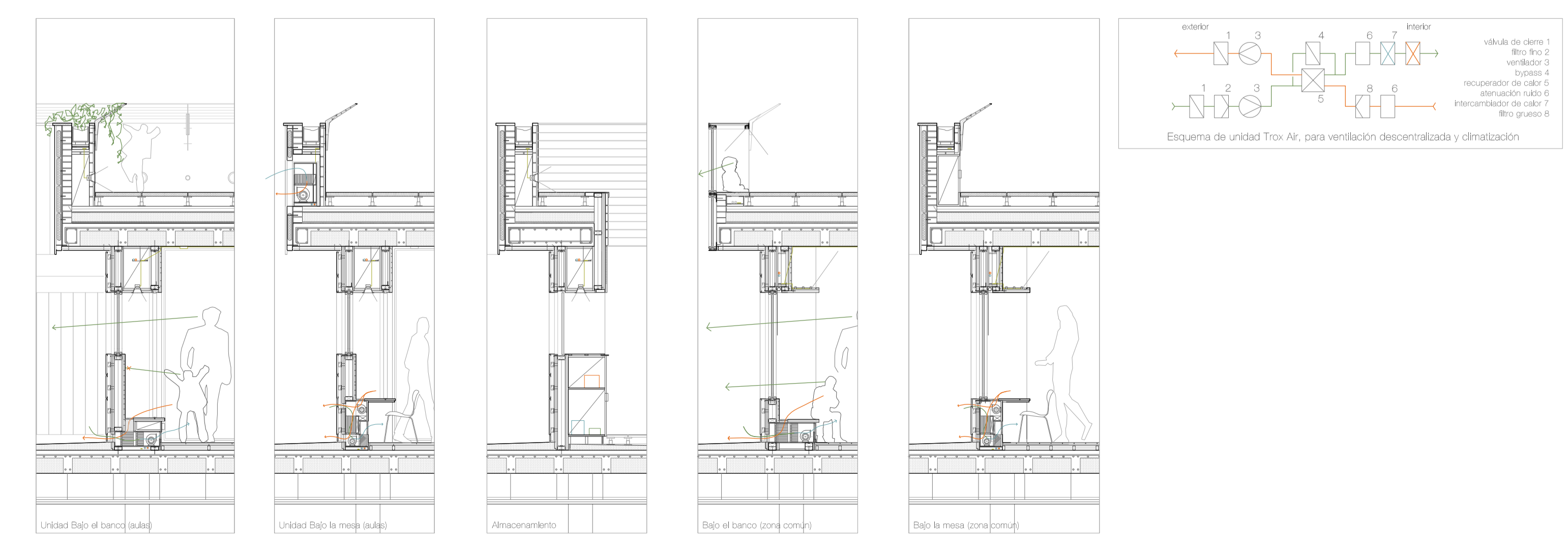
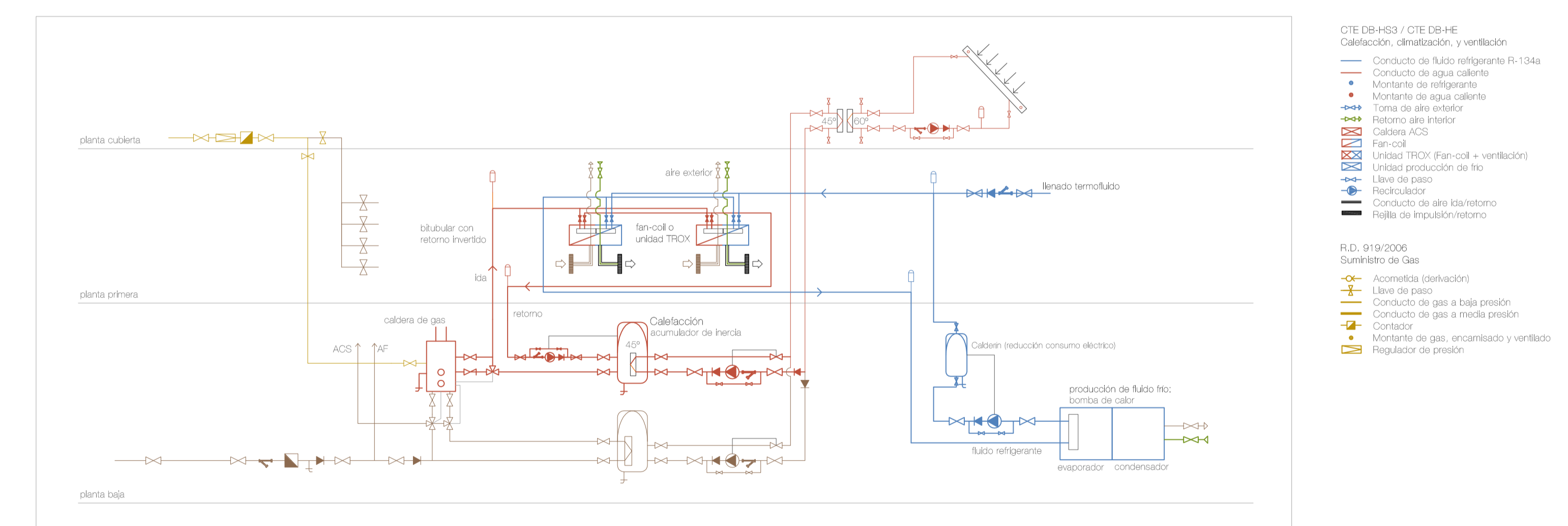
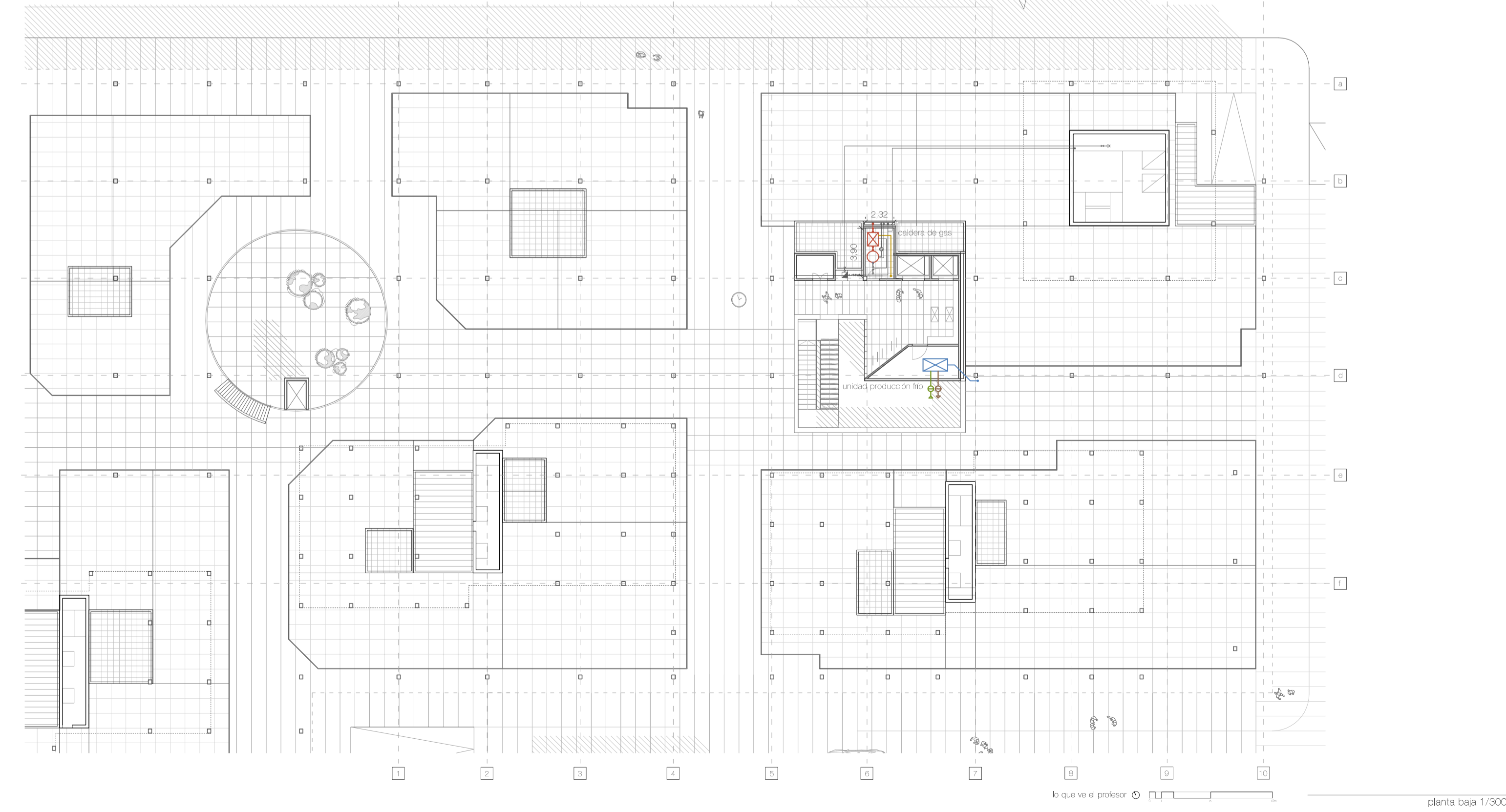
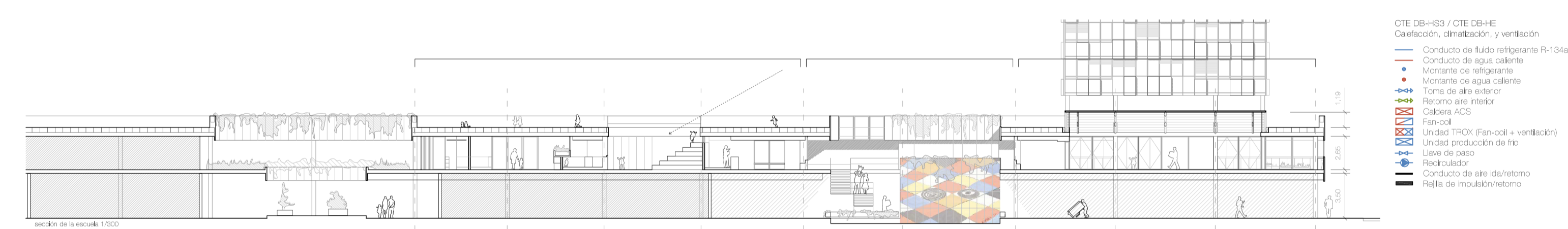
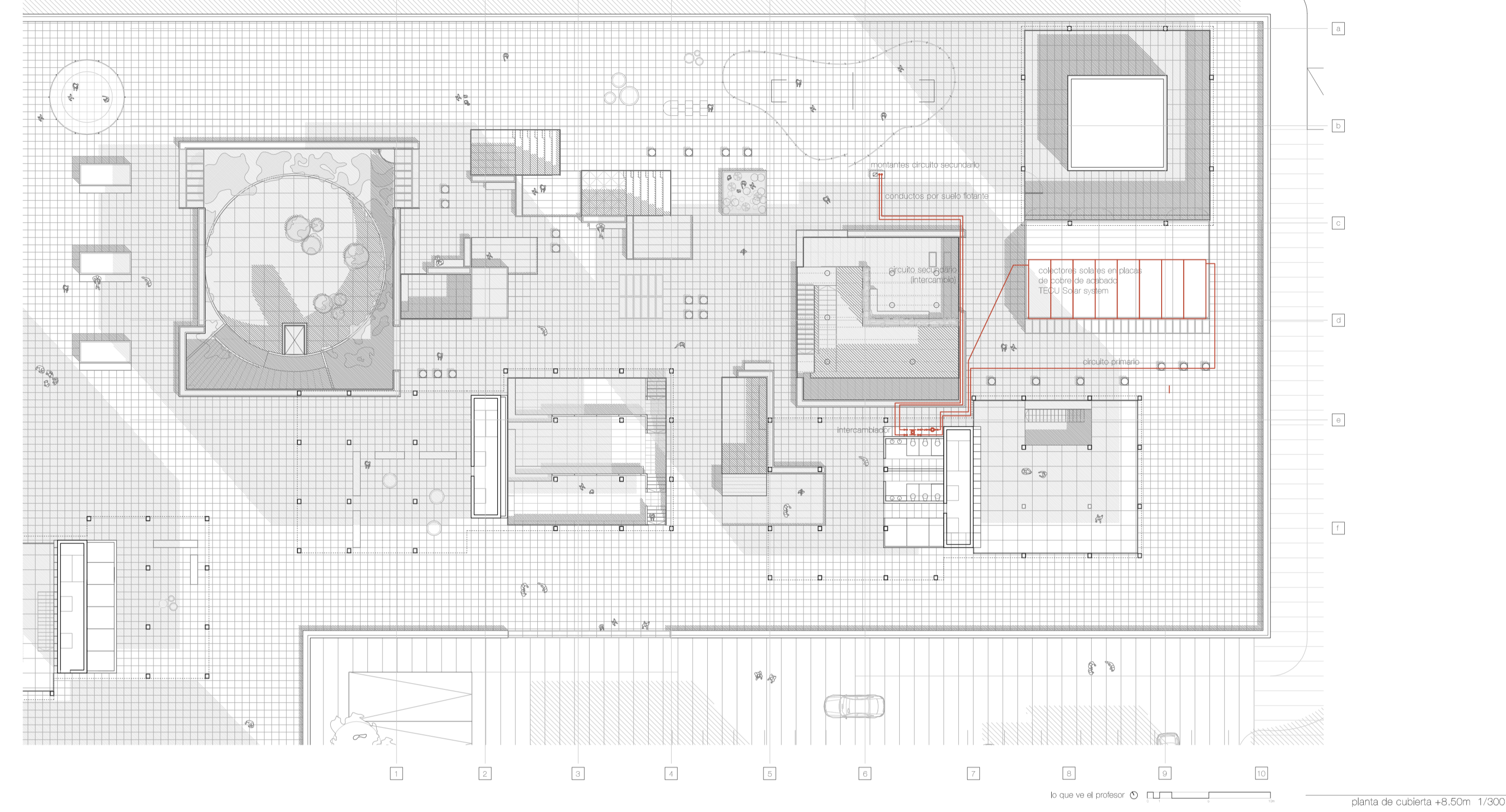
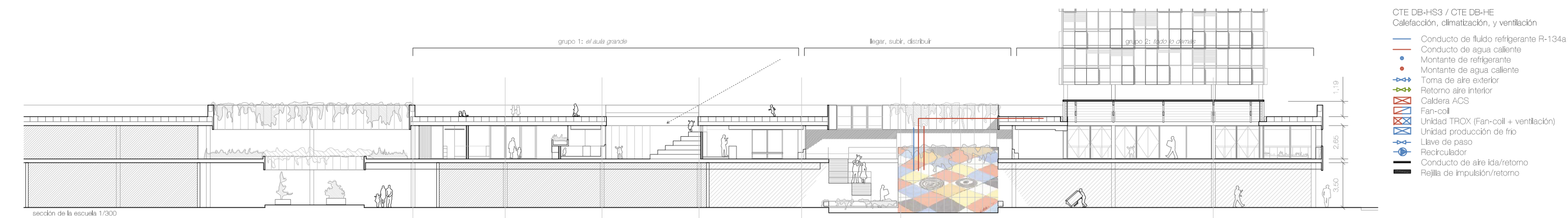
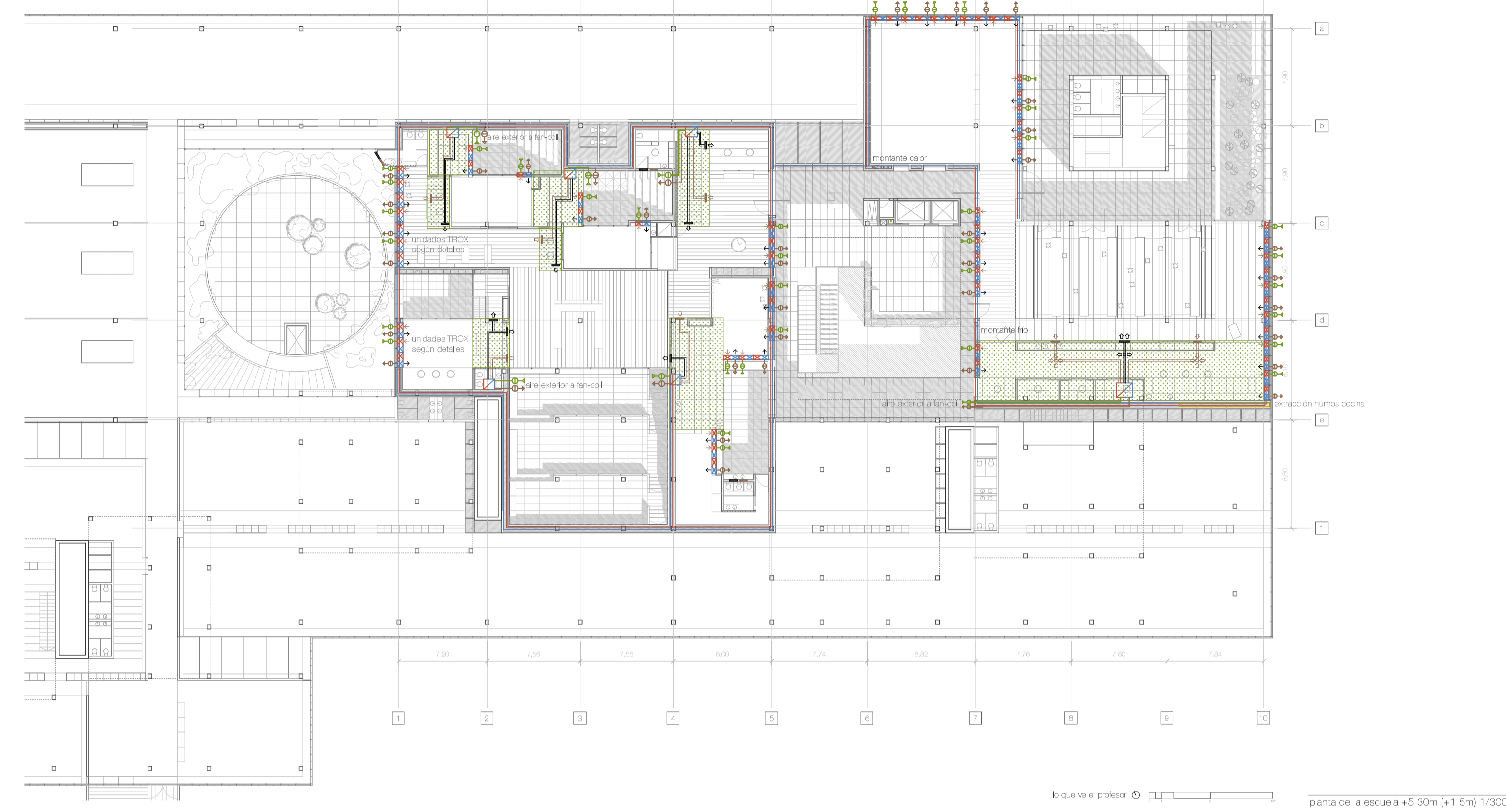
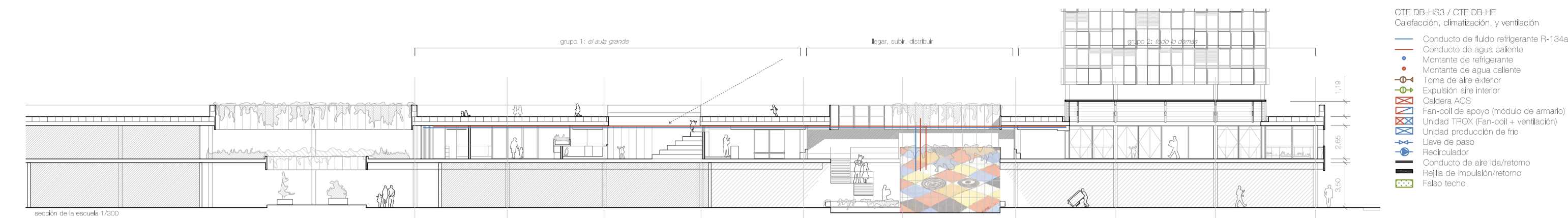
The exhaust air fan removes the air from the room near the sill and discharges it through the heat exchanger for heat recovery and the shut-off damper to outside. A coarse dust filter protects the fan and the heat exchanger for heat recovery from contamination.

