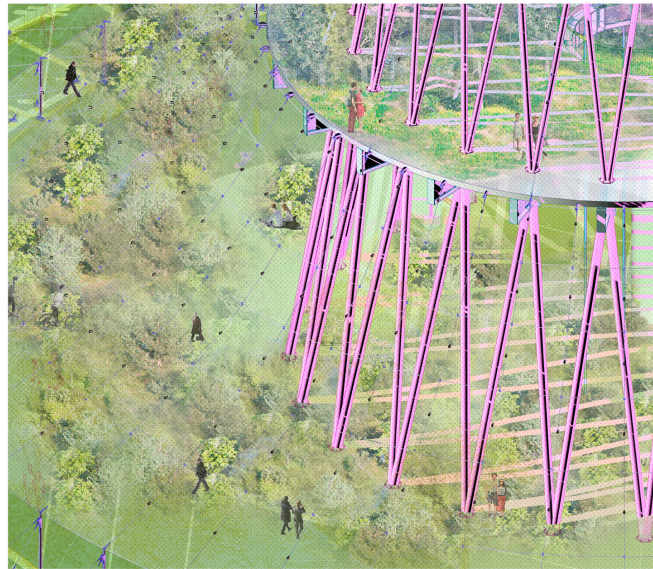


# *Oasis de silencio*

*arquitectura para paisajes sonoros del territorio georgiano en Tiflis*



*Sofía Álvarez Llácer // Aula Soriano // MHab ETSAM*

*Enero 2026*

## INDICE

- 1- MANIFIESTO E IDEA PRINCIPAL DEL PROYECTO
- 2- MEMORIA DE URBANISMO
- 3- PLANOS DE URBANISMO
- 4- MEMORIA DE ESTRUCTURAS
- 5- PLANOS DE ESTRUCTURAS
- 6- PLANOS DE CONSTRUCCIÓN
- 7- SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA
- 8- GESTIÓN DE PROYECTOS

## Memoria del proyecto // Oasis de silencio // Manifiesto principal

La ciudad de Tiflis presenta en la actualidad un elevado nivel de contaminación acústica, especialmente en sus principales calles y avenidas. El tráfico rodado, caracterizado por fuertes aceleraciones, frenazos bruscos y límites de velocidad elevados, genera un ruido constante que invade los espacios públicos y deteriora significativamente la calidad ambiental urbana. Esta situación no solo afecta al confort cotidiano de los ciudadanos, sino que transforma la experiencia del espacio público en un entorno hostil, donde el sonido deja de ser un elemento neutro para convertirse en un factor de estrés permanente.

Ante esta problemática, el proyecto plantea la creación de una serie de oasis de silencio dentro de la ciudad, entendidos como espacios arquitectónicos capaces de proteger al usuario del ruido exterior y ofrecer una atmósfera de calma y recogimiento. Estos oasis no se conciben únicamente como lugares de aislamiento acústico, sino como espacios públicos activos, pensados para la convivencia, el descanso y la reconexión con el entorno, donde el silencio se convierte en un valor urbano.

Paralelamente, el proyecto aborda una segunda problemática de carácter social y territorial. En el contexto geopolítico actual de Georgia, existen comunidades de habitantes desplazados de sus tierras de origen en zonas rurales y montañosas, territorios que han sido ocupados a raíz de los conflictos con Rusia. Muchas de estas personas han encontrado refugio en la capital, Tiflis, viéndose obligadas a abandonar no solo sus viviendas, sino también un modo de vida profundamente ligado al paisaje, la naturaleza y la memoria del lugar.

El proyecto entiende la arquitectura como una herramienta capaz de reconstruir vínculos emocionales con el territorio perdido. Por ello, se propone la creación de espacios que evoquen la Georgia rural, incorporando el paisaje, la topografía, la vegetación y el silencio propios del campo y la montaña dentro del entorno urbano. Se trata de traer el paisaje a la ciudad, no de forma literal, sino a través de sensaciones espaciales, atmósferas y recorridos que permitan a estas comunidades reconocerse y sentirse de nuevo cerca de su hogar.

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto investiga nuevas formas de cancelación activa del ruido aplicadas a la arquitectura. Actualmente, la cancelación de ruido es una tecnología presente en dispositivos cotidianos, como los auriculares de cancelación activa, capaces de analizar el sonido exterior y generar una onda inversa que anula el ruido percibido. A una escala mayor, investigaciones desarrolladas en universidades como la de Singapur han demostrado la viabilidad de sistemas de cancelación sonora integrados en los marcos de las ventanas de los edificios. Estos dispositivos son capaces de captar el ruido exterior y emitir una onda opuesta hacia el interior, reduciendo significativamente la transmisión acústica sin necesidad de cerramientos herméticos.

El proyecto traslada este principio a una escala arquitectónica y urbana, integrando sistemas de captación y emisión sonora en la envolvente del edificio. La fachada se convierte así en una envolvente sonora y tecnológica, capaz de interactuar activamente con el entorno acústico de la ciudad. Micrófonos y altavoces, integrados en una superficie ligera y flexible, analizan en tiempo real el ruido exterior y generan ondas inversas que permiten crear un interior protegido, silencioso y habitable.

De este modo, la arquitectura deja de ser un elemento pasivo frente al ruido para convertirse en un dispositivo activo, capaz de modificar las condiciones ambientales del lugar. El edificio se plantea como un refugio urbano, un espacio híbrido entre tecnología y paisaje, entre ciudad y naturaleza, donde el silencio no es ausencia, sino una construcción consciente. El proyecto propone, en definitiva, una nueva relación entre arquitectura, sonido y ciudad, en la que el silencio se reivindica como un derecho colectivo y un elemento fundamental para la vida urbana contemporánea.

**INFORME DE CONDICIONANTES URBANÍSTICOS DEL PROYECTO Y  
PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA HACER VIABLE  
URBANÍSTICAMENTE EL PROYECTO INDIVIDUAL**