Unidad TROX tipo SCHOOLAIR B

| Dimensions |      |    |
|------------|------|----|
| Height     | 200  | mm |
| Depth      | 500  | mm |
| Width      | 1200 | mm |

| Technical data          |           |       |
|-------------------------|-----------|-------|
| Supply air flow rate    | 60 – 120  | m³/h  |
| Cooling capacity, total | 280 – 560 | W     |
| Heating capacity, total | 400 – 800 | W     |
| Sound power level       | 39 – 49   | dB(A) |
| Filter (outdoor air)    | F7        |       |

Unidad FSL-U-ZAB (bajo los bancos)



Suministro de Gas

## **GAS**

### **Suministro de Gas**

#### **1.- Descripción general del sistema**

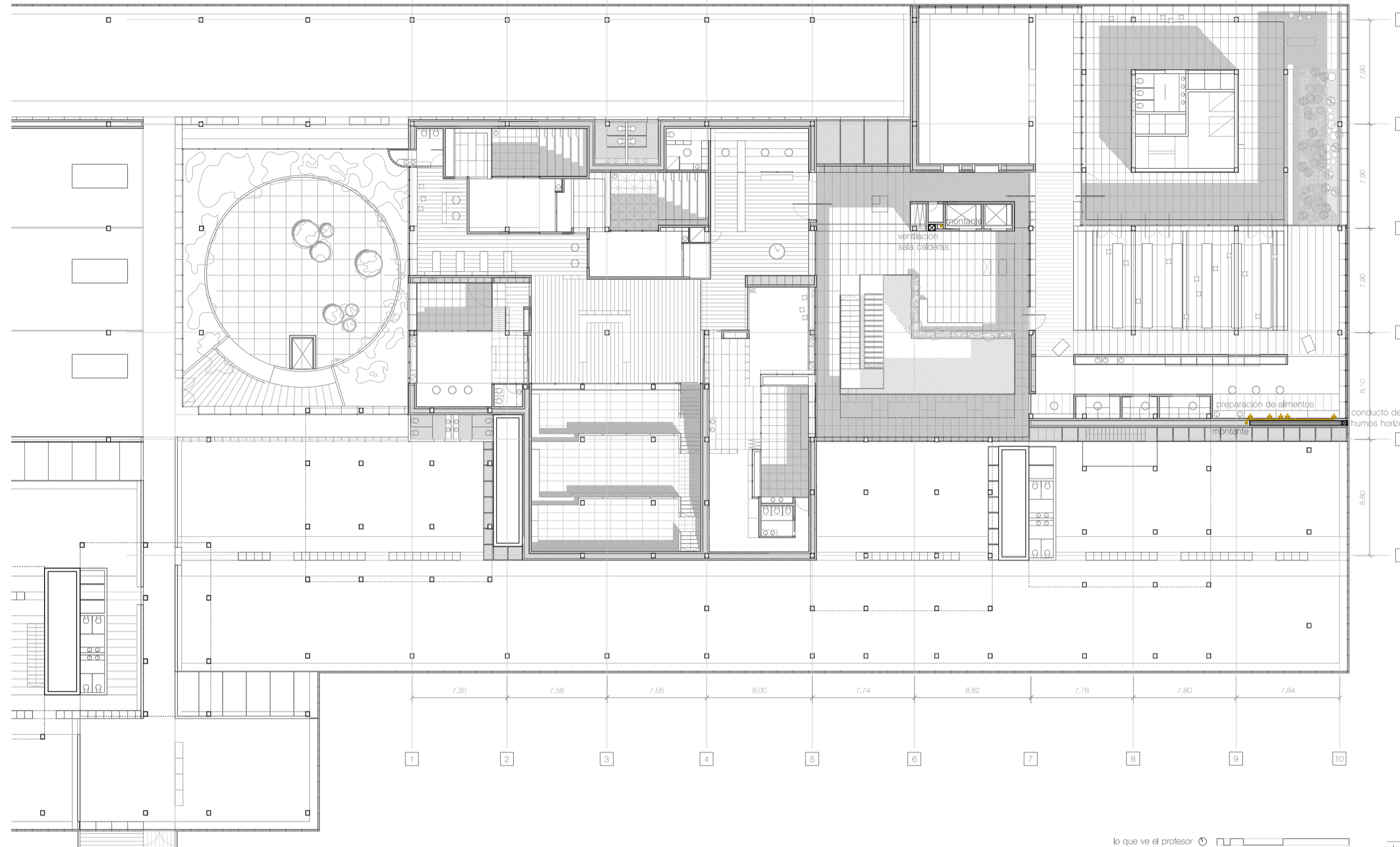
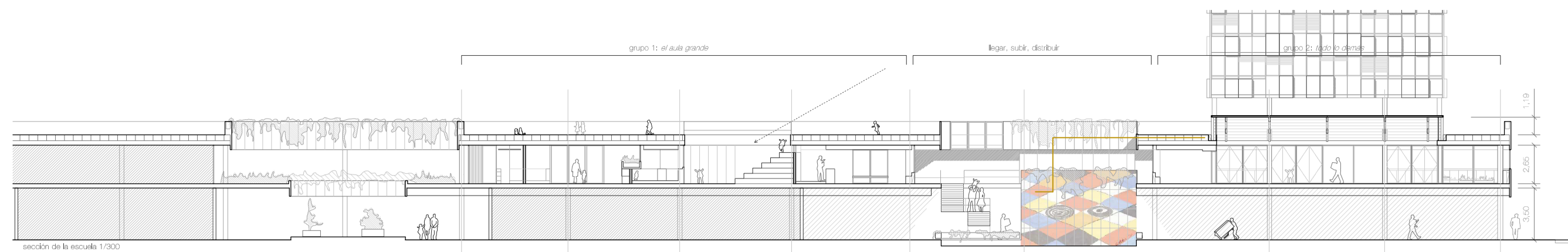
La cocina equipada para preparar alimentos para un gran número de alumnos necesita suministro de gas, así como la caldera para calefacción y ACS y el grupo electrógeno. La acometida se realiza por cubierta en una de las torres, bien desde la instalación existente, o creando una nueva acometida desde la calle. Situar los conductos y contadores de gas en cubierta tiene grandes ventajas pues nos ahorra las necesidades de ventilación excesivas y nos pone del lado de la seguridad. Los conductos discurren bajo el suelo flotante hasta los puntos en los que se construyen los montantes para abastecer tanto a caldera y grupo electrógeno como a la cocina, reduciendo drásticamente la longitud de conductos de gas en los espacios interiores de la escuela. Los montantes estarán correctamente ventilados, y "encamisados" en tubos de acero sellados por si hubiera alguna fuga. Dado que las entradas de gas son directamente a máquina, simplemente con la ventilación de los conductos recubiertos sería suficiente, pero además se plantean patinillos de ventilación forzada en las salas que tienen gas.

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

La instalación de suministro de gas estará formada por los siguientes elementos:

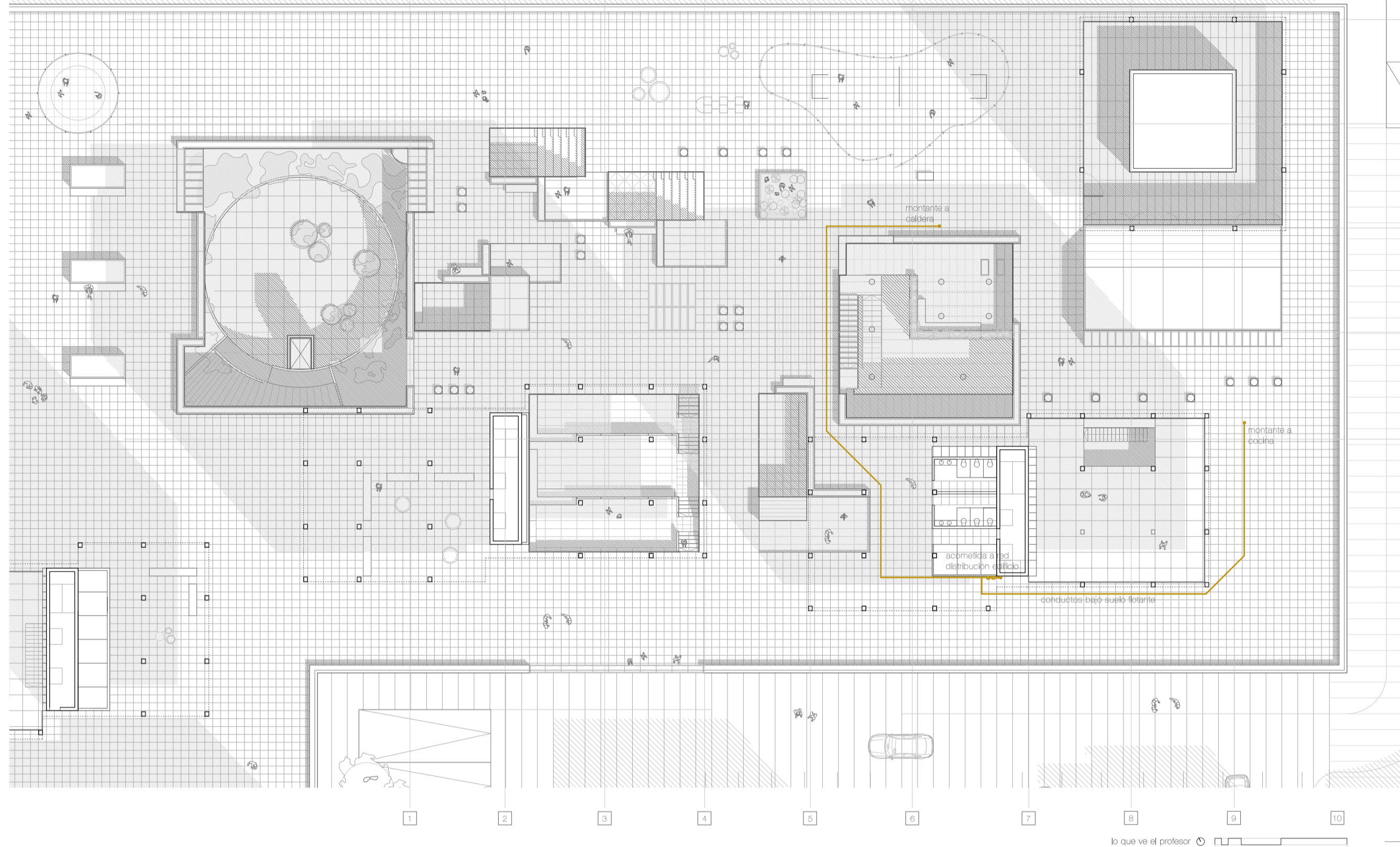
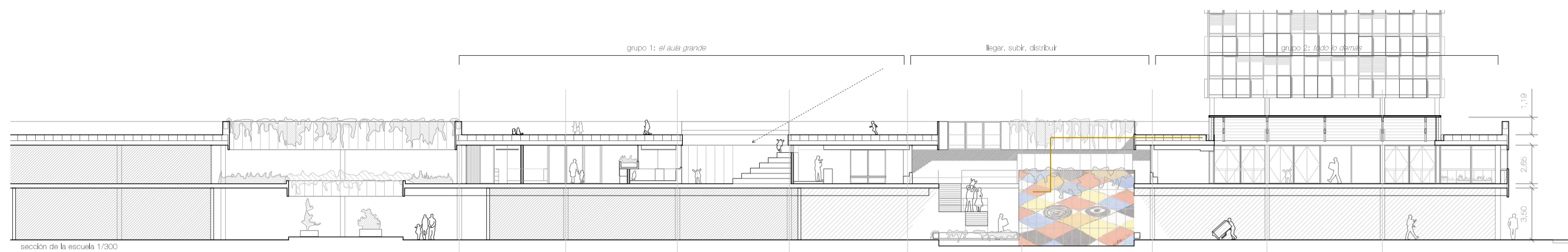
1. Acometida y contador correctamente ventilado colocado en un armario en cubierta, con llaves de corte y de abonado.
2. Conductos bajo el suelo flotante con junta abierta de la cubierta, que se entiende suficientemente ventilado.
3. Montantes y conductos en las zonas interiores de la escuela, que se resuelven introduciendo los conductos en tubos sellados, dejando una cámara ventilada para que el gas de posibles fugas suba hasta cubierta.
4. Llaves de los distintos aparatos abastecidos.
5. Patinillos o conductos de ventilación forzada en las salas con gas. En la sala de caldera se construye un patinillo hasta el patio de acceso a la escuela, con ventilación forzada, y que discurre en horizontal hasta la sala del grupo electrógeno. En la cocina se construye un conducto de ventilación forzada hasta fachada, por el interior del doble muro. Esta es la razón por la que en esta zona el perímetro no recoge los pilares en su interior.

- R.D. 919/2006  
Suministro de Gas
- Acometida (derivación)
  - Llave de paso
  - Conducto de gas a baja presión
  - Conducto de gas a media presión
  - Contador
  - Montante de gas, encapsulado y ventilado
  - Regulador de presión
  - Conducto de ventilación (forzada)



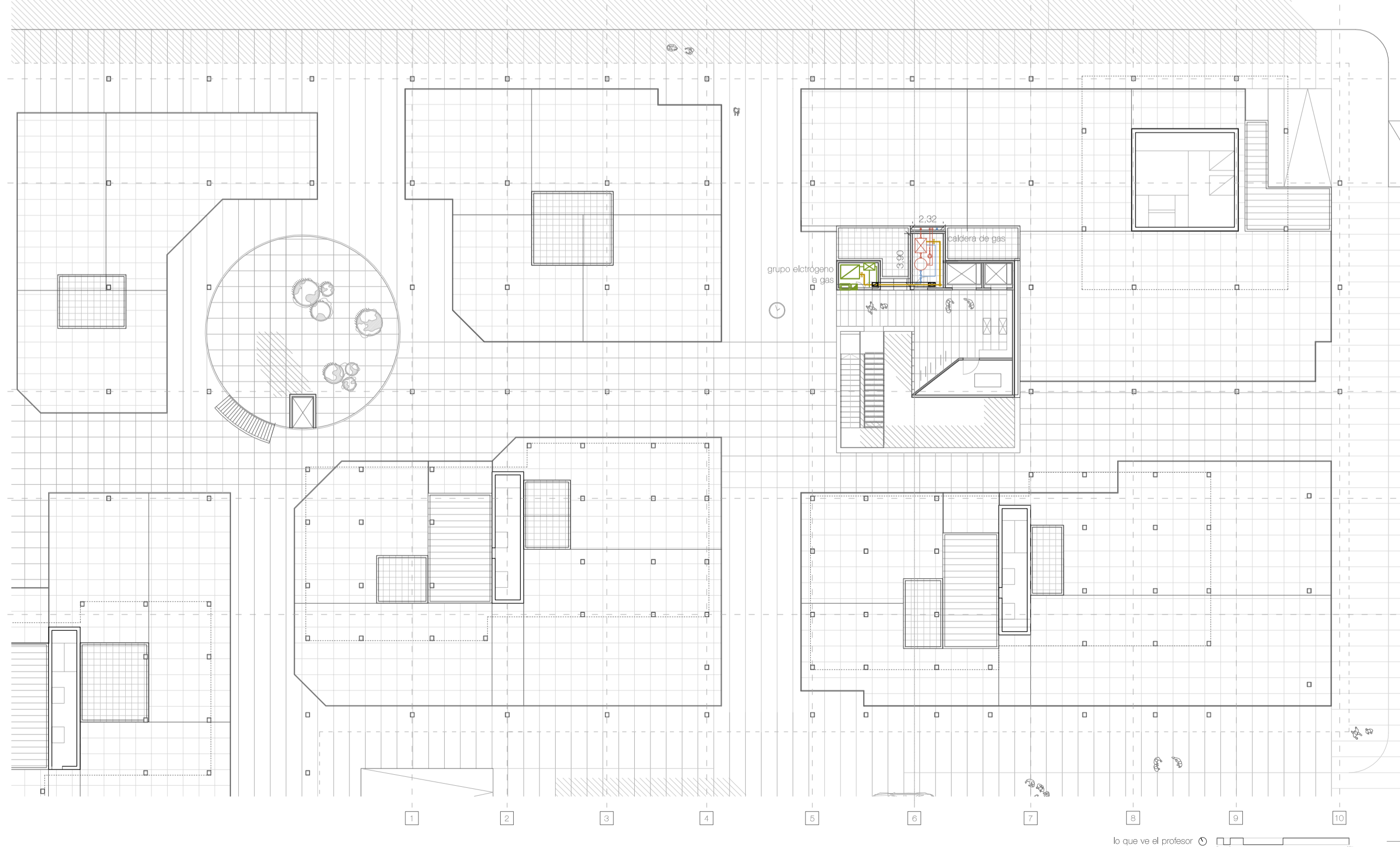
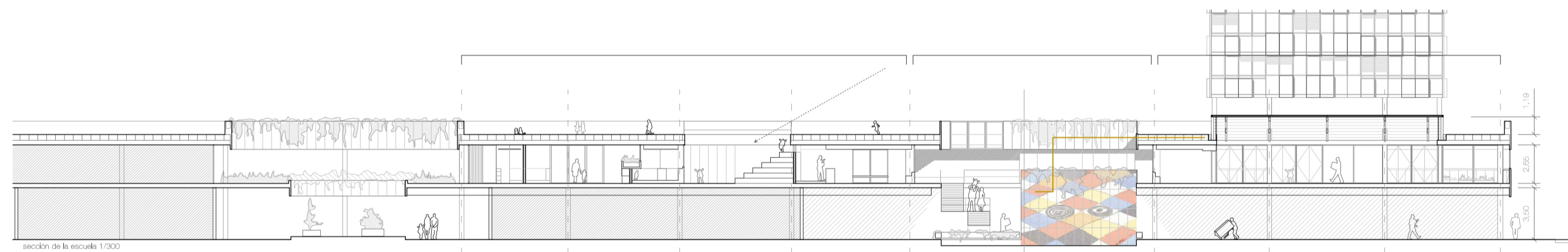
planta de la escuela +5.30m (+1.5m) 1/300

- R.D. 919/2006  
Suministro de Gas
- Acometida (derivación)
  - Llave de paso
  - Conducto de gas a baja presión
  - Conducto de gas a media presión
  - Contador
  - Montante de gas, encapsulado y ventilado
  - Regulador de presión
  - Conducto de ventilación (forzada)



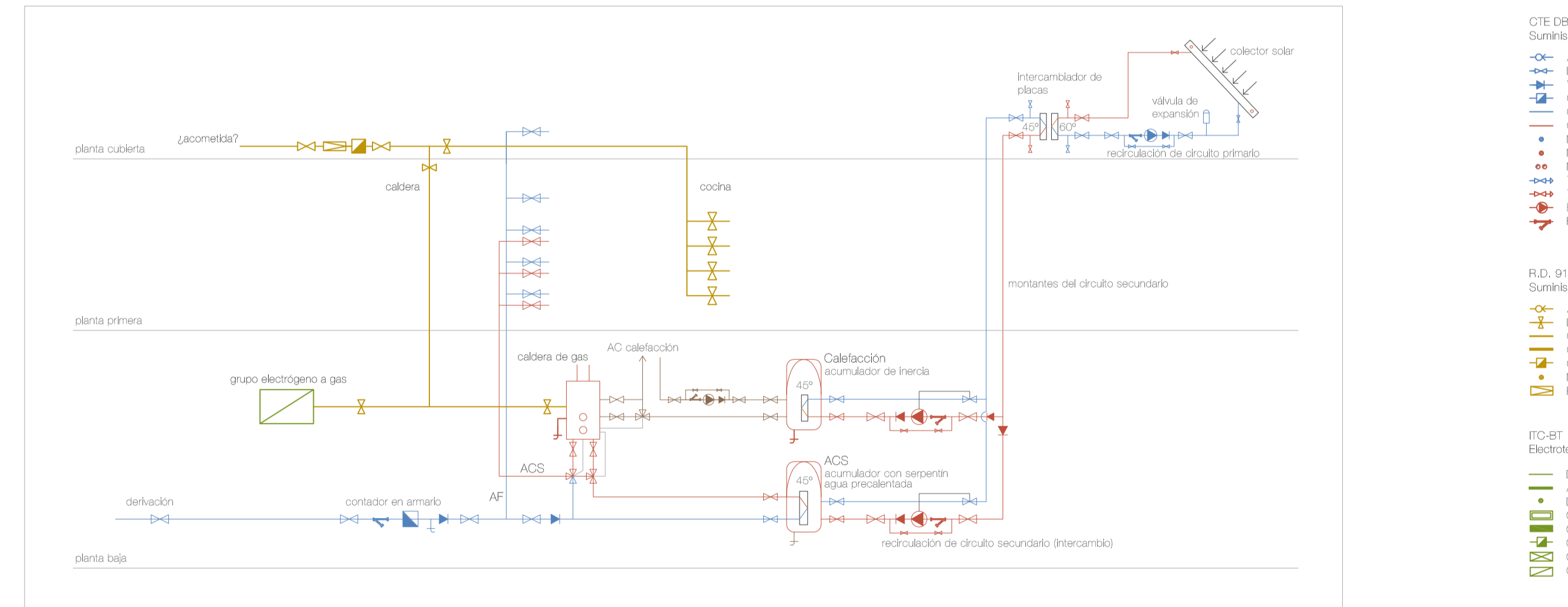
planta de cubierta +8.50m 1/300

- R.D. 919/2006  
Suministro de Gas
- Acometida (derivación)
  - Llave de paso
  - Conducto de gas a baja presión
  - Conducto de gas a media presión
  - Contador
  - Montante de gas, encapsulado y ventilado
  - Regulador de presión
  - Conducto de ventilación (forzada)



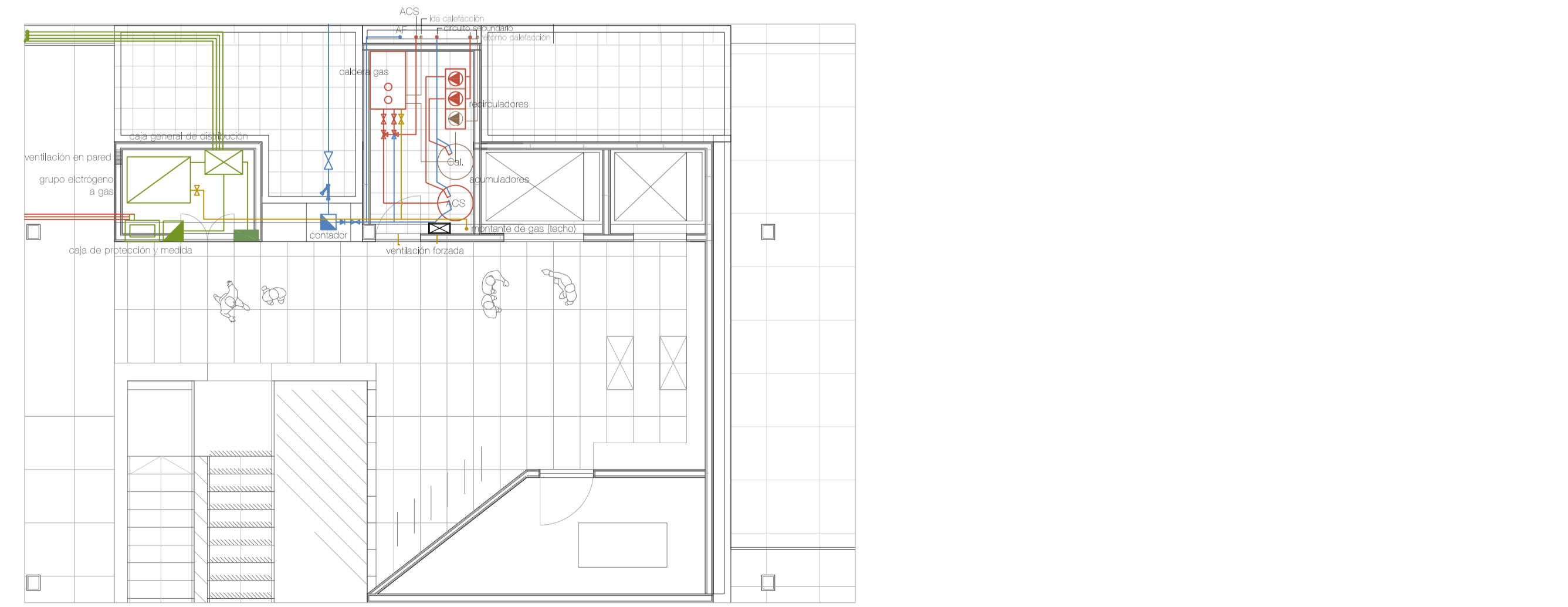
planta baja 1/300

- CTE DB-HS4  
Suministro de Agua Fría y Agua Caliente Sanitaria
- Acometida (derivación)
  - Llave de paso
  - Válvula de retención
  - Contador
  - Conducto de agua fría
  - Conducto de agua caliente
  - Montante de agua fría
  - Montante de agua caliente
  - Montante de circuito de aportación solar
  - Toma de agua fría
  - Toma de agua caliente
  - Bomba de recirculación
  - Filtro



- R.D. 919/2006  
Suministro de Gas
- Acometida (derivación)
  - Llave de paso
  - Conducto de gas a baja presión
  - Conducto de gas a media presión
  - Contador
  - Montante de gas, encapsulado y ventilado
  - Regulador de presión

- ITC-BT  
Electrotecnia
- Derivación
  - Acometida de baja tensión
  - Derivación (prioritaria)
  - Caja general de protección
  - Cuadro de distribución de cada sección
  - Contador
  - Cuadro general de baja tensión
  - Grupo electrógeno a gas



planta baja 1/300

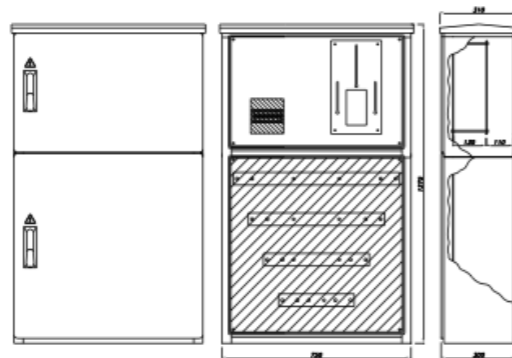
ITC-BT  
Electrotecnia + Telecomunicaciones

**ITC-BT**  
**Electrotecnia + Telecomunicaciones**

**1.- Descripción de los elementos que componen la instalación**

1. **Acometida:** se realiza enterrada en la calle Álvaro de Bazán y por falso techo de planta baja hasta la Caja de Protección y Medida en el cuarto de instalaciones en zona de acceso.
2. **CGP + Contador:** 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, ahorrando el tramo de LGA (línea general de alimentación). Se sitúa en un armario junto al cuarto de instalaciones eléctricas en planta baja, con acceso para mantenimiento y medida. En nuestro caso particular se ha estimado la potencia total de la escuela en unos 270kW con corriente trifásica como se explicará a continuación, lo que obliga a disponer fusibles en la Caja de Protección y Medida de 500A. 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 desde 198 hasta 495 kW. **En concreto la CMT-750E-I.**

**Equipos Exteriores de Medida Individual**  
Suministros trifásicos desde 198 KW hasta 495 KW  
NI42.72.00



**CD-CMT-750E-P**  
Envolventes: ARKO 57 (sup) ARKO 77 (inf)

**Composición:**

Conjunto de dos envolventes de poliéster reforzado con fibra de vidrio.  
Cierre por llave triangular de 11 mm, con dispositivo de bloqueo por candado y con tres puntos de anclaje)  
Placas soporte para equipo de medida y T.I..  
Borna de comprobación  
Cableado realizado con cable de tipo H07Z-R, no propagador de incendios, reducida emisión de humos y exento de halógenos.  
Velo transparente y precintable en policarbonato para protección de los transformadores.  
Ventana practicable y precintable para manipulación y control del contador.  
3 juegos de pletinas de cobre de para colocar los transformadores y pletina para conexión del neutro de 50x10 mm.

3. **Cuadro general de baja tensión (CGBT)**, que no es más que un cuadro general de distribución que reúne todos los distintos cuadros generales de la escuela y sus circuitos. Tendrá interruptores generales y de protección, como se observa en el esquema unifilar. Situado en el cuarto de instalaciones en planta baja.