Alumna:  
Sofía Álvarez Llácer

Profesores:  
Inmaculada Mohíno  
Alejandro Tamayo  
José María Ezquiaga

Enero 2026

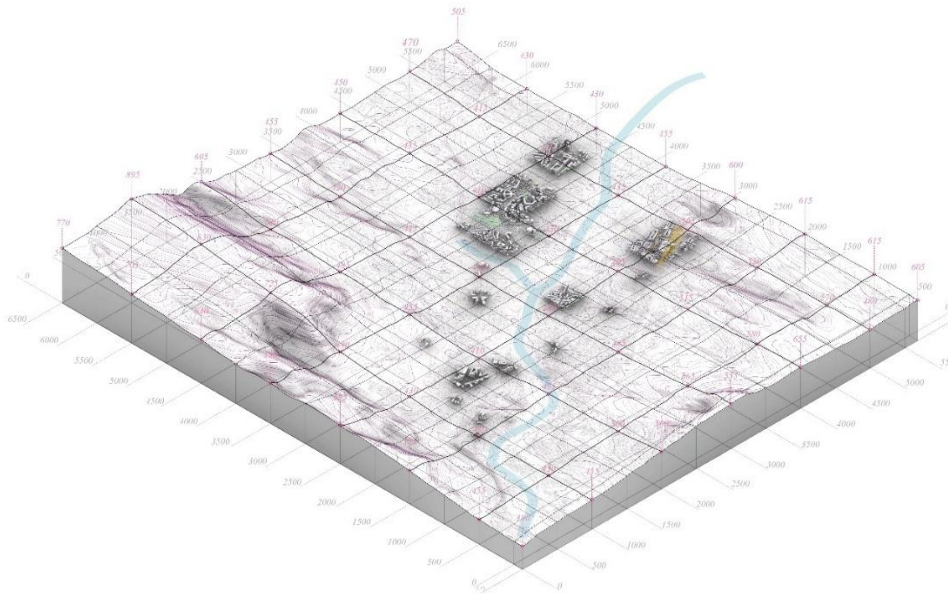


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

# ÍNDICE

1. Localización y descripción del proyecto.....	3
2. Relación de la propuesta con algunos de los objetivos de la Agenda Urbana Española utilizando los indicadores de la misma .....	7
3. Parámetros urbanísticos del proyecto .....	10
__3.1. Programa de usos urbanísticos (residencial, industrial, terciario, dotaciones, zonas verdes, etc.) .....	10
__3.2. Plano de ordenación urbanística .....	10
__3.3. Cuadro de superficie de cada una de las parcelas donde se pretenda intervenir diferenciando por usos pormenorizados tanto en la edificación nueva como en la conservada.....	10
__3.4. Superficie de zona verde, viario o dominio público contenida en el ámbito	10
__3.5. Superficie de zonas verdes, viario o dominio público donde se interviene	11
__3.6. Volumen final, relación con el entorno inmediato .....	11
4. Análisis de condicionantes urbanísticos actuales y cumplimiento.....	12
__4.1. Marco legal.....	12
__4.2. Documentos de ordenación urbanística y condiciones generales.....	12
__4.3. Ordenación urbanística .....	13
5. Propuesta del desarrollo urbanístico .....	15

## 1. Localización del proyecto y breve explicación del mismo



*Mapa de situación de análisis de las plazas de Tiflis, Georgia*

El siguiente trabajo comprende un análisis y un informe de condicionantes urbanísticos para el encaje de un proyecto de arquitectura en una parcela existente.

El proyecto se trata de un pabellón con tecnología de cancelación sonora en su fachada que albergue múltiples usos en el entorno de una plaza urbana obstaculizada por el tráfico, dotando así un espacio público con un oasis de silencio en la ciudad.

El ámbito que se escoge para el encaje urbanístico viene como consecuencia de la Entrega 1 de la asignatura. El proyecto consistía en un análisis urbano y territorial de Tiflis, Georgia. A raíz de este análisis, profundicé en cómo están organizadas las plazas urbanas de la ciudad y qué podría mejorar en ella. La gran mayoría de aquello que denominan “plaza” en Tiflis es únicamente un nodo de tráfico y no da cabida a un espacio capaz de ser usado y habitado por los ciudadanos. Se plantea la rehabilitación de estas plazas convirtiéndolas en espacios más amables para la población.

Como equivalente a una normativa capaz de ser aplicable a este proyecto en Tiflis, opto por estudiar y emplear la del ‘Plan Especial de Definición y Mejora de la Ordenación Pormenorizada, Desarrollo de Redes Públicas Locales y Control Urbanístico Ambiental de Usos para el ámbito del Área de Planeamiento Específico 01.03 “Barceló”’. Es por ello el resultado de esta entrega, adecuar el proyecto a las exigencias urbanísticas y si lo requiere, realizar modificaciones dentro del Plan Especial.

El proyecto que se integra dentro de la entrega de este trabajo se trata de un edificio de carácter público o pabellón que integra múltiples usos en su interior, desde zonas de parque a restaurantes o biblioteca. Se localiza en un ámbito que abarca dos plazas de Tiflis, en Georgia, y la calle que las conecta: las plazas de Giorgi Saakdaze y la del 26 de mayo, unidas por la avenida Merab Kostava.

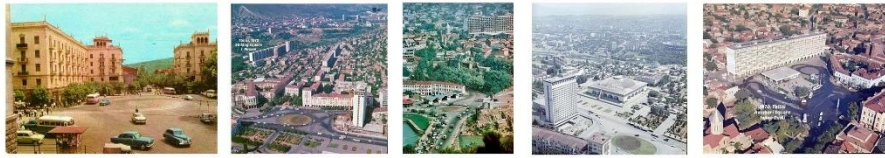


*Sección urbana del proyecto ubicado en Tiflis, Georgia*

El proyecto busca introducir un carácter más social, humano y urbano en esta área de la ciudad georgiana donde prima el ruido por el tráfico y el poco espacio para peatones y lugares donde poder realizar actividades de ocio en una atmósfera agradable. El edificio-pabellón se caracteriza por contar con una fachada que integre la tecnología de cancelación sonora en ella. Esto se logra mediante el uso de micrófonos que captan el ruido exterior y unos altavoces, en el interior del pabellón, que producen la onda sonora inversa a la del ambiente exterior, quedando así, el ruido, anulado o cancelado. Se produce el silencio.



Además, para entender mejor cómo funcionan esas “plazas” para tráfico, realizo un análisis de ruido de la ciudad que se muestra a continuación junto a unas fotos aéreas que ayudan a entender mejor la visión que tienen:



Fotos de espacio urbanos/plazas de Tiflis invadidas por el tráfico

El sonido en las ciudades es una de las formas de contaminación más ignoradas pero con un gran impacto en la calidad de vida de sus habitantes. Se mide en decibelios (dB), y niveles altos de ruido pueden afectar la salud física y mental. Por ejemplo, si una calle tiene un ruido de 70-80 dB, las viviendas y peatones en un radio de 50-100 metros sentirán niveles elevados de ruido, aunque la percepción exacta dependerá del diseño urbano y la presencia de barreras acústicas.



Mapa de ruido\_ análisis de decibelios según las velocidades permitidas de las carreteras

## 2. Relación de la propuesta con algunos de los objetivos de la Agenda Urbana Española utilizando los indicadores de la misma

El proyecto presentado se alinea con diversos objetivos estratégicos y específicos de la Agenda Urbana Española, especialmente con el Objetivo Estratégico 2: “Evitar la dispersión urbana y revitalizar la ciudad existente”. A través del uso de tecnología de cancelación sonora y la incorporación de usos múltiples que fomentan el encuentro social y la sostenibilidad, se hace una aportación relevante a la mejora de la calidad urbana en un entorno consolidado y saturado como es el distrito Centro de Madrid.

A continuación, se detallan los objetivos con los que guarda relación directa:

1



### Objetivo 1. Ordenar el territorio y hacer un uso racional del suelo, conservarlo y protegerlo

- Objetivo 1.1 Ordenar el suelo de manera compatible con su entorno territorial
- No consumo nuevo suelo; al contrario, reutilizo un espacio infrautilizado. Integro usos dotacionales, vegetación y tecnología en un entorno ya construido
  - Indicador 1.1.1 (cualitativo): Sí, el proyecto aplica criterios de uso racional del suelo en un entorno denso, adaptándose a la ordenación urbana sin generar dispersión.
- Objetivo 1.3. Mejorar las infraestructuras verdes y azules y vincularlas con el contexto natural.
- El proyecto introduce zonas verdes, huertos ecológicos, cubiertas vegetales y suelo permeable, conectando con la estrategia de renaturalización urbana. Contribuye a mejorar el microclima urbano y la calidad ambiental en una zona con déficit de vegetación.
  - Indicador 1.3.1 (cualitativo): Sí, el diseño del edificio incorpora planificación verde vinculada al espacio urbano y al confort climático.
  - Indicador 1.3.2 (cuantitativo): Sí, aumenta la superficie de infraestructura verde en un ámbito consolidado.

2



### Objetivo 2. Evitar la dispersión urbana y revitalizar la ciudad existente

- Objetivo 2.1. Definir un modelo urbano que fomente la compacidad, el equilibrio urbano y la dotación de servicios básicos
- El edificio promueve la compacidad al integrar una alta densidad de usos públicos (biblioteca, restauración, talleres, zonas verdes) en una sola intervención.
  - Indicador 2.1.1 (cualitativo): Se incorporan criterios de mezcla de usos y equilibrio urbano en una zona densamente consolidada.
  - Indicador 2.1.2 (cuantitativo): Alta accesibilidad a servicios básicos, al implantarse en una zona céntrica con excelente conectividad.
- Objetivo 2.2. Garantizar la complejidad funcional y diversidad de usos.
- El edificio incluye funciones culturales, de ocio, educativas, de bienestar y de contacto con la naturaleza, promoviendo una ciudad multifuncional y resiliente.
  - Indicador 2.2.1 (cualitativo): Se favorece la proximidad entre residencia, trabajo y ocio.
  - Indicador 2.2.2 (cuantitativo): Superficie urbana intervenida para favorecer diversidad de usos: 3500 m<sup>2</sup> terciario + 1300 m<sup>2</sup> dotacional + 3200 m<sup>2</sup> zonas verdes.
- Objetivo 2.3. Garantizar la calidad y accesibilidad de los espacios públicos.
- Se contempla la intervención en espacio público para facilitar accesibilidad universal y confort acústico mediante cancelación sonora.
  - Indicador 2.3.1 (cualitativo) y 2.3.3 (cuantitativo): Actuaciones para la mejora acústica del entorno urbano.
- Objetivo 2.4. Mejorar el medio ambiente urbano y reducir la contaminación
- Se crean zonas verdes y talleres ecológicos, se fomenta la movilidad peatonal, y se reduce la exposición al ruido.
  - Indicador 2.4.1 (cualitativo): Plan de mejora del ambiente urbano basado en criterios ecológicos y sensoriales.
- Objetivo 2.5. Impulsar la regeneración urbana.
- La propuesta parte de una parcela infrautilizada y rodeada de tráfico, rehabilitando su valor urbano y social.
  - Indicador 2.5.1 (cualitativo): Plan de actuación integral en un ámbito consolidado que mejora la cohesión social.

- Objetivo 2.6. Mejorar la calidad y sostenibilidad de los edificios
- El edificio integra soluciones tecnológicas de eficiencia acústica y energética, adaptadas a un contexto urbano denso

3



Objetivo 3. Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia

- Objetivo 3.1: Adaptar el modelo territorial y urbano a los efectos del cambio climático y avanzar en su prevención.
- La propuesta incorpora cubiertas vegetales y cancelación sonora como estrategia pasiva. Mejora la resiliencia ambiental en una zona urbana densa, con isla de calor.
  - Indicador 3.1.1 (cualitativo): El proyecto se alinea con estrategias de adaptación urbana al cambio climático, al priorizar soluciones ambientales pasivas.
  - Indicador 3.1.2 (cuantitativo): Sí, se actúa en suelo urbano mediante medidas para reducir riesgos climáticos (vegetación, suelo permeable, reducción de calor y ruido).
- Objetivo 3.2: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)
- Reducción de movilidad motorizada (equipamiento de proximidad) y fomento de usos pasivos (cancelación sonora sin emisiones), mejora del microclima urbano.
  - Indicador 3.2.1. (cualitativo): el proyecto contribuye a mejorar la calidad ambiental del aire en una zona con alta contaminación acústica y atmosférica.
  - Indicador 3.2.2. (cuantitativo): El edificio contribuye indirectamente a la reducción de emisiones (menos tráfico, más vegetación, espacio público de calidad).

4



Objetivo 4. Hacer una gestión sostenible de los recursos y favorecer la economía circular

- Objetivo 4.1.: Ser más eficientes energéticamente y ahorrar energía
- En mi propuesta se produce la integración de tecnologías pasivas (iluminación natural, ventilación cruzada).
  - Indicador 4.1.2 (cuantitativo): El consumo energético del edificio puede reducirse significativamente respecto a estándares convencionales por su diseño sostenible.
- Objetivo 4.2.: Optimizar y reducir el consumo de agua
- Recolección de aguas pluviales o sistemas de riego eficiente en zonas verdes y cubiertas ajardinadas.
  - Indicador 4.2.1 (cualitativo): El diseño aplica principios de eficiencia hídrica en espacios verdes.
- Objetivo 4.4 Reducir los residuos y favorecer su reciclaje
- Diseño de espacios de gestión de residuos, zonas de recogida selectiva.
  - Indicador 4.4.1 (cualitativo): El proyecto puede integrar planes de separación de residuos y educación ciudadana ambiental.
  - Indicador 4.4.2. (cuantitativo): Si se gestiona bien, contribuye a reducir la generación de residuos por habitante en el entorno.

5



Objetivo 5. Favorecer la proximidad y la movilidad sostenible

- Objetivo 5.1: favorecer la ciudad de proximidad
- El edificio actúa como nodo funcional en una zona céntrica muy bien comunicada.
  - Indicador 5.1.1. (cualitativo): porcentaje de población con accesos a servicios y transporte público a menos de 10 minutos.
- Objetivo 5.2: potenciar modos de transporte sostenibles
- El edificio incentiva el acceso peatonal desde varias calles y evita el uso del coche.

6



Objetivo 6. Fomentar la cohesión social y buscar la equidad

- Objetivo 6.2. Buscar la igualdad de oportunidades desde una perspectiva de género, edad y discapacidad.
- El pabellón es accesible, abierto a todos los colectivos y fomenta la participación ciudadana

7



Objetivo 7. Impulsar y favorecer la economía urbana

- Objetivo 7.2. Fomentar el turismo inteligente, sostenible y de calidad y los sectores clave de la economía local

- La propuesta incluye espacios para talleres ecológicos, restauración y usos productivos no residenciales compatibles, lo cual incentiva economía local y empleo social.
  - Indicador 7.2.1 (cualitativo): El proyecto puede integrarse en estrategias municipales de dinamización turística responsable y sostenible
  - Indicador 7.2.2 (cuantitativo): El aumento de visitantes al nuevo equipamiento puede medirse como impacto cultural y turístico dentro del centro urbano.

9



#### Objetivo 9. Liderar y fomentar la innovación digital

- Objetivo 9.1. Favorecer la sociedad del conocimiento y avanzar hacia el desarrollo de ciudades inteligentes (Smart Cities)
- El proyecto introduce innovación técnica a través de la cancelación sonora en fachada, lo que se vincula con la digitalización del entorno construido.
  - Indicador 9.1.1 (cualitativo): Aunque no esté incluido en un plan Smart City formal, el proyecto puede considerarse una aportación técnica y conceptual al desarrollo de ciudades más inteligentes.

10



#### Objetivo 10. Mejorar los instrumentos de intervención y gobernanza

- Objetivo 10.2.: Asegurar la participación ciudadana, la transparencia y favorecer la gobernanza multinivel
- El edificio está destinado a usos públicos accesibles (biblioteca, talleres, zonas verdes), y puede acoger actividades que favorezcan la participación ciudadana.
  - Indicador 10.2.3 (cualitativo): se fomenta la coordinación institucional y podría integrarse en procesos participativos vecinales en la gestión de usos y actividades.
- Objetivo 10.4.: Diseñar y poner en marcha campañas de formación y sensibilización en materia urbana
- Al incluir talleres ecológicos y actividades culturales, el edificio puede funcionar como plataforma de educación ambiental y urbana. Facilita la difusión de valores relacionados con sostenibilidad, gestión del espacio público y cultura urbana.
  - Indicador 10.4.1 (cualitativo): el espacio está preparado para formar parte de campañas o programas de sensibilización ciudadana sobre el entorno urbano.
  - Indicador 10.4.2. (cuantitativo): Se puede cuantificar el número de usuarios o participantes en actividades formativas o cívicas organizadas en el edificio.

Con todo ello, se puede concluir que el proyecto no solo encaja funcional y normativamente en el APE 01.03 Barceló, sino que también cumple de forma ejemplar con los objetivos de sostenibilidad, inclusión y regeneración promovidos por la Agenda Urbana Española 2030.