4. **Grupo electrógeno a gas**, situado en el mismo cuarto de instalaciones que el CGBT, y que garantiza el suministro eléctrico en caso de emergencia o avería.

5. **Derivaciones individuales** a cada uno de los cuadros de distribución de las distintas zonas de la escuela, a través de un patinillo en el lugar que se indica.

6. **Cuadros de distribución de cada sección:** habrá un total de 6 cuadros de distribución:
- a. Zona de acceso en planta baja, que incluye el sistema de producción de frío y los ascensores.
  - b. Zona de acceso en planta primera
  - c. Zona de aulas
  - d. Zona del comedor
  - e. Cocina, por tratarse de una zona con mucha potencia eléctrica instalada debido al gran número de aparatos (hornos, lavavajillas, lavadoras, microondas, etc)
  - f. Zona de cubierta, incluyendo el grupo de hidropresión para recirculación del sistema primario de ACS.

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).

7. **Circuitos y conductos hasta cada aparato:** discurren, como el resto de instalaciones, por el perímetro.

**2.- Estimación de la potencia total instalada**

Aunque se podría calcular exactamente la potencia instalada, se hace una estimación que según el reglamento de baja tensión para edificios comerciales o públicos es de 100W/m<sup>2</sup>. Con ese dato, y teniendo en cuenta que la escuela tiene un total de 2045 metros cuadrados contruidos en planta primera, 260 en planta baja y 500 en cubierta (se estima una zona a iluminar coherente con el tamaño del proyecto), obtenemos una potencia de:

$$100 * (2045 + 260 + 500) = 270 \text{ kW}$$

Como se ha avanzado anteriormente, esto nos obliga a colocar una CPM de medida indirecta, porque no se pueden medir intensidades de corriente tan altas con una CPM habitual. Hay distintas CMT (Cajas de Medida indirecta mediante Transformadores de intensidad), según la intensidad total de la línea, para colocar distintos tipos de fusibles. Calcularemos la intensidad de nuestra derivación principal, con los 270kW de potencia trifásica, según la fórmula:

$$I = P / [ \text{sqrt}(3) * V * \text{conductividad} ]$$

$$I = 270 / [ \text{sqrt}(3) * 400 * 0,9 ] = 433 \text{ A}$$



Necesitamos por tanto subir hasta el escalón de **fusibles normalizados de 500A**, y para colocar fusibles de tanta intensidad es necesaria una **CMT-750E-I**, como se ha indicado anteriormente, que admite fusibles de hasta 750A.

Por último, es fácil calcular la sección de esa derivación principal, que sale de unos 300mm<sup>2</sup> según las tablas del reglamento de BT. Se puede resolver con un conducto **3x25 + 16 + 16** (tres conductores y 2 de protección por ser trifásico), que cabe en un tubo de 62mm de diámetro.

### **3.- Materiales y consideraciones constructivas**

Las líneas de distribución discurrirán verticalmente por patinillos y horizontalmente sobre bandejas metálicas por el perímetro, y estarán constituidas por conductos unipolares en el interior de tubos de PVC.

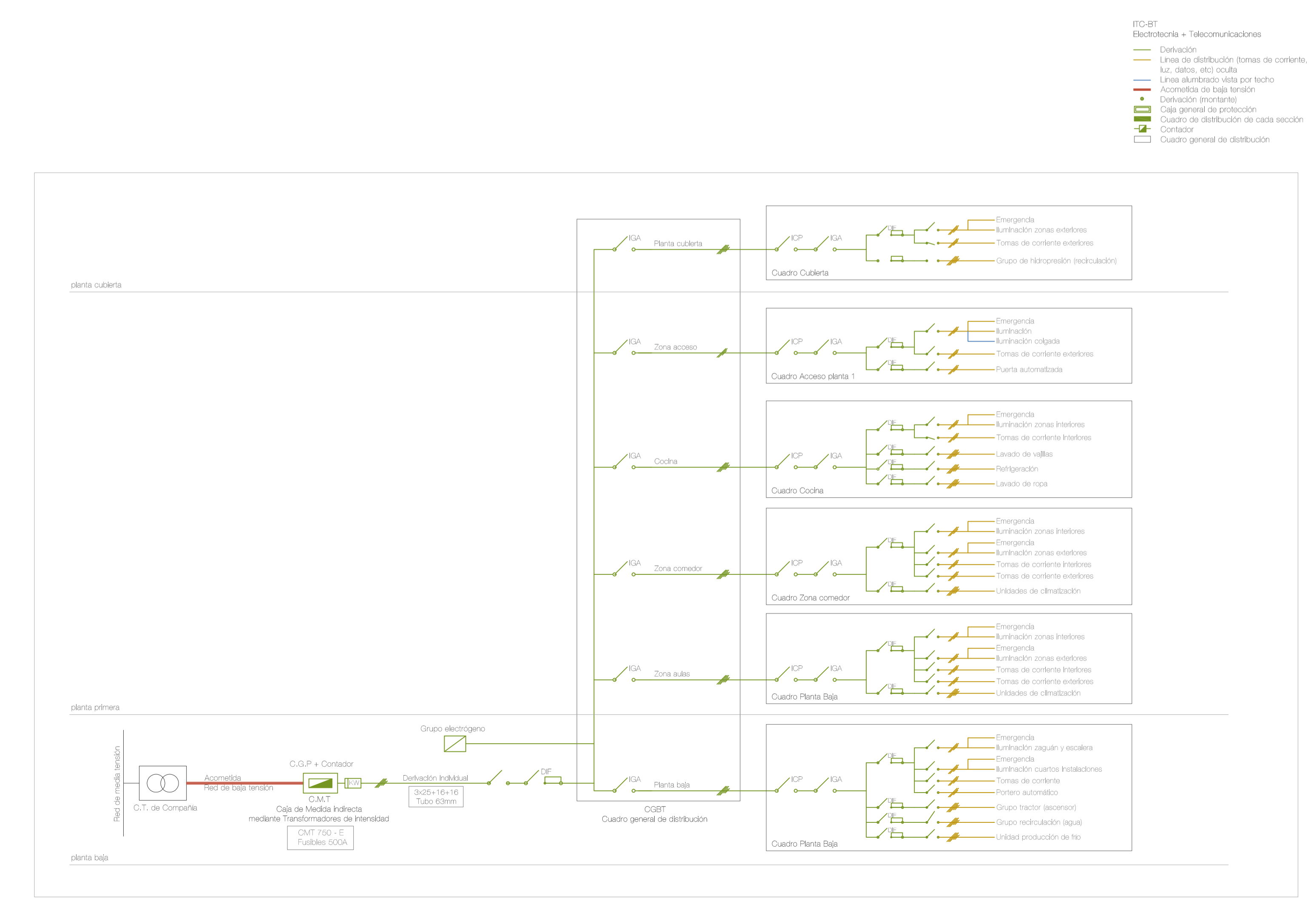
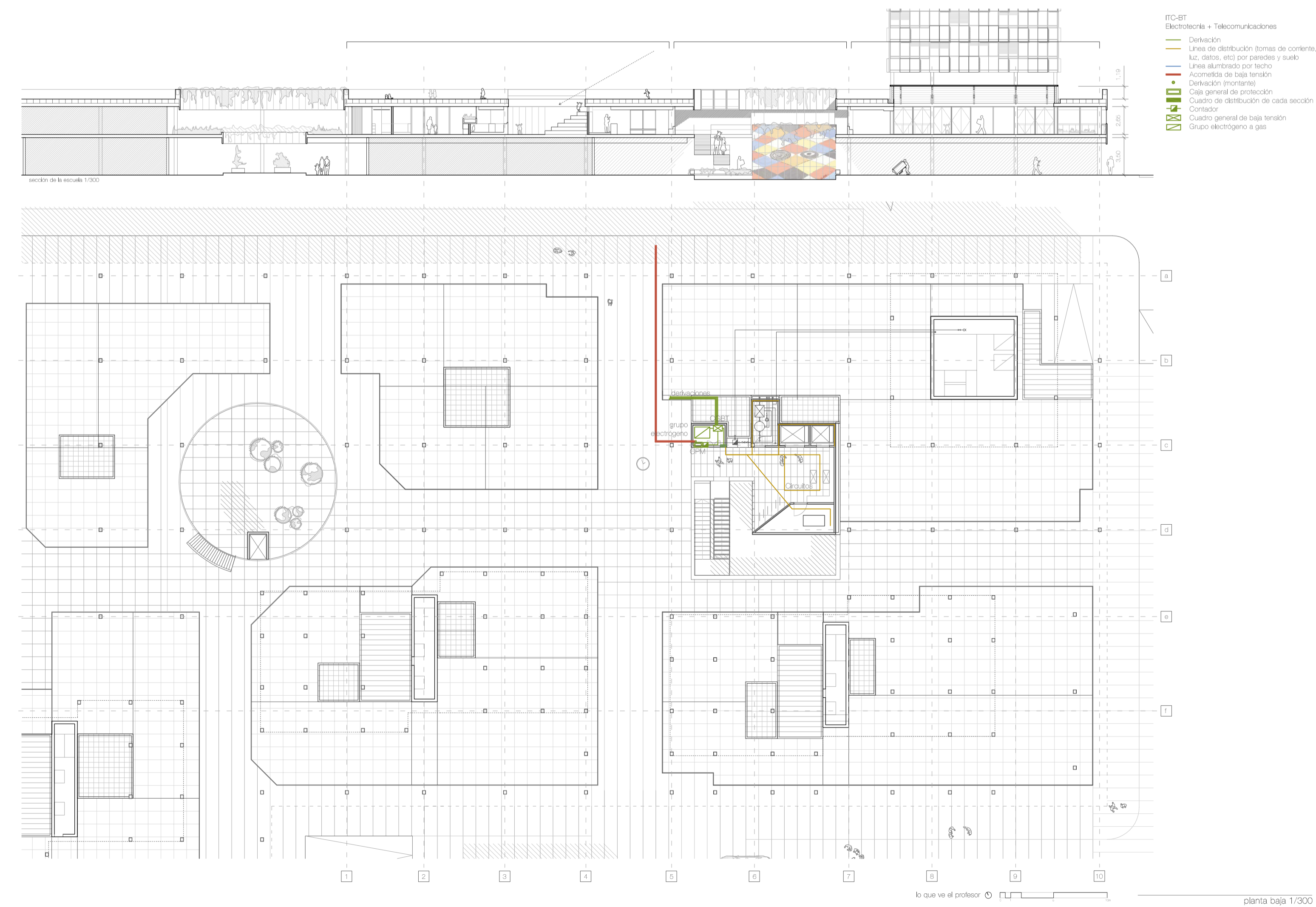
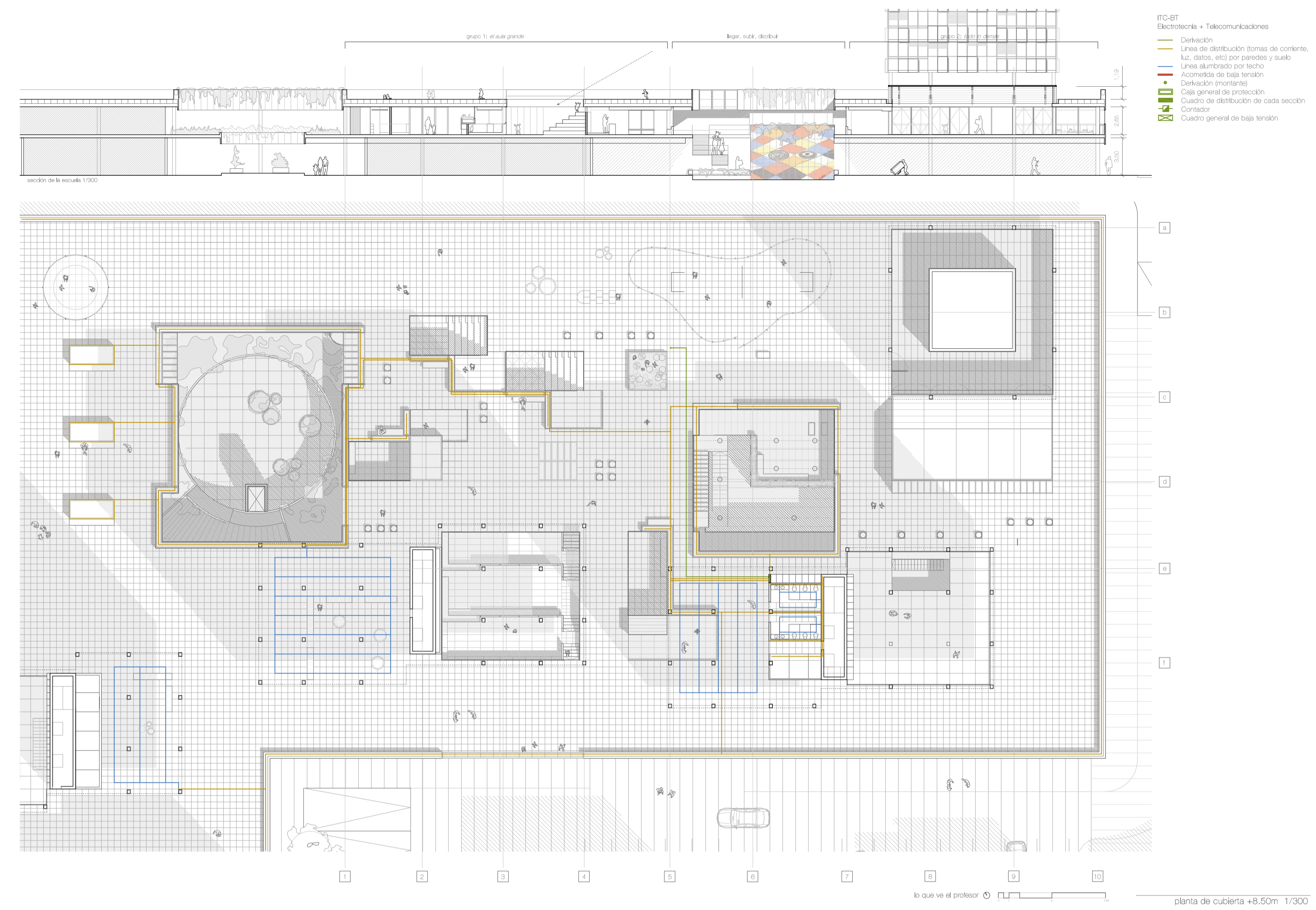
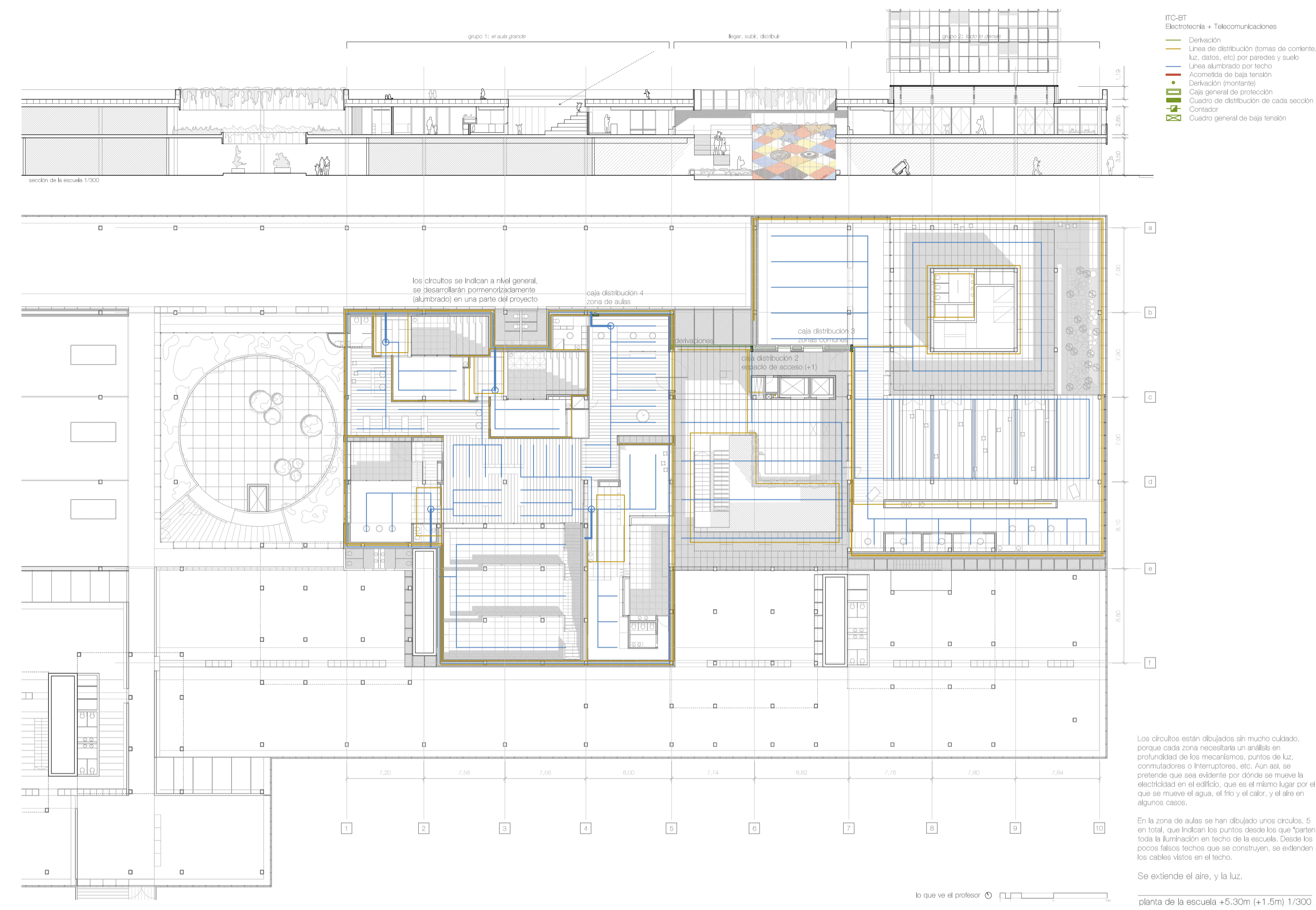
Cualquier parte de la instalación eléctrica mantendrá una separación mínima de 5cm respecto de las canalizaciones de agua y saneamiento, y siempre se colocará a una cota algo mayor, por si hubiera fugas de agua.