### 3. Parámetros urbanísticos del proyecto

#### 3.1. Programa de usos urbanísticos (residencial, industrial, terciario, dotaciones, zonas verdes, etc.)

- Terciario: 250 m2 (restauración, sala de exposición)
- Dotaciones: 1816 m2 (centros de terapia musical, pistas deportivas, piscina, biblioteca, mercado)
- Zonas verdes: 560 m2 (parque, zonas de picnic, taller ecológico/huerto urbano, parque para niños)

#### 3.2. Plano de ordenación urbanística

##### 3.2.1. Delimitación del ámbito de la propuesta que incluya la o las parcelas, las zonas verdes y el espacio público donde se pretende actuar

Los planos aparecen en el Anexo de este documento.

##### 3.2.2. Relaciones funcionales con el exterior del ámbito

El edificio actúa como nodo conector entre dos plazas y una calle principal en un entorno urbano consolidado. Su condición pública lo convierte en un centro abierto al vecindario, reforzando la red peatonal y la continuidad con el viario urbano.

##### 3.2.3. Plano de ordenación pormenorizada que incluya tanto las nuevas edificaciones proyectadas como aquellas que se conserven. El plano deberá reflejar:

- Parcelación propuesta (en su caso)
- Alineaciones (delimitación del viario público propuesto)
- Superficies ocupadas y libres en cada parcela. En su caso, retranqueos.
- Definición, en su caso, de los usos pormenorizados (urbanísticos) proyectados.
- Alturas
- Edificabilidad por planta
- Intervención sobre el espacio público y las zonas verdes: accesos, circulaciones, etc (urbanización)

Los planos aparecen en el Anexo de este documento.

#### 3.3. Cuadro de superficie de cada una de las parcelas donde se pretenda intervenir diferenciando por usos pormenorizados tanto en la edificación nueva como en la conservada.

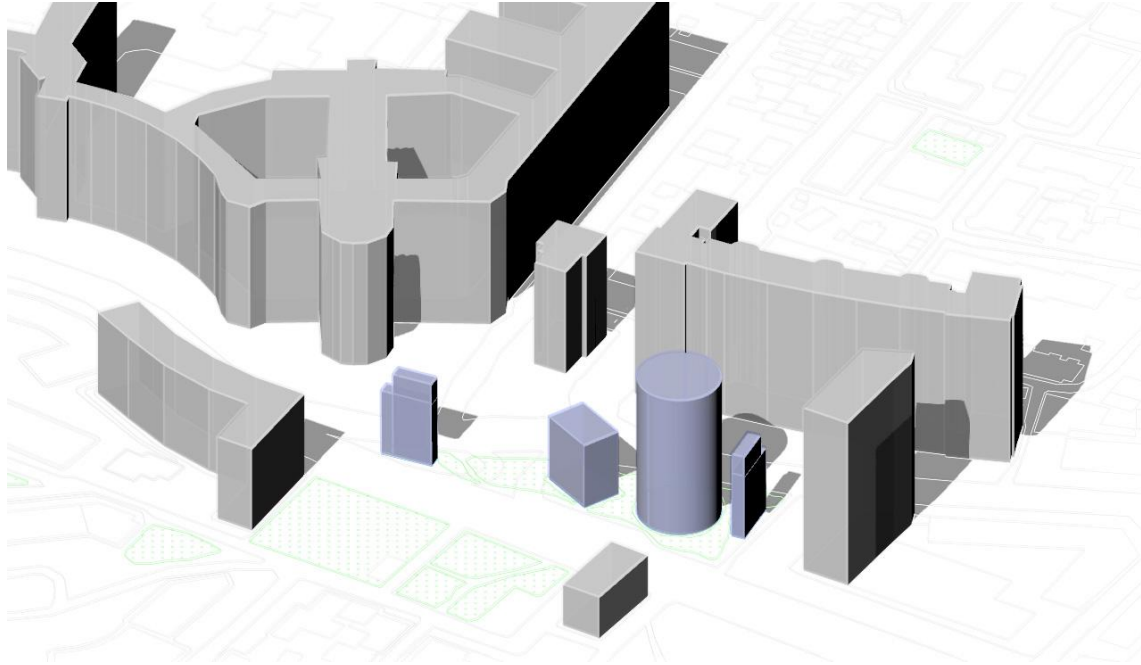
PARCELA	SUP. SUELO DE PARCELA m <sup>2</sup> s	OCUPACIÓN %	ALTURA EDIF. n° plantas	USOS	EDIFICABILIDAD DE CADA USO m <sup>2</sup> c	EDIFICABILIDAD TOTAL m <sup>2</sup> C
Parcela 1	4.614,66	65	PB+4 PB+5	Terciario Dotacional Zonas verdes	Terciario: 250 Dotacional: 1.816 Zonas verdes: 560	2.626 m <sup>2</sup> c

#### 3.4. Superficie de zona verde, viario o dominio público contenida en el ámbito

560 m<sup>2</sup>

3.5. Superficie de zonas verdes, viario o dominio público donde se interviene  
560 m<sup>2</sup>

3.6. Volumen final, relación con el entorno inmediato



La volumetría que se muestra es conceptual para identificar las alturas con el contexto de los edificios y el entorno urbano en el que se encuentra el proyecto que es la plaza del 26 de mayo en Tiflis, Georgia. El cilindro corresponde a las secciones del proyecto mostradas al inicio del documento.

#### 4. Análisis de condicionantes urbanísticos actuales y cumplimiento

##### 4.1. Marco legal

4.1. MARCO LEGAL	
LEGISLACIÓN DEL SUELO ESTATAL	Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana
LEGISLACIÓN URBANÍSTICA AUTONÓMICA	Plan General de Ordenación urbanística de Madrid (PGOUM) 1997 y Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo, de la Comunidad de Madrid
LEGISLACIÓN SECTORIAL RELEVANTE QUE AFECTE AL ÁMBITO DONDE SE LOCALIZA EL PROYECTO (aguas, montes, patrimonio, carreteras, etc.)	El ámbito se encuentra en el distrito Centro de Madrid, pero no consta ninguna legislación sectorial relevante.
LEGISLACIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	En el documento del Ayuntamiento de Madrid titulado <i>Plan de Acción para la Revitalización del Centro Urbano (2009)</i> , se menciona que el plan incluye medidas para gestionar los impactos ambientales derivados de los usos propuestos en la zona a través de un control urbanístico ambiental de usos.
¿EL PROYECTO REQUIERE DE EVALUACIÓN AMBIENTAL? (si/no y tipo)	Si. Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) Simplificada y la Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada (EIA), según la ley 2/2002 (modificada por la ley 4/2014) de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Ambas se emplean en proyectos de menor impacto.