### **4. Telecomunicaciones**





Los recintos RITI y RITS (inferior y superior) se consideran resueltos en el conjunto de edificios. El cableado para uso telefónico, conexión a Internet, sistema audiovisual de voz y datos discurrirá verticalmente junto al resto de conductores eléctricos, y se distribuirá también por el perímetro.

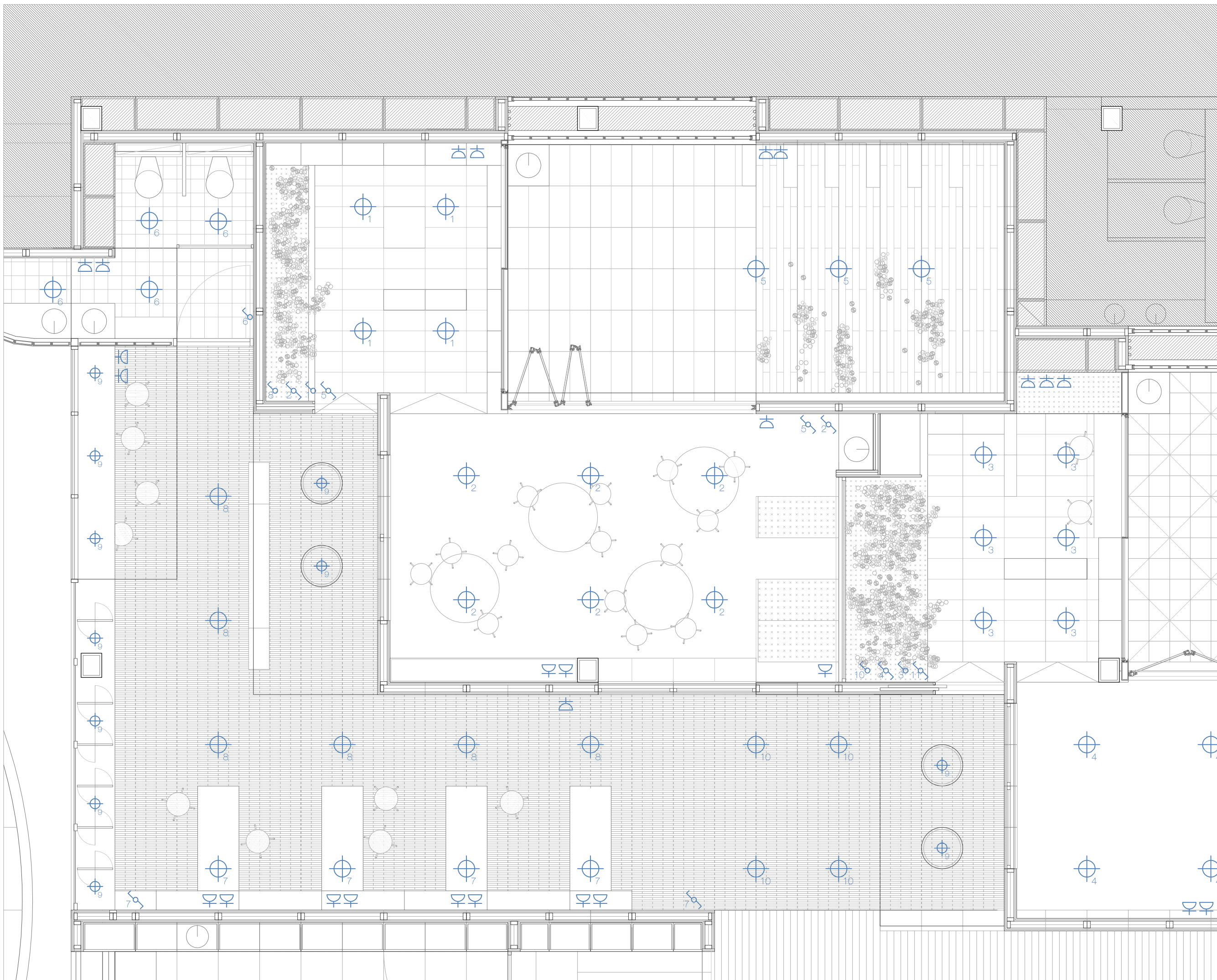
### **5. Sistemas de protección**

Los sistemas de protección contra sobretensiones, cortocircuitos, etc, se han intentado dibujar, de manera general, en el esquema unifilar, siempre teniendo en cuenta que no se ha realizado el cálculo pormenorizado de los interruptores de control de potencia (fusibles modernos), ni el del sistema de protección de tierra, que también existirá.



ITC-BT  
 Electrotecnia + Telecomunicaciones

-  Punto de luz
-  Mecanismo (toma de corriente)
-  Interruptor
-  Conmutador



LUMINOTECNIA  
Iluminación artificial de los espacios

**LUMINOTECNIA**  
**Iluminación artificial de los espacios**

**1.- Descripción general**

La iluminación que se propone es en la mayoría de los casos superficial, es decir, se coloca sobre el forjado de hormigón existente, por lo que será importante que esté ordenada y que no tome una presencia excesiva en los espacios que se pretenden acondicionar.

No son las mismas luminarias para interior o exterior, aunque sean ambas downlight empotradas, o puntos de luz colgados. Ni son las mismas en los espacios a gran altura y los de baja altura. Son distintos modelos que satisfacen las condiciones de cada lugar, así como el proyecto se adapta a cada esquina y cambio de dimensión del zócalo existente.

**2.- Luminarias escogidas para resolver la iluminación**

**Machine Tube Luminaire**

RL40- 124 S 112189021-00049060



**fitted with**

**work equipment**  
**connected load**  
**light distribution**  
**glare-free**  
**system of protection**  
**class of protection**  
**luminaire body**  
**material**  
**weight (net)**  
**mains supply**

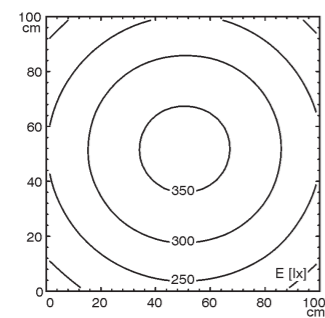
**fastening**  
**dimension**  
**light output**  
**outside diameter**  
**side part**

1 x regular fluorescent lamp T16 24W/840 G5  
 light colour neutral white, 4000 K, Color Rendering Index (CRI)=80  
 Energy efficiency category A  
 connection to a separate electronic ballast  
 depends on the ballast  
 mainly direct  
 without  
 IP 67  
 I

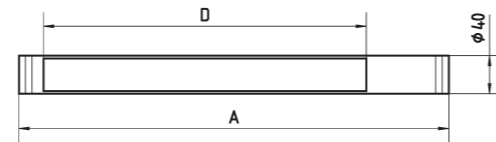
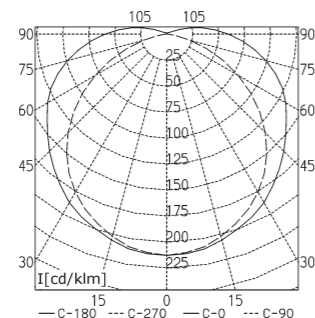
borosilicate glass  
 approx. 0.9 kg  
 connection box  
 160 BU/3  
 lamp bracket (accessory)  
 A=670 mm  
 D=541 mm  
 40 mm  
 D with screwed cable gland

**illuminance**

measuring conditions: d=100cm  
 Emin: 194 lx  
 Em: 285 lx  
 Emax: 364 lx



**distribution of luminous intensity**



Errors and technical changes excepted. Images can vary from original.

[www.waldmann.com](http://www.waldmann.com)  
 © 04.2013 H. Waldmann GmbH & Co. KG

Luminaria lineal vista



**RL 40 S**  
 (For separate electronic ballast)

The RL 40 S tube luminaire is not just extremely slimline. It is so cleverly designed and carefully constructed that its entire length is a reliable, energy-saving light source. In this way, the RL 40 S lights up machine tools with a wide-range beam.

- Light output along almost the entire length of the luminaire
- Extremely long life thanks to the use of premium quality materials
- With high luminous power and modern energy-saving technology
- For connecting to a separate ballast
- Sideparts made of fiberglass-reinforced polyamide
- High system of protection
- Resistance-tested with many cooling agents and lubricants

**Features at a glance**

- T16 or T26 fluorescent lamp
- Color temperature neutral white 4,000 K
- Direct beam
- Luminaire body of clear acrylic or borosilicate glass
- Integration by various brackets from the accessories
- Switchable, via control cabinet
- System of protection IP67; class of protection I
- Supplied without mains lead with screwed cable gland
- Various brackets and electronic ballasts as accessories

Luminaria lineal vista

**Integrated Machine Luminaire**

EBL 211 110971000-00052312



**fitted with**

**work equipment**

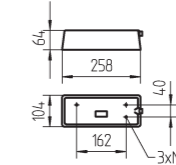
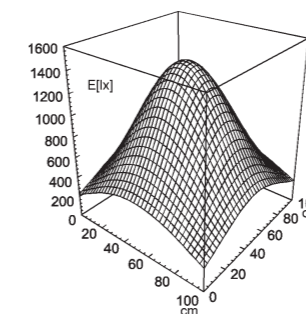
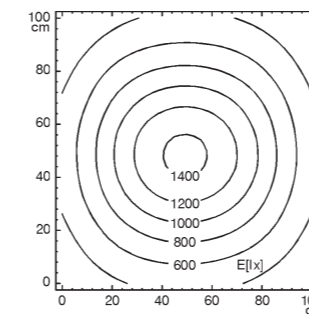
**connected load**  
**power consumption**  
**system of protection**  
**class of protection**  
**technology**  
**usage**  
**luminaire body**  
**material**  
**surface**  
**colour**  
**lamp cover**  
**weight (net)**  
**mains lead**

**fastening**

2 x compact fluorescent lamp TC-S 11W/840 G23  
 light colour neutral white, 4000 K, Color Rendering Index (CRI)=82  
 Energy efficiency category A  
 conventional ballast  
 Energy efficiency index (EEI): B1  
 230 V/ 50 Hz  
 approx. 25 W  
 IP 54  
 I  
 switchable  
 without switch  
  
 aluminium  
 painted  
 stone grey  
 screen, milky  
 approx. 2.1 kg  
 approx. 3.0 m; connector  
 3-polig  
 self-tapping 3xM6

**illuminance**

measuring conditions: 50  
 Emin: 217 lx  
 Em: 673 lx  
 Emax: 1424 lx



Errors and technical changes excepted. Images can vary from original.

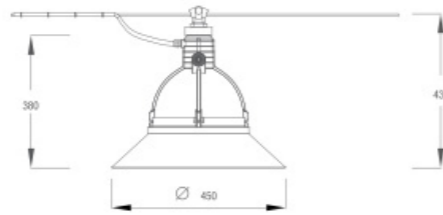
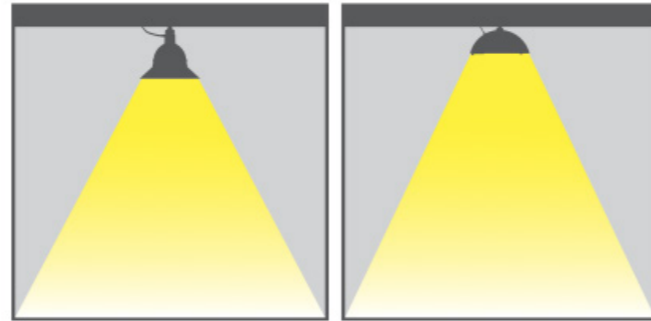
[www.waldmann.com](http://www.waldmann.com)  
 © 04.2013 H. Waldmann GmbH & Co. KG

Luminaria exterior (apoyo)

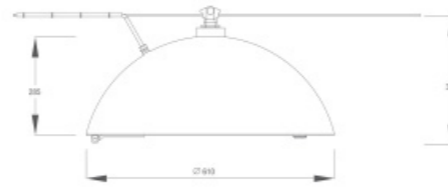


heper

| LUMINAIRE | CODE       | DESCRIPTION    |  |
|-----------|------------|----------------|--|
|           | LC4026.606 | 4 * HM 6 LED   |  |
|           | LC4026.412 | HIT 70W G12    |  |
|           | LC4026.414 | HIT 150W G12   |  |
|           | LC3002.609 | 3 * HM 12 LED  |  |
|           | LC3002.412 | HIT 70W G12    |  |
|           | LC3002.302 | HS-HR 70W E27  |  |
|           | LC3002.303 | HS-HR 100W E40 |  |
|           | LC3002.414 | HIT 150W G12   |  |
|           | LC3002.304 | HS-HR 150W E40 |  |
|           | LC3002.415 | HIT 250W G12   |  |
|           | LC3002.305 | HS-HR 250W E40 |  |



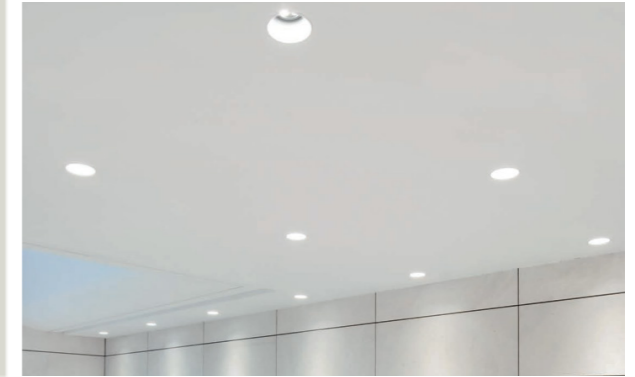
LC4026



LC3002

Luminaria sobre catenaria en patios de acceso

# GAP



GAP 12V 0354-00-00- | W | N | MAX 50W

GAP 230V 0355-00-00- | W | N | MAX 50W

FRAME ACCESSORY GAP 2 0836-02-00- | W | N |

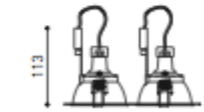
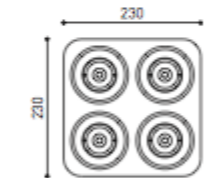
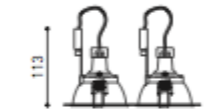
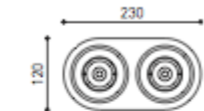