##### 4.2. Documentos de ordenación urbanística y condiciones generales

4.2. DOCUMENTO DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA Y CONDICIONES GENERALES	
Documento o documentos urbanísticos de aplicación en la localización del proyecto (PGOU/NNSS/PP/PE/etc.)	El Plan General de 1997 delimitó un Área de Planeamiento Específico (APE 01.03 Barceló) En septiembre de 2008 se aprobó el Plan Especial de definición y mejora de la ordenación pormenorizada. APE 01.03-M "Barceló"
Clase y categoría de suelo de acuerdo con documento urbanístico de aplicación.	Suelo urbano consolidado
Clase y categoría de suelo de acuerdo con legislación autonómica vigente.	Suelo urbano consolidado
Identificación del Ámbito, Sector o Zona/Zonas de Ordenanza (PGOU/PP/etc.) donde se localiza el proyecto	APE 01.03 BARCELÓ
Grado y condiciones de protección del patrimonio	PATRIMONIO MUNDIAL DE LA UNESCO: Zona de Amortiguamiento Paisaje de la Luz. Categoría Paisaje Cultural Pertenece a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recinto de la Villa de Madrid: bien protegido (BIC declarado en la categoría de conjunto histórico "rec. Villa Madrid")</li> <li>- ZPA recinto histórico: bien protegido (BIC declarado en la categoría de zona de interés arqueológico y/o paleontológico)</li> </ul>

#### 4.3. Ordenación urbanística

4. 3. ORDENACIÓN URBANÍSTICA		
EN EL CASO DE QUE EL ÁMBITO DISPONGA DE ORDENACIÓN PORMENORIZADA. (Ordenanzas o NNUU en suelo urbano consolidado o Condiciones en Suelo No Urbanizable)		
Suelo urbano consolidado		
<i>(repetir para cada zona de ordenanza incluida en el ámbito)</i>	CONDICIONES URBANÍSTICAS VIGENTES	CON TU PROYECTO: ¿NECESITAS MODIFICAR LAS CONDICIONES VIGENTES? (sí/no)
Nombre de la zona de ordenanza	Plan Especial de definición y mejora de la ordenación pormenorizada. APE 01.03-M “Barceló”	No
Condiciones de parcelación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se define como unidad de actuación indivisible.</li> <li>- No se contemplan subdivisiones internas ni nuevas parcelaciones.</li> <li>- La ordenación se formula para una única operación conjunta sobre toda la manzana.</li> </ul>	No, el proyecto se desarrolla en una única unidad de actuación sin subdivisiones
Ocupación máxima	65% del suelo de parcela, permitiendo un 35% libre destinado a espacio público y zonas verdes.	No, el diseño propuesto no supera el límite de ocupación establecido. 4.614,66m <sup>2</sup> de parcela y 2.626 m <sup>2</sup> edificados es un 56% de ocupación < 65% de ocupación máximo establecido.
Retranqueos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se requieren retranqueos.</li> <li>- Se respetan las alineaciones a viario existentes conforme al plano de ordenación.</li> </ul> Se admite edificación exenta dentro de la parcela dotacional.	No, se respetan las alineaciones y no se requieren retranqueos al ser parcela dotacional exenta
Condiciones de los usos (característico, compatibles, alternativos, prohibidos, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Característico: Equipamiento público.</li> <li>- Compatibles: Cultural, comercial (mercado), deportivo, educativo (biblioteca), asistencial.</li> <li>- Alternativos: No previstos.</li> <li>- Prohibidos: Residencial, industrial.</li> </ul>	No, todos los usos previstos —cultural, biblioteca, zonas verdes, restauración, talleres— son compatibles o característicos según el PE
Altura máxima / Nº de plantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máximo 12 metros / Planta baja + 2 plantas (3 alturas) sobre rasante.</li> </ul> Alturas compatibles con el entorno consolidado del distrito Centro.	Sí, habría que modificar la normativa ya que el proyecto cuenta con alturas de entre 15 y 33 metros (4 a 6 plantas)
Edificabilidad máxima	1,75 m <sup>2</sup> c/m <sup>2</sup> s	No, el total de superficie construida propuesta (2.626 m <sup>2</sup> c en 4.614 m <sup>2</sup> s) cumple con el coeficiente máximo
Otras condiciones (estéticas, eficiencia energética, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estéticas: Se exige integración con el entorno patrimonial (Recinto Histórico y Paisaje de la Luz – UNESCO).</li> <li>- Materiales: No reflectantes; preferencia por tonos neutros y acabados sobrios.</li> <li>- Eficiencia energética: Incentivada mediante soluciones como:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubiertas verdes</li> <li>- Captación solar</li> <li>- Ventilación cruzada</li> <li>- Tecnología pasiva y activa de cancelación sonora</li> </ul> </li> </ul>	No, el edificio incorpora criterios de eficiencia energética, cancelación sonora, integración visual y vegetación en cubierta, por lo que cumple e incluso mejora lo previsto

	Accesibilidad universal obligatoria.	
Condiciones de protección	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bien de Interés Cultural (BIC): <ul style="list-style-type: none"> <li>- El ámbito está incluido en el Recinto de la Villa de Madrid, declarado BIC en la categoría de Conjunto Histórico.</li> <li>- Esto implica restricciones en volumen, materiales, acabados y métodos constructivos que alteren la percepción del entorno histórico.</li> </ul> </li> <li>2. Zona de Amortiguamiento del Paisaje de la Luz (UNESCO): <ul style="list-style-type: none"> <li>- El ámbito forma parte de la zona tampón del Paisaje de la Luz, inscrito como Patrimonio Mundial de la Humanidad.</li> <li>- Se deben cumplir criterios de integración visual, control de alturas, y uso de materiales coherentes con el entorno.</li> </ul> </li> <li>3. ZPA – Zona de Protección Arqueológica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- El área se considera zona de interés arqueológico, lo que implica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obligación de realizar una intervención arqueológica preventiva antes de cualquier movimiento de tierras.</li> <li>- Supervisión del proceso constructivo por la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>4. Normas de Estética y Protección: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las Normas Urbanísticas del Plan Especial recogen prescripciones específicas sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fachadas sin elementos disonantes.</li> <li>- Prohibición de publicidad exterior salvo rótulos integrados.</li> <li>- Protección visual del entorno de edificios históricos y monumentales colindantes.</li> <li>- Compatibilidad con el paisaje urbano consolidado del barrio Justicia</li> </ul> </li> </ul> </li> </ol>	<p>No necesita modificación, pero requiere aplicación estricta de las medidas preventivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe arqueológico previo al inicio de obra.</li> <li>- Integración visual y uso de materiales respetuosos con el entorno.</li> <li>- Coordinación con patrimonio municipal y autonómico.</li> </ul>

## 5. Propuesta del desarrollo urbanístico

El proyecto no propone un incremento del aprovechamiento lucrativo respecto del planeamiento vigente, ya que se mantiene dentro de los parámetros establecidos por el Plan Especial APE 01.03-M “Barceló” en cuanto a edificabilidad (1,75 m<sup>2</sup>c/m<sup>2</sup>s) y ocupación (65%). No obstante, la propuesta excede la altura máxima permitida (12 m / PB+2), alcanzando los 15 metros, por lo que requeriría una modificación puntual del Plan Especial limitada exclusivamente al parámetro de altura, sin alterar los usos ni el carácter dotacional del ámbito.

Todos los usos propuestos (equipamiento cultural, educativo, zonas verdes, restauración y talleres) son compatibles o característicos del planeamiento vigente, por lo que no se requiere recalificación del suelo ni alteración del régimen de usos.

Dado que la intervención se realiza en una parcela de suelo urbano consolidado, de titularidad pública y con uso dotacional, el sistema de gestión adecuado sigue siendo el Sistema de Actuación Directa, ejecutado por la propia Administración Pública o mediante concesión a un tercero especializado.

El procedimiento para la materialización del proyecto incluiría los siguientes pasos:

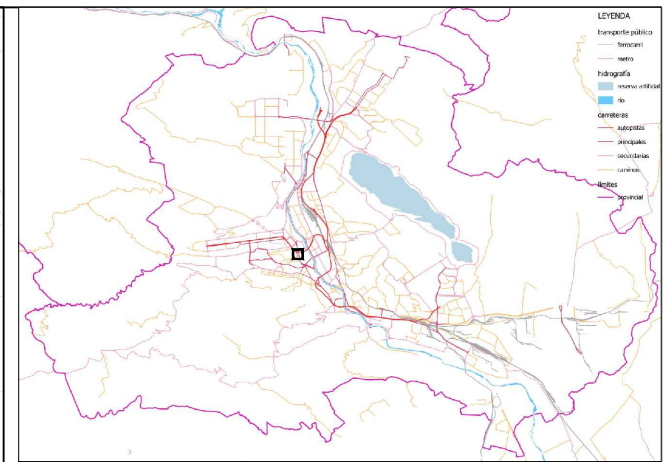
Tramitación de la modificación puntual del Plan Especial APE 01.03-M “Barceló” para adecuar el parámetro de altura máxima a las condiciones volumétricas del proyecto.

Aprobación inicial, información pública, y aprobación definitiva de la modificación por parte del Ayuntamiento de Madrid, previo informe favorable de los organismos sectoriales.

Una vez aprobada la modificación:

1. Solicitud de licencia urbanística, acompañada de informe de compatibilidad urbanística actualizado.
2. Informe favorable de Patrimonio Histórico, al encontrarse el ámbito en un BIC y en la zona de amortiguamiento del Paisaje de la Luz.
3. Evaluación ambiental simplificada, al tratarse de un equipamiento con componentes tecnológicos que puede tener impacto acústico y en la movilidad.
4. Informe arqueológico preventivo, por localizarse en Zona de Protección Arqueológica (ZPA).
5. Redacción del proyecto básico y de ejecución, adaptado a las condiciones estéticas y formales del Plan Especial modificado.
6. Licitación y ejecución de las obras por parte de la Administración o empresa concesionaria.

Por tanto, aunque la propuesta requiere una mínima adaptación normativa, esta puede llevarse a cabo mediante procedimientos ordinarios, sin necesidad de recalificar el suelo ni alterar los usos previstos, garantizando la viabilidad técnica y administrativa del proyecto.



PLANO DE SITUACIÓN

LEYENDA

- - - - - LÍMITE ÁMBITO
- - - - - LÍMITE PARCELA superficie: 4.614,66 m<sup>2</sup>
- ⊕ cota origen y referencia de edificación
- ⊕ cota sobre rasante
- alineación oficial o exterior
- alineación interior
- - - - - límite entre volumetría
- DOTACIONES SERVICIOS COLECTIVOS**
- EB (A) Equipamiento básico (biblioteca)
- SB (B) servicio público básico (mercado)
- (C) uso alternativo (deportivo)
- ESPACIOS LIBRES - ZONAS VERDES**
- viario público
- VB zona verde dominio público
- SERVICIOS TERCIARIOS**
- T (D) terciario comercial (restauración)
- (E) terciario comercial (pequeño comercio)

PLANO

DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ACTUACIÓN Y ALINEACIONES

**ESCALA**  
1:1000

**LOCALIZACIÓN**  
Plaza del 26 de mayo, Tbilisi, GE

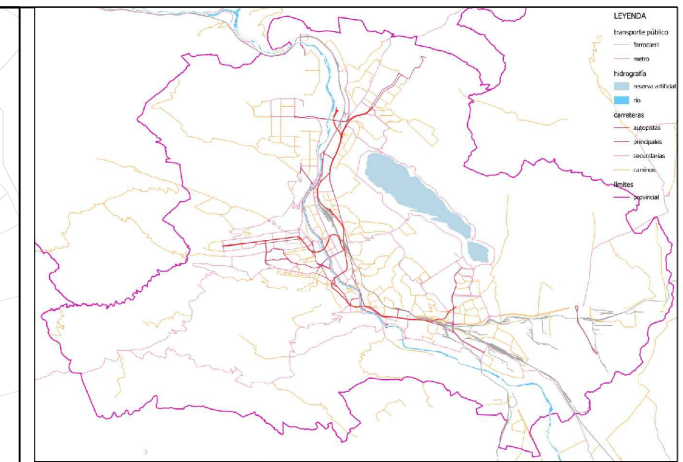
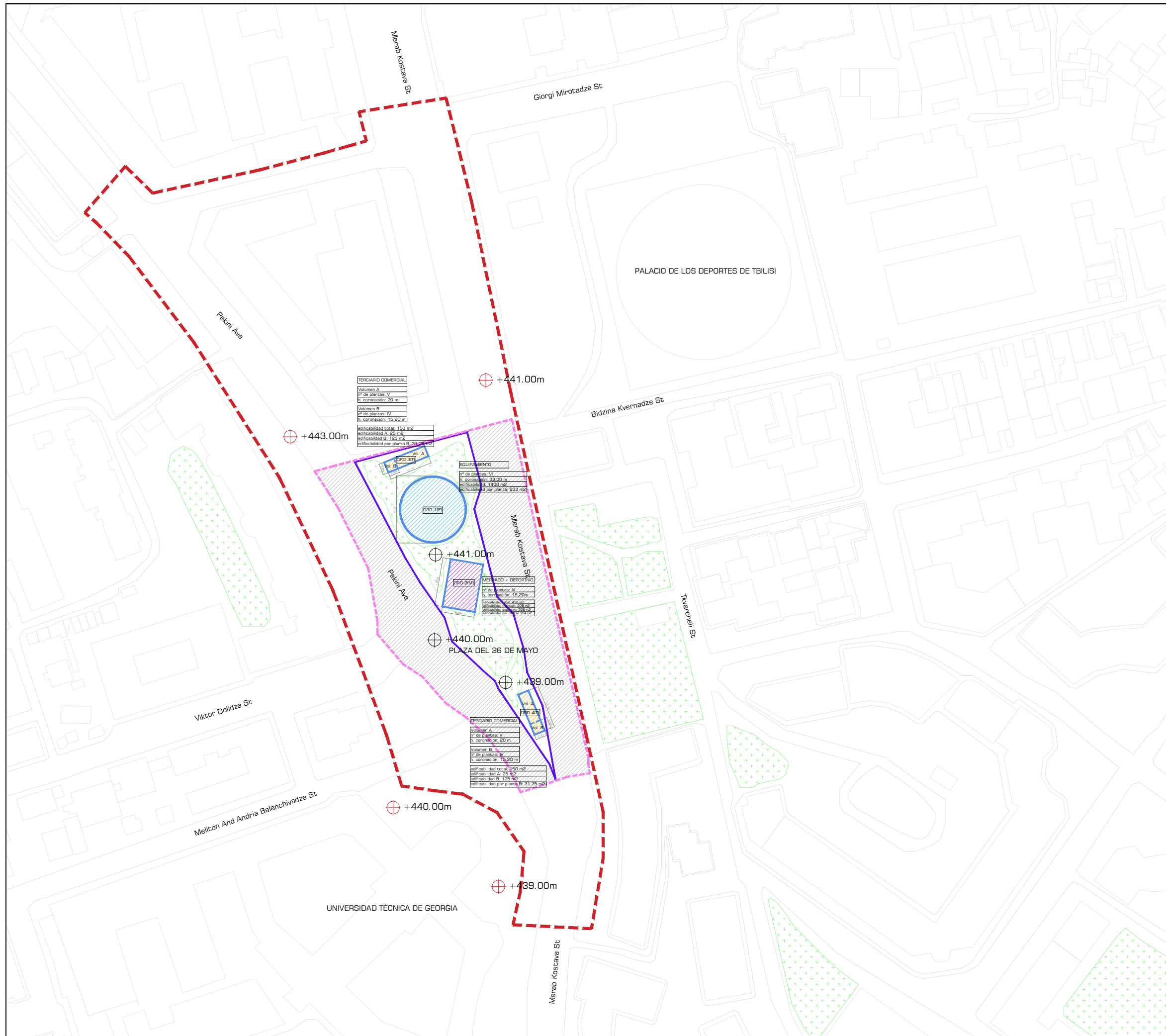


ALUMNA

Sofía Álvarez Llácer nº exp: 19013

TALLER DE URBANISMO

Prof.: Alejandro Tamayo, Inmaculada Mohino y José María Ezquiaga MHab ETSAM primavera 2025