FRAME ACCESSORY GAP 4 0836-04-00- | W | N |



COLOUR | W | N |

MATERIAL | AL | \*LED OPTIONS & ⓘ » 394



Luminaria interior, downlight

## 519687 - GEAR BOX CON-250 HPS 150W 230V 50Hz

Specifications Photometric Data Accessories

### Technical Parameters:

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Weight [kg]                | 5.1  |
| Mounting type              | Suspended                                      |
| Lamp type                  | High Intensity Discharge, High Pressure Sodium |
| Number of light sources    | 1  |
| Total system power [w]     | 150  |
| Dimmability                | NO   |
| IP optical compartment     | IP54   |
| IP electrical compartment  | IP54   |
| Impact resistance          | IK08   |
| Class                      | Class I  |
| Operating temperature [°C] | 25   |
| Regulations                | Ecodesign, RoHs, REACH, Low Voltage Directive  |
| Certifications             | CE   |
| Pack quantity              | 1  |

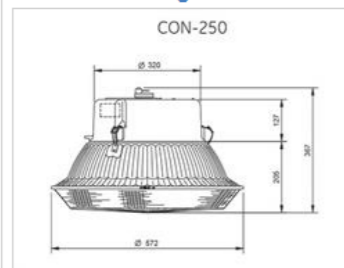


### Downloads

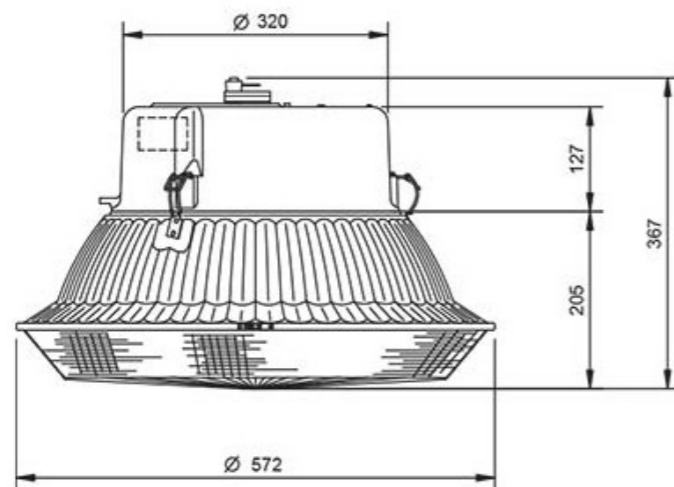
- Download high-resolution image
- Download LDT file
- Download ES file
- Use in DIALux

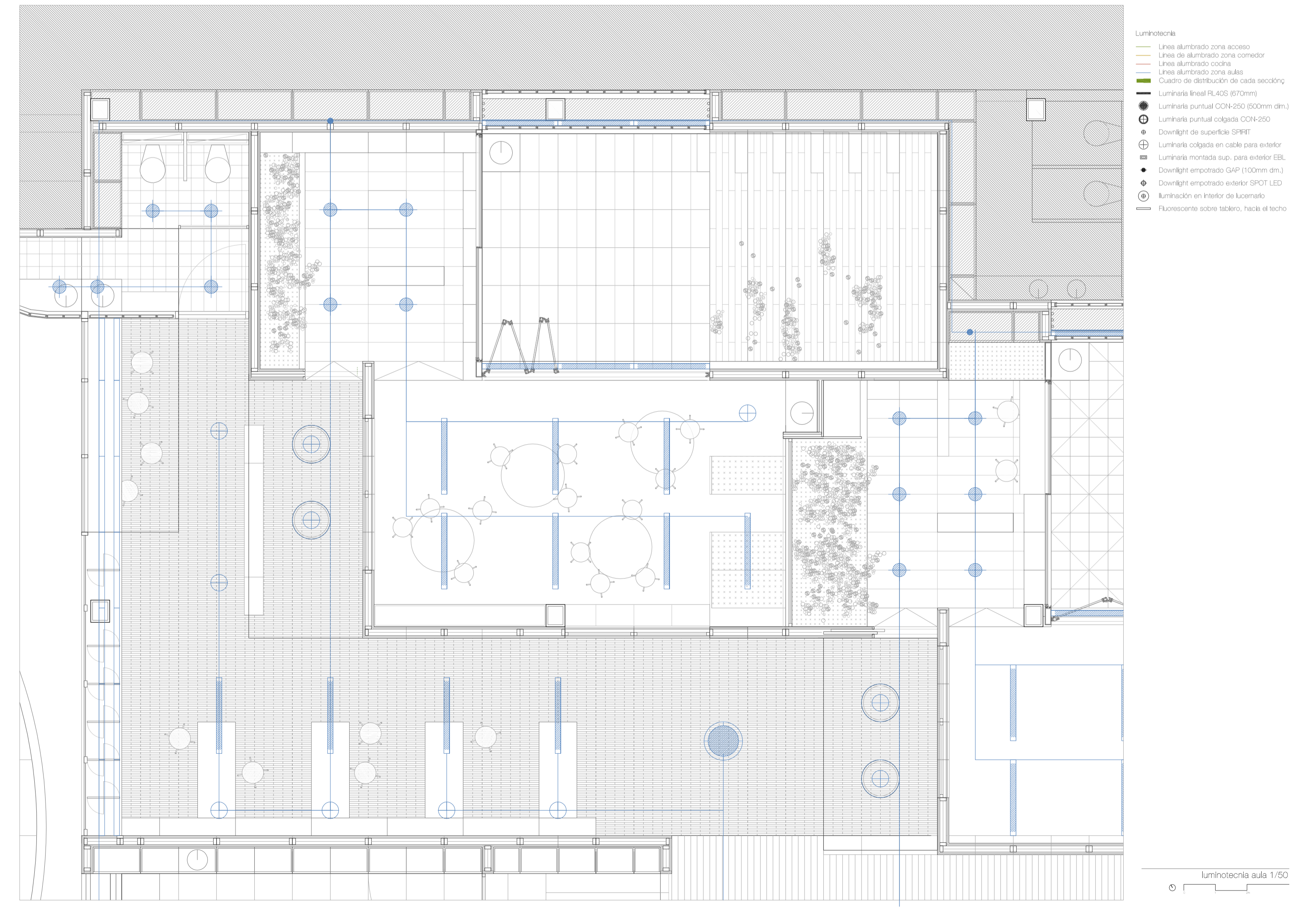
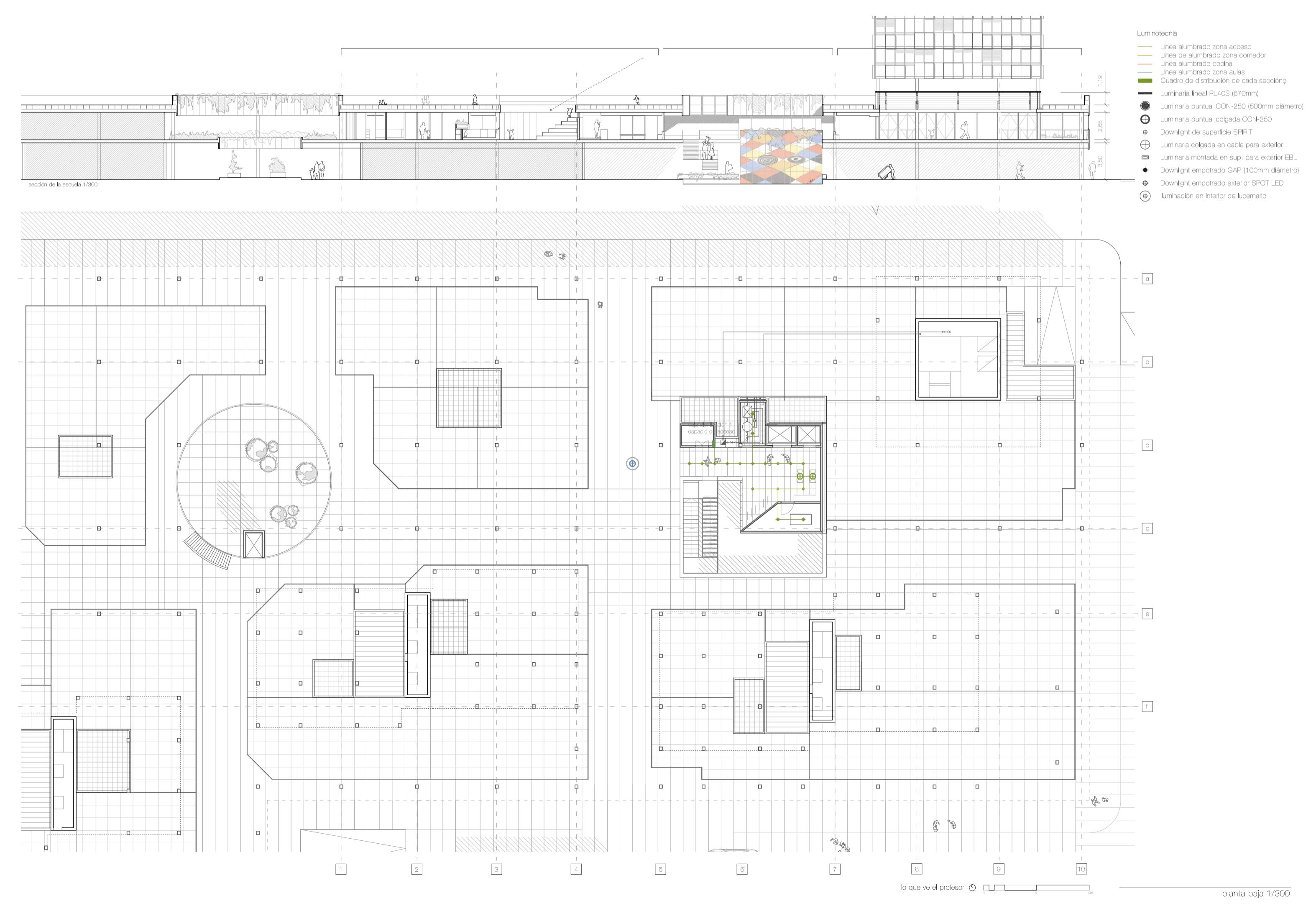
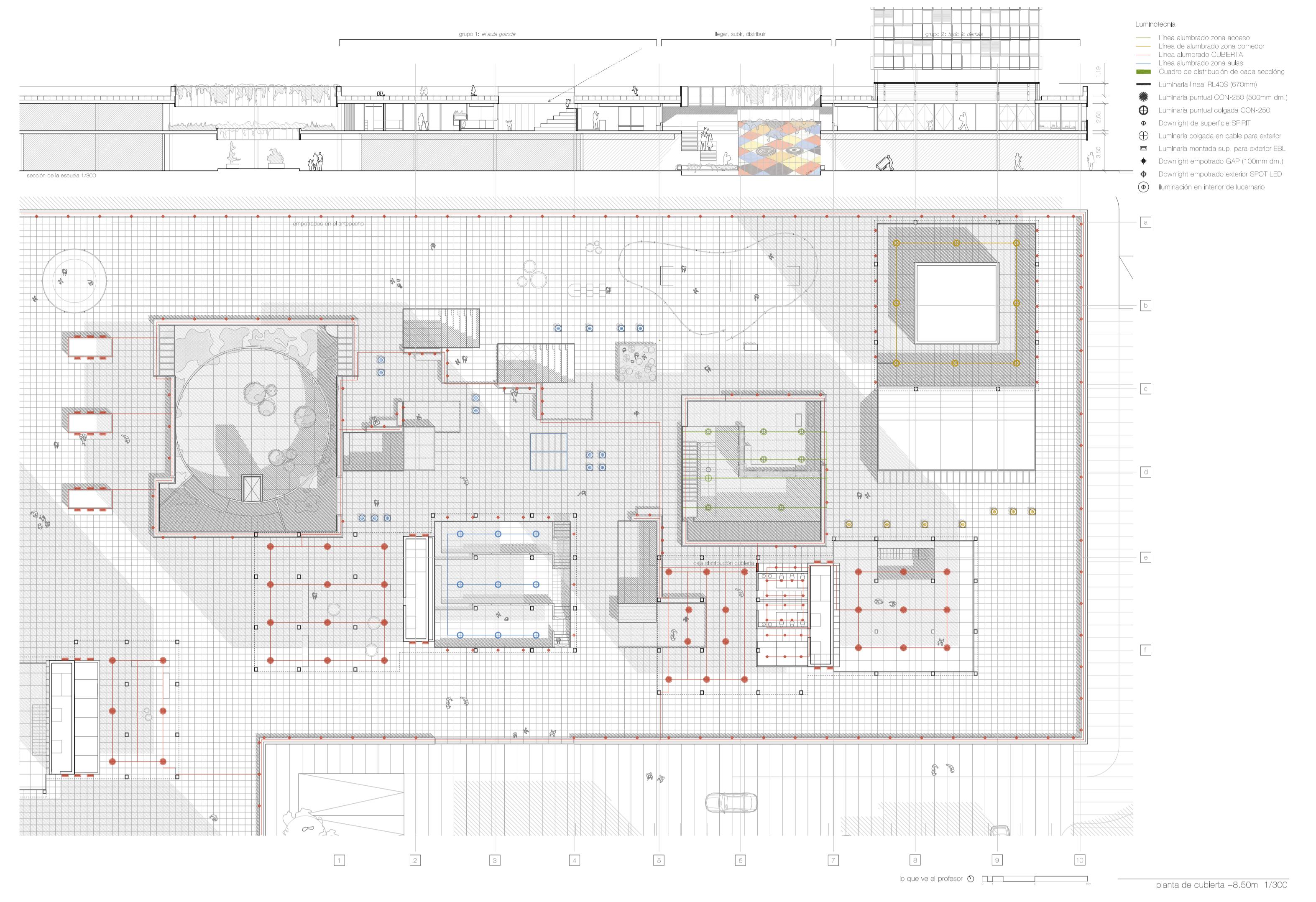
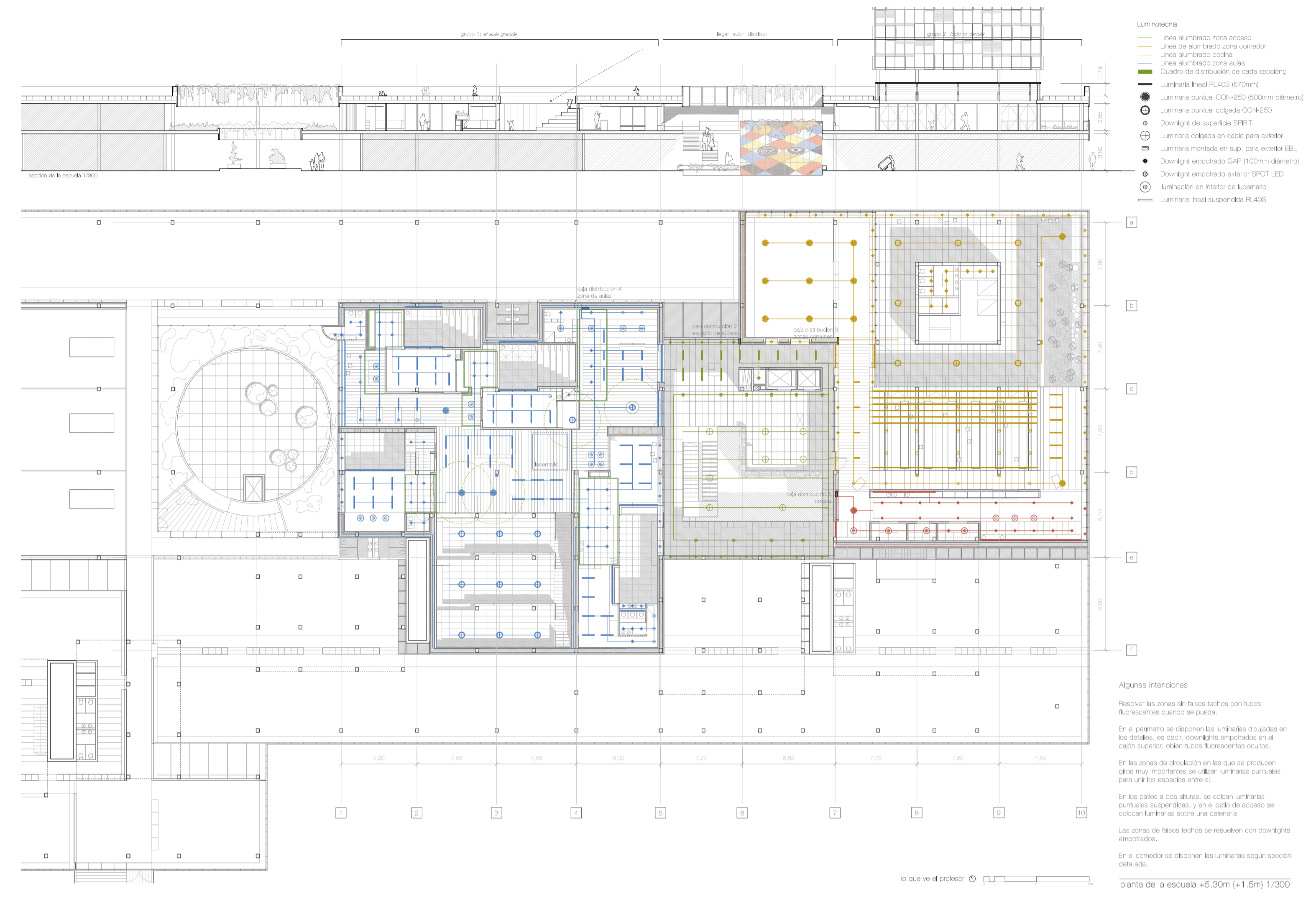


### Technical drawing:



CON-250







CTE DB-SI  
Seguridad en caso de Incendio

## CTE DB-SI Seguridad en caso de incendio

### 1. PROPAGACIÓN INTERIOR

#### 1.1- Compartimentación en sectores de incendio

La escuela se sitúa en el interior de un zócalo de uso administrativo y comercial en planta baja, por lo que será imprescindible que forme un sector de incendio diferenciado del resto de usos.