**PLANO DE SITUACIÓN**

- LEYENDA**
- - - - - LÍMITE ÁMBITO
  - - - - - LÍMITE PARCELA superficie: 4.614,66 m<sup>2</sup>
  - ⊕ cota origen y referencia de edificación
  - ⊕ cota sobre rasante
  - alineación oficial o exterior
  - alineación interior
  - - - - - límite entre volumetría
- DOTACIONES SERVICIOS COLECTIVOS**
- A (A) Equipamiento básico (biblioteca)
  - B (B) servicio público básico (mercado)
  - C (C) uso alternativo (deportivo)
- ESPACIOS LIBRES - ZONAS VERDES**
- VB (VB) zona verde dominio público
- SERVICIOS TERCIARIOS**
- D (D) terciario comercial (restauración)
  - E (E) terciario comercial (pequeño comercio)
- ORDENANZAS**
- clave de ordenanza

**PLANO**

CONDICIONES GENERALES DE EDIFICACIÓN:  
CLAVES DE ORDENANZA

<b>ESCALA</b> 1:1000	<b>LOCALIZACIÓN</b> Plaza del 26 de mayo, Tbilisi, GE	

**ALUMNA**  
Sofía Álvarez Llácer nº exp: 19013

**TALLER DE URBANISMO**  
Prof.: Alejandro Tamayo, Inmaculada Mohino y José María Ezquiaga  
MHab ETSAM primavera 2025

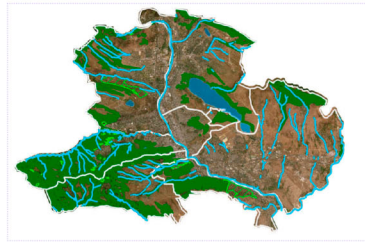


**ESTRUCTURA URBANA**

Este mapa diferencia las zonas urbanas de las distintas áreas naturales que conforman la ciudad de Tbilisi

**LEYENDA**

- Masas de agua
- Trama urbana
- Parque
- Material
- Bosque

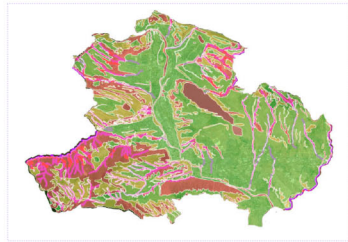


**MEDIO NATURAL**

Este mapa se enfoca en los elementos naturales de Tbilisi y sus alrededores. El río Kura atraviesa la ciudad, generando un importante eje natural y siendo hogar de fauna y flora.

**LEYENDA**

- Ríos
- Distrito forestal
- Zona forestal
- Área verde

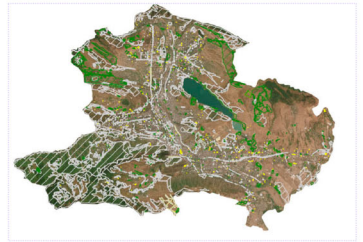


**RIESGO GEODINÁMICO**

Dada la ubicación de Tbilisi en una zona sísmica activa y con terrenos montañosos, encontramos zonas con riesgo de deslizamientos de tierra, terremotos o inestabilidad del terreno.

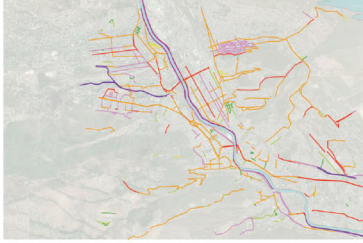
**LEYENDA**

- Corrimiento de tierras
- Avalancha de lodo
- Erosión de orillas del río
- Zona de alto riesgo
- Zona de impacto medio
- Zona de leve impacto



**PROPIEDAD MUNICIPAL Y PRIVATIZACIONES**

Se delimitan las propiedades que son de titularidad pública de Tbilisi y aquellas que son de propiedad privada. Esta información es clave para una correcta gestión urbanística, la planificación de servicios públicos y los procesos de privatización que hayan ocurrido en la ciudad.



**VELOCIDADES**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Quis ipsum suspendisse ultrices gravida. Risus commodo viverra maecenas accumsan lacus vel

**LEYENDA**

- Río
- Velocidad km/h
- 10
- 15
- 20
- 30
- 40
- 50
- 60
- 70
- 80



**TRANSPORTE PÚBLICO**

Detallamos la red de transporte público en Tbilisi, indicando las estaciones del metro, así como las rutas de bicicletas, y de autobuses y minibuses (marshrutkas) que operan en la zona.

**LEYENDA**

- Red de Tránsito de Tiflis (TBT)
- Área de cobertura TBT a 500m de la parada
- Red de Bicicletas
- Red de Metro FALTA

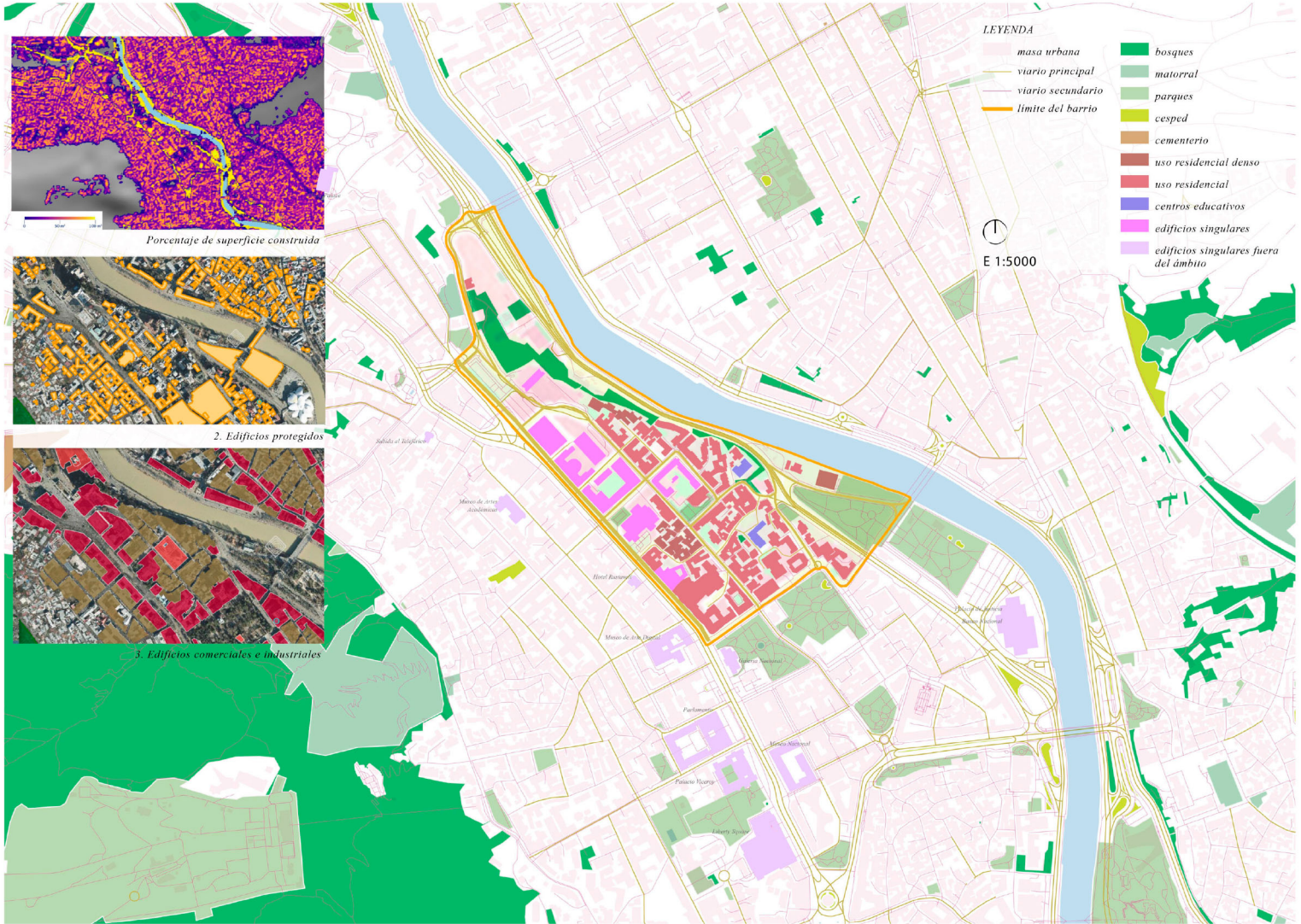


**PLANO DE USOS**

Representamos el uso principal de todas áreas que configuran el territorio de la capital georgiana.