En cuanto a la división en un mayor número de sectores, para edificios de uso docente, se propone la compartimentación en varios sectores de incendio cuando la superficie contruida exceda de 4000 metros cuadrados. La escuela tiene un total de 2000 metros cuadrados por lo que no será necesaria la división en varios sectores de incendio. Aún así, dado que la escuela se separa en dos paquetes casi independientes, unidos por un espacio exterior de acceso, se propone su división en dos sectores independientes con las superficies:

**Zona aulas: S1** = 835 m<sup>2</sup>

**Zona comedor: S2** = 800 m<sup>2</sup>

El resto de espacios de la escuela son exteriores y por sus dimensiones y situación son considerados:

**Patio de acceso:** Parte de la escalera de evacuación abierta al exterior (especialmente protegida), con una superficie de 180 m<sup>2</sup>.

**Cubierta:** Sector de riesgo mínimo, con salida a espacio exterior seguro (a través de los núcleos de las torres o a través del puente que une los zócalos de ambos edificios)

**Acceso en planta baja:** Sector de riesgo mínimo, con salida a espacio exterior seguro a través de el pasaje comercial abierto a las calles Álvaro de Bazán o Plaza del Profesor Tamarit Olmos.

La resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio, para nuestra altura de evacuación de 3.5 metros, será **EI-90 para los sectores de incendio 1 y 2** con el resto de sectores del edificio que no sean de riesgo mínimo, y **EI-120 para la separación de los sectores de riesgo mínimo** (patio de acceso) con el resto de sectores del edificio. Por tanto la separación de la zona de aulas y del comedor con el patio de acceso tendrá que tener una resistencia EI-120, y el resto de separaciones únicamente una EI-90.

#### 1.2.- Locales y zonas de riesgo especial

Se consideran locales de **riesgo especial bajo** los siguientes:

- Almacén de residuos en la zona de la cocina (5m<sup>2</sup>)
- Sala de unidad de producción de frío en planta baja
- Sala de contadores eléctricos y grupo electrógeno en planta baja
- Sala de bomba de recirculación en cubierta
- Almacén de comida, con máquinas frigoríficas de potencia menor que 400kW

Se consideran locales de **riesgo especial medio** los siguientes:

- Cocina con potencia instalada entre 30 y 50 kW
- Sala de calderas con potencia entre 200 y 600 kW

Estos locales cumplirán las siguientes condiciones:

| Característica  | Riesgo bajo           | Riesgo medio               |
|---|-----------------------|----------------------------|
| Resistencia al fuego de la estructura portante <sup>(2)</sup>   | R 90                  | R 120                      |
| 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                     |
| Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio                                      | -                     | Sí                         |
| Puertas de comunicación con el resto del edificio   | EI <sub>2</sub> 45-C5 | 2 x EI <sub>2</sub> 30 -C5 |
| Máximo recorrido hasta alguna salida del local <sup>(5)</sup>   | ≤ 25 m <sup>(6)</sup> | ≤ 25 m <sup>(6)</sup>      |

Para satisfacer las condiciones se revestirán los pilares y forjados con material ignífugo, y se situarán cerca de las salidas a sector de riesgo mínimo. En el caso de la cocina, se dibuja la posición de los posibles vestíbulos de independencia, indicados con las letras "VI". No se conocía la existencia de esta condición hasta una etapa muy avanzada del proyecto, y no se ha resuelto por completo. Ya se sabe para la próxima.

#### 1.3.- Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios

"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 puede optarse por una de las siguientes alternativas:"

- "Disponer un elemento que, en caso de incendio, obture automáticamente la sección de paso y garantice en dicho punto una resistencia al fuego al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática EI t (i-o) siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado, o un dispositivo intumescente de obturación."
- "Elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación EI t (i-o) siendo t el tiempo de resistencia al fuego requerida al elemento de compartimentación atravesado."

### 2. PROPAGACIÓN EXTERIOR

#### 2.1- Medianerías y fachadas

No existe propagación vertical puesto que es la última planta del edificio, y la única.

La propagación horizontal por medianerías está resuelta siempre con la disposición de zonas macizas entre sectores, de un mínimo de 60cm. En la separación de la cocina con las oficinas esta zona maciza es aún más gruesa, impidiendo la propagación.

#### 2.2- Cubierta

Tampoco existe riesgo de propagación, por ser una cubierta aislada de los edificios del entorno, y existir huecos de una planta con el arranque de las torres.

### 3. EVACUACIÓN DE LOS OCUPANTES

#### 3.1- Compatibilidad de los elementos de evacuación

Los establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia de cualquier superficie y los de uso Docente, Hospitalario, Residencial Público o Administrativo cuya superficie construida sea mayor que 1.500 m<sup>2</sup>, si están integrados en un edificio cuyo uso previsto principal sea distinto del suyo, deben cumplir las siguientes condiciones:

a) sus salidas de uso habitual y los recorridos hasta el espacio exterior seguro estarán situados en elementos independientes de las zonas comunes del edificio y compartimentados respecto de éste de igual forma que deba estarlo el establecimiento en cuestión, según lo establecido en el capítulo 1 de la Sección 1 de este DB. No obstante, dichos elementos podrán servir como salida de emergencia de otras zonas del edificio,

b) sus salidas de emergencia podrán comunicar con un elemento común de evacuación del edificio a través de un vestíbulo de independencia, siempre que dicho elemento de evacuación esté di- mencionado teniendo en cuenta dicha circunstancia.

Los elementos de evacuación de la escuela y de las oficinas son independientes de los elementos de las zonas comunes del uso principal que es el residencial, e incluso independientes entre sí. Existe una salida de emergencia que comunica con el núcleo de comunicación de una de las torres, y se cumple la condición del vestíbulo de independencia a la hora de construirla.

#### 3.2- Cálculo de la ocupación

Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil de cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor o bien cuando sea exigible una ocupación menor en aplicación de alguna disposición legal de obligado cumplimiento, como puede ser en el caso de establecimientos hoteleros, docentes, hospita- les, etc. En aquellos recintos o zonas no incluidos en la tabla se deben aplicar los valores correspon- dientes a los que sean más asimilables.

A efectos de determinar la ocupación, se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

Tabla 2.1. Densidades de ocupación <sup>(1)</sup>

| Uso previsto  | Zona, tipo de actividad   | Ocupación (m <sup>2</sup> /persona) |
|---|---|-------------------------------------|
| Cualquiera  | Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de manteni- miento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc. | Ocupación nula                      |
|   | Aseos de planta   | 3                                   |
| Docente   | Conjunto de la planta o del edificio  | 10                                  |
|   | Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.  | 5                                   |
|   | Aulas (excepto de escuelas infantiles)  | 1,5                                 |
|   | Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas  | 2                                   |
| Pública concurrencia  | Zonas destinadas a espectadores sentados:   |                                     |
|   | con asientos definidos en el proyecto   | 1pers/asiento                       |
|   | sin asientos definidos en el proyecto   | 0,5                                 |
|   | Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc.  | 1                                   |
|   | Zonas de público en restaurantes de "comida rápida", (p. ej: hamburgueserías, pizzerías...)   | 1,2                                 |
|   | Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.   | 1,5                                 |
| Salas de espera, salas de lectura en bibliotecas, zonas de uso público en museos, galerías de arte, ferias y exposiciones, etc. | 2   |                                     |

Pasamos a calcular la ocupación de cada sector:

- Sector 1, Zona de aulas:

Aseos: 18m<sup>2</sup> --> 6 personas  
 Zonas de acceso, coserjería, despachos: 90m<sup>2</sup> --> 9 personas  
 Zona de talleres, aula multifuncional: 320m<sup>2</sup> --> 64 personas  
 Aulas escuela infantil: 220m<sup>2</sup> --> 110 personas (alumnos)

Hay que tener en cuenta que las zonas de talleres no se usan al mismo tiempo que las aulas, porque el número de alumnos es limitado, por lo que la ocupación en realidad es el número de alumnos y profesores, además de algún trabajador ocasional o algún padre. Para estar del lado de la seguridad tomaremos como ocupación:

**OCUPACIÓN S1: 110 alumnos +30 padres +5 profesores +5 trabajadores = 150 personas**

- Sector 2, Zona de comedor (se hacen dos hipótesis):

##### Hipótesis 1, uso escuela

Aseos: 12m<sup>2</sup> --> 4 personas  
 Cocina --> 5 trabajadores  
 Zona de talleres, gimnasio: 600m<sup>2</sup> --> 120 personas  
**Total hip1 - 130 personas**

##### Hipótesis 2, uso exposición, cine de verano, taller público

Aseos: 12m<sup>2</sup> --> 4 personas  
 Zonas de uso público (interior): 360m<sup>2</sup> --> 180 personas  
 Zonas de uso público (exterior): 300m<sup>2</sup> --> 80 personas  
 Cocina --> 10 personas  
**Total hip2 - 274 personas**

La hipótesis 2 es más desfavorable, y trabajaremos por tanto con la ocupación de 275 personas en esa zona, que puede darse en un evento organizado por el colegio. Incluso hasta 300 personas

**OCUPACIÓN S2: 300 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, y la longitud de los recorridos de evacuación desde **su origen hasta algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 25 metros**. Los recorridos de evacuación están grafiados y acotados en las plantas adjuntas.

Se consideran salidas de planta las **dos puertas de salida al patio de acceso** a la escuela, la **salida de emergencia al núcleo de la torre** desde el patio del comedor, y la salida a la **escalera de subida a la cubierta**. Por ser todos ellos sectores de riesgo mínimo.

### 3.4- Dimensionado de los medios de evacuación

Pasamos a calcular la dimensión de los elementos de evacuación en cada sector:

- Sector 1, Zona de aulas:

Puertas y pasos:  $A > 150(\text{puerta principal})/200=0,75\text{m} > \text{mínimo } 0,80 \text{ metros}$

Pasillos y rampas: mínimo **1 metros**

- Sector 2, Zona de comedor:

Puertas y pasos:  $A > 300/200=1,5\text{m} > 0,80 \text{ metros}$

Pasillos y rampas: mínimo **1,5 metros**

- Sector 3, Patio de acceso:

Escalera principal de evacuación para  $300+150=450$  ocupantes

Se trata de una **escalera abierta al exterior** por cumplirse las condiciones pertinentes y por tanto pasa a ser una **escalera especialmente protegida** sin necesidad de construir vestíbulos de independencia.

Se dimensiona según la fórmula  $E < 3S + 160 \cdot As$ , siendo E el número de ocupantes que utilizan la escalera como medio de evacuación y As la superficie del recinto de la escalera protegida, que en nuestro caso es de  $170\text{m}^2$

Por tanto  $As > -0,4$ , es decir, cualquier anchura pero siempre mínimo 1 metro.

**En nuestro caso  $As = 1,5\text{m}$**

- Sector 4, Escalera de subida a la cubierta:

Es una escalera también abierta pero para **evacuación ascendente**, y la calcularemos como escalera no protegida para estar de lado de la seguridad. La fórmula es  $A > P/(160-10h)$ , que nos devuelve una **anchura de 1.2 metros**, que cumple la escalera sin ningún problema.  **$A = 1.5 \text{ metros en nuestro caso.}$**

### 3.5- Protección de las escaleras

Ambas escaleras tienen el mayor grado de protección, por lo que cumplen sin problemas.

### 3.6- Puertas situadas en recorridos de evacuación

Abrirán en el sentido de la evacuación aquellas puertas por las que evacúen más de 100 ocupantes, es decir, las de salida de planta y las de emergencia al núcleo de la torre noreste.

### 3.7- Puertas situadas en recorridos de evacuación

Se cumplirán los aspectos relacionados con la señalización de las salidas de planta y de emergencia, indicativas de dirección, etc.

### 3.8- Control del humo de incendio

No se aplica

## 4. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 4.1- Dotación de instalaciones de protección contra incendios

Según la tabla 1.1 sobre las dotaciones necesarias, se aplican:

- Extintores portátiles cada 15 metros de recorrido en planta desde todo origen de evacuación, es decir, siempre hay un extintor a menos de 15 metros en cualquier zona con una superficie mayor a 50 metros cuadrados o/y ocupación mayor que 1 persona cada 5 metros cuadrados

- Sistema de alarma por tratarse de un edificio de uso docente cuya superficie construida excede de  $1000\text{m}^2$

- Si se considerara la zona del comedor como uso público sería necesario equiparla con una boca de incendio puesto que su superficie construida excede de  $500\text{m}^2$ , aunque la superficie construida es de  $360 + 150$ , únicamente  $510\text{m}^2$ , por lo que pasaremos por alto este requerimiento.

### 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)  $210 \times 210 \text{ mm}$  cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m;

b)  $420 \times 420 \text{ mm}$  cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m;

c)  $594 \times 594 \text{ mm}$  cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.

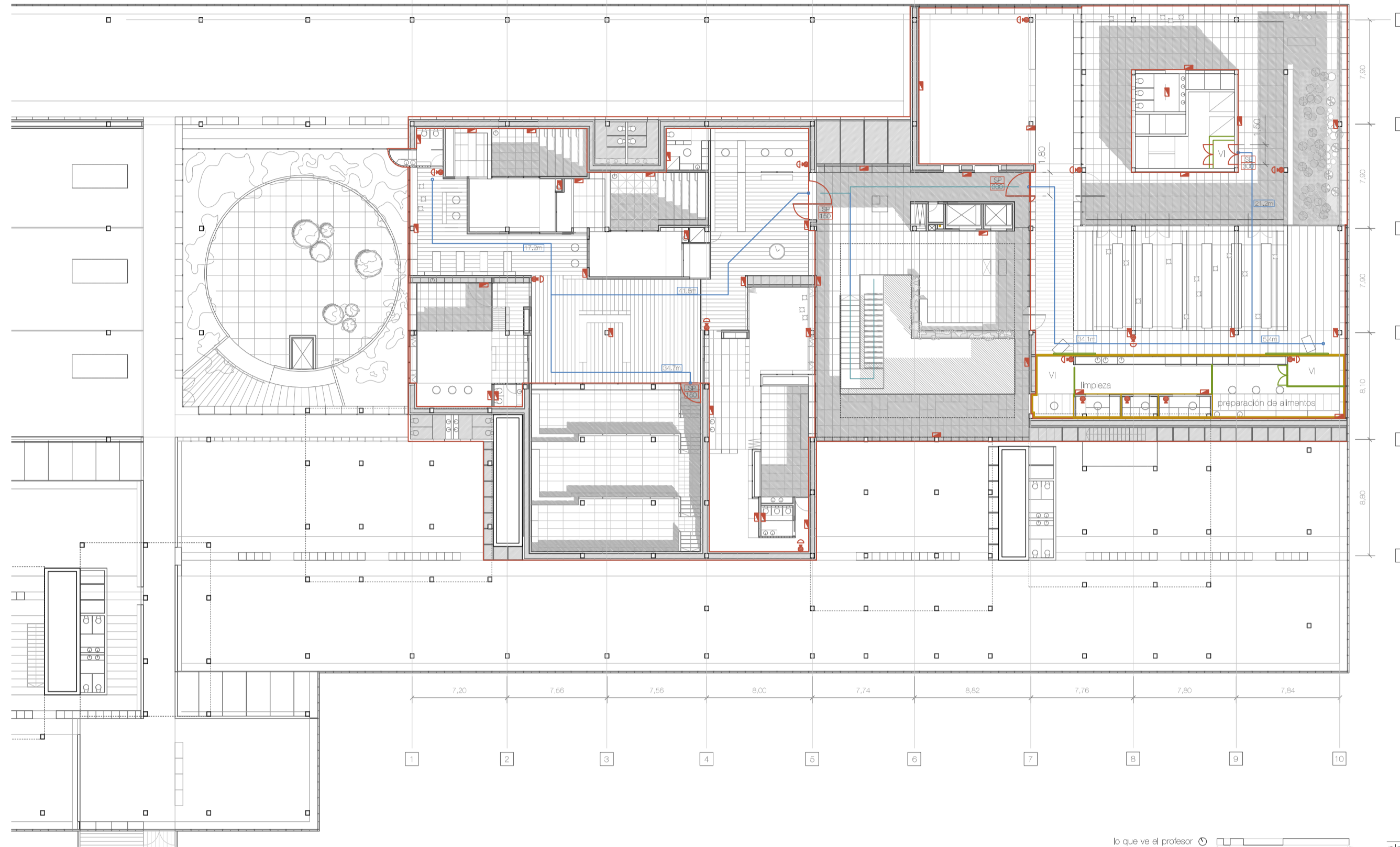
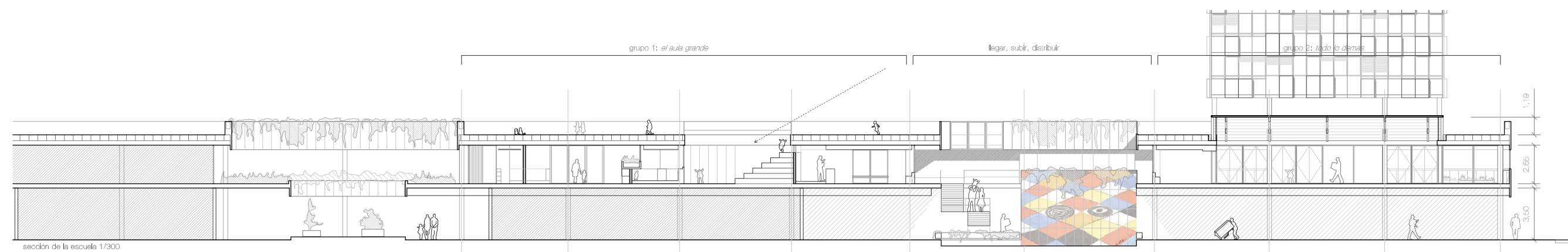
"Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, deben cumplir lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003."

## 5. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

### 5.1- Cubiertas ligeras metálicas

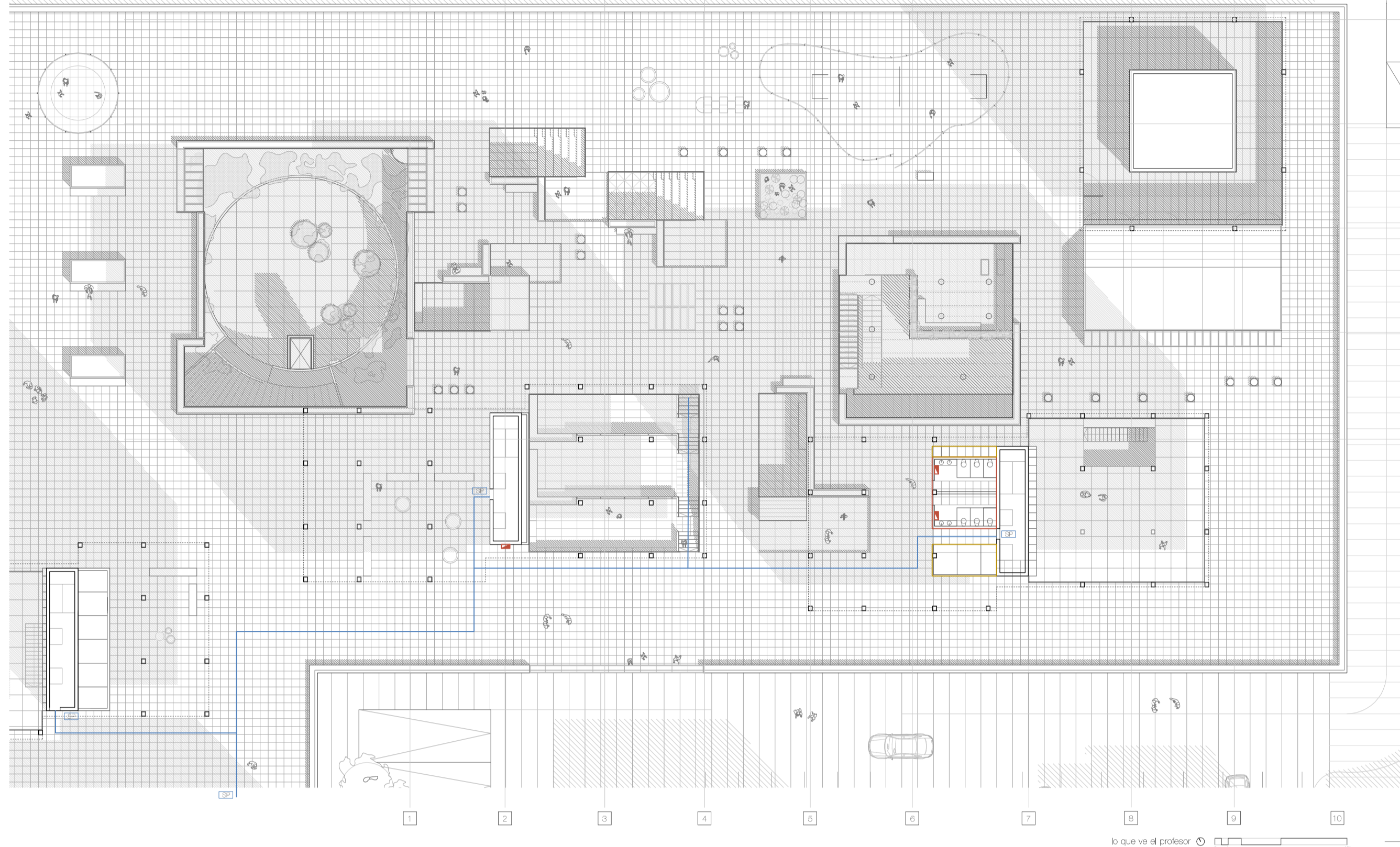
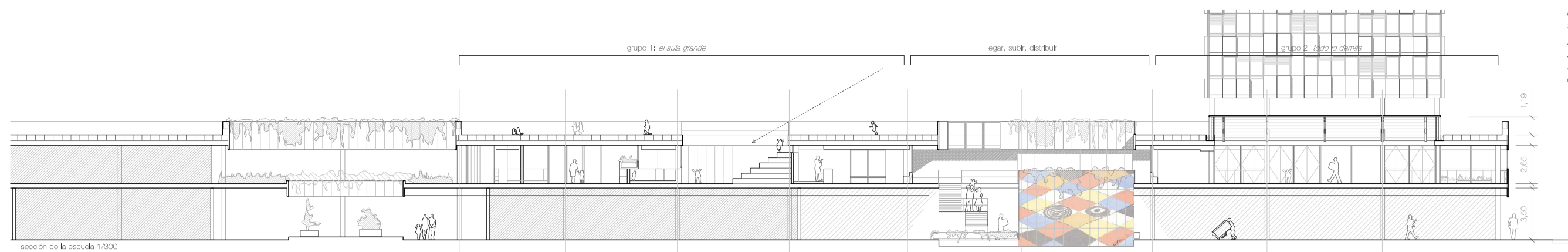
Las cubiertas ligeras metálicas, por tratarse de espacios de uso docente con alturas de evacuación menores a 15 metros, requieren una resistencia al fuego R60, que se puede garantizar con pinturas intumescentes, aunque habría que calcular exactamente la masividad de cada perfil y el espesor de pintura necesaria en cada caso.

- CTE DB-SI  
Seguridad en caso de incendio
- Recorrido de evacuación señalizado
  - Sector de incendio: E1-60
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-90
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-120
  - Exterior portatil
  - Salidas de planta
  - Luz de emergencia
  - Sistema de alarma
  - Salidas de emergencia
  - Vestibulo de independencia



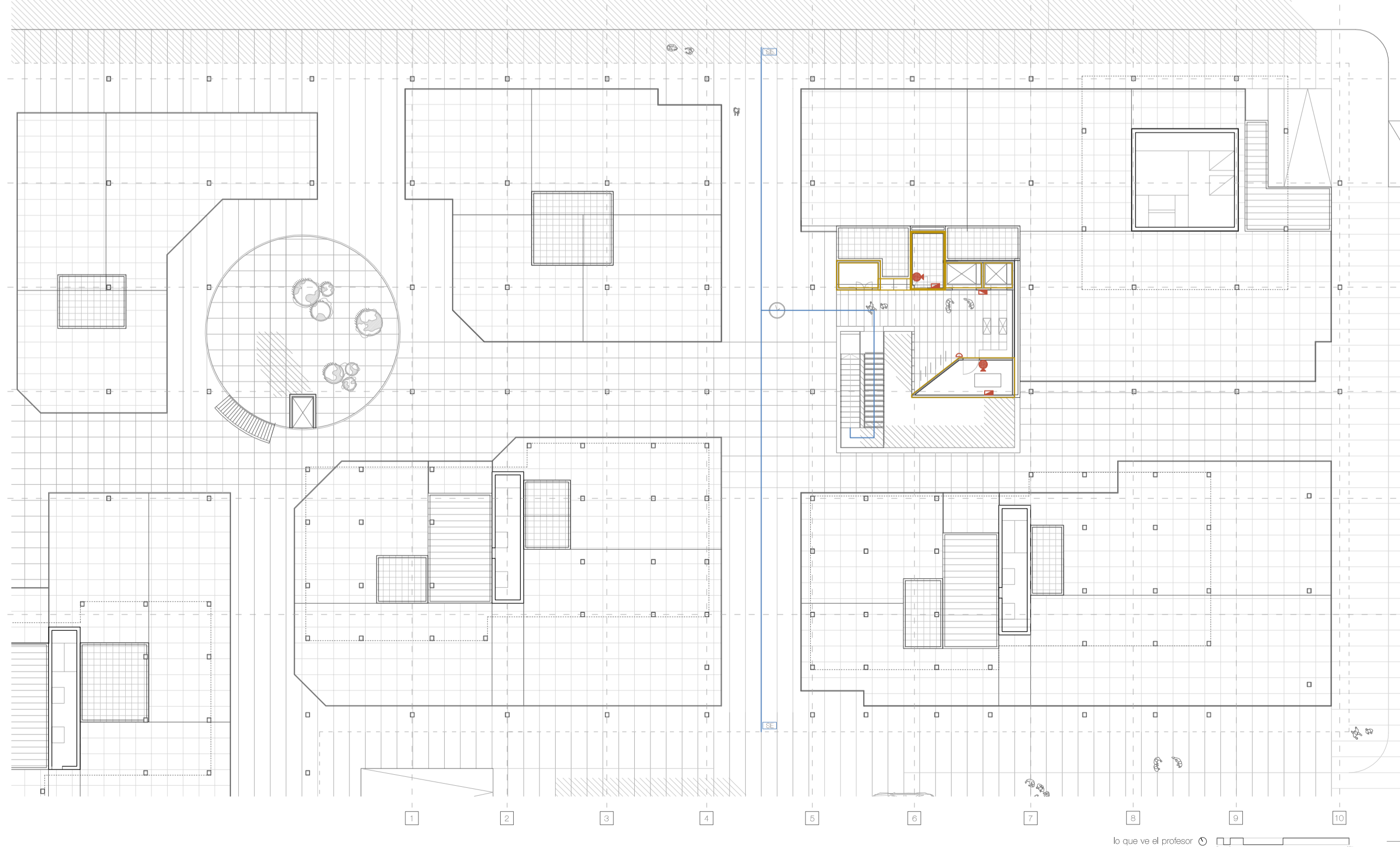
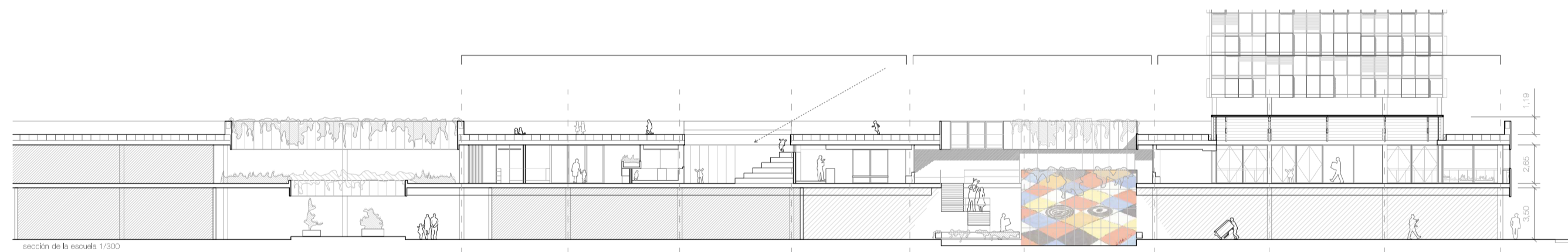
planta de la escuela +5.30m (+1.5m) 1/300

- CTE DB-SI  
Seguridad en caso de incendio
- Recorrido de evacuación señalizado
  - Sector de incendio: E1-60
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-90
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-120
  - Exterior portatil
  - Salidas de planta
  - Luz de emergencia
  - Sistema de alarma



planta de cubierta +6.50m 1/300

- CTE DB-SI  
Seguridad en caso de incendio
- Recorrido de evacuación señalizado
  - Sector de incendio: E1-60
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-90
  - Local de riesgo especial: Particiones E1-120
  - Exterior portatil
  - Salidas de edificio
  - Luz de emergencia
  - Sistema de alarma



planta baja 1/300

## terminar

He visto muchas memorias terminar con el plano de incendios, y no me ha gustado. Creo que siempre hay que decir algo antes de pasar la última página. Yo quiero decir esto, y gracias. Y de paso, copiar unas palabras, para terminar.

*“Este edificio del año 62, nació a su aire. Preocupados con los problemas urbanos, aprovechamiento del mal solar, económicos, no dio margen para preocuparse por una arquitectura determinada; por eso carece de cualquiera de ellas. Tal vez sea otra, tal vez. Explicarlo llevaría a la polémica de: Arquitectura sí, Arquitectura no. Situado el volumen del gimnasio propiamente dicho en la cota justa, se añaden por el arquitecto al programa el sótano, las clases (cubierta del gimnasio) y la terraza (patio de juegos) en la cota del Colegio. Con la elección de la estructura apropiada se consiguen, en el interior del gimnasio y las clases, efectos arquitectónicos..”*

*“El gimnasio de Maravillas tiene ya 22 años. No sé por qué lo hice así pero lo que sí sé es que no me disgusta haberlo hecho. Creo que el no hacer Arquitectura es un camino para hacerla y todos cuantos no la hagamos habremos hecho más por ella que los que, aprendida, la siguen haciendo. Entonces se resolvió un problema y sigue funcionando y parece que nadie echa en falta la Arquitectura que no tiene”.*

Creo que es una buena definición de arquitectura, y no hay mejor manera de terminar una memoria. Ni de empezarla.