**LEYENDA**

- Forestal
- Culto
- Recreativa
- De Recreación
- Industrial
- Residencial
- Transporte
- Especial
- Agrícola
- Sanitaria
- Público-Empresarial



**LEYENDA**

- masa urbana
- viario principal
- viario secundario
- limite del barrio
- bosques
- matorral
- parques
- cesped
- cementerio
- uso residencial denso
- uso residencial
- centros educativos
- edificios singulares
- edificios singulares fuera del ámbito

E 1:5000

**PLANO DE SÍNTESIS**

Este mapa a escala 1:5000 ofrece una visión detallada de gran parte de Tbilisi. Se identifican claramente las zonas verdes, la jerarquía de las vías de comunicación y los diferentes usos y tipologías de los distintos edificios y entornos urbanos. Se incluye información sobre el porcentaje de superficie construida y la localización de edificios protegidos, aportando una capa adicional de análisis sobre el desarrollo y las características de este sector urbano de la capital georgiana.



## **TALLER DE ESTRUCTURAS**

Sofía Álvarez Llácer

Prof. Joaquín Antuña

MHAB ETSAM 2025 Aula Soriano

## INDICE

### MEMORIA

- 1. DESCRIPCIÓN GENERAL**
  - 1.1. Descripción general del proyecto
  - 1.2. Descripción general de la estructura
- 2. DECLARACIÓN CUMPLIMIENTO DE EXIGENCIAS BÁSICAS**
  - 2.1. Resistencia y estabilidad
  - 2.2. Aptitud al servicio
- 3. TERRENO Y CIMENTACIÓN**
  - 3.1. Estudio geotécnico
  - 3.2. Características mecánicas del terreno
  - 3.3. Cimientos
  - 3.4. Arriostramientos de la cimentación
- 4. ACCIONES**
  - 4.1. Acciones gravitatorias
  - 4.2. Uso
  - 4.3. Nieve
  - 4.4. Sismo
  - 4.5. Viento
- 5. COMBINACIÓN DE ACCIONES**
- 6. ANÁLISIS**
  - 6.1. Forjados
  - 6.2. Vigas
  - 6.3. Pilares
  - 6.4. Envolvente
- 7. ANEJO DE CÁLCULO**

## PLANOS

### 8. ARQUITECTURA

- 8.1. Alzados
- 8.2. Secciones
- 8.3. Plantas

### 9. ESTRUCTURA

- 9.1. Axonometría
- 9.2. Planta de cimentación
- 9.3. Plantas sobre rasante
- 9.4. Planta de cubierta
- 9.5. Sección este-oeste

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

## 1.1. Descripción general del proyecto

El proyecto parte, por un lado, de un análisis del ruido urbano que caracteriza a la ciudad de Tbilisi en Georgia y, por otro lado, por poner en manifiesto los distintos paisajes que existen en este país debido a su situación geográfica entre dos mares y dos grandes cordilleras.

Se propone una arquitectura en altura capaz de cancelar el ruido del exterior y recrear estos paisajes a modo de parque urbano como gesto fundacional. Su lógica formal y estructural se inspira en las torres agrológicas, miradores para la naturaleza en la naturaleza, reinterpretados aquí como dispositivos urbanos de aislamiento sonoro y conexión sensorial con el paisaje.

La propuesta es, en el fondo, una arquitectura del sosiego: aprender a habitar la ciudad como se habita la montaña. Aprender a habitar el silencio.

## 1.2. Descripción general de la estructura

El proyecto es una torre de aproximadamente 75 metros de altura en su punto más alto. Es fundamentalmente un proyecto cuya estructura es vista; en todo momento se entiende qué espacios alberga, ya que es una torre de espacios verdes públicos abiertos al exterior. Su forma es de un hiperboloide hiperbólico: sus generatrices serán los pilares y sus anillos/circunferencias, que pasan por los cruces de las generatrices, serán los forjados o anillos que arriostran los pilares.

Se plantea una estructura sobre rasante de acero para pilares y forjados, y de cables postensados de acero para la envolvente. Para el sótano bajo rasante, que alberga los cuartos de instalaciones, la estructura será de hormigón armado.

### Elementos de cimentación, descripción general

La cimentación de la estructura principal de acero se realizará con muro de sótano de forma circular que apoye sobre una losa de hormigón. La envolvente, por otro lado, se ancla al suelo directamente con un sistema de micropilotes.

### Estructura vertical

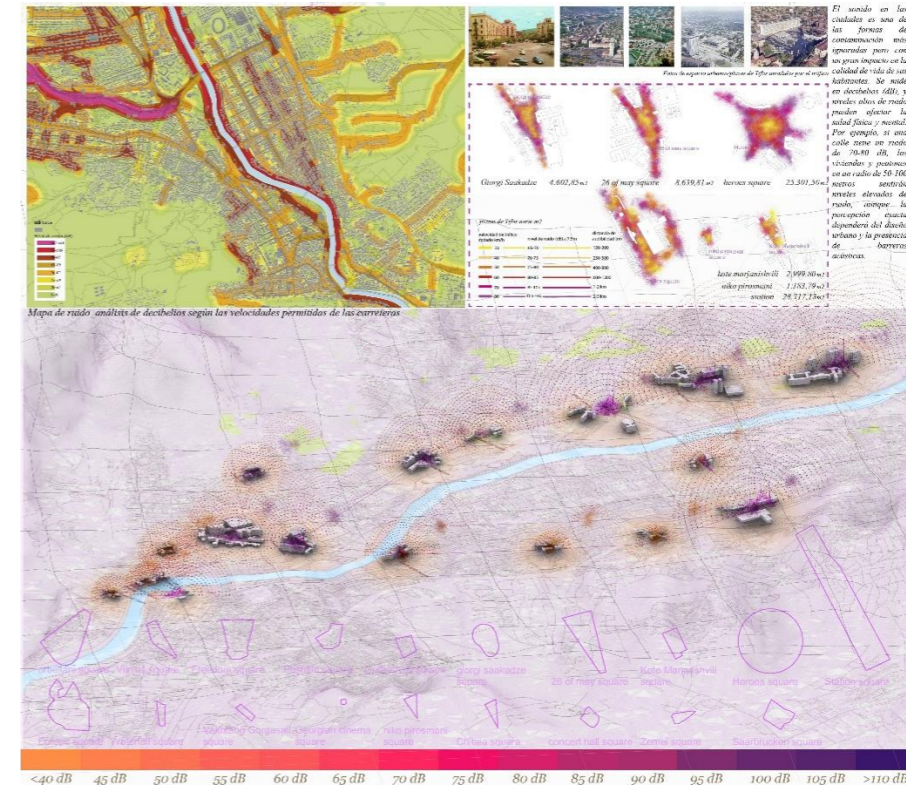
Sobre esa losa y muro de sótano, nacen los pilares de sección tubular hueca. Los pilares son inclinados y se van cruzando a medida que crece la torre, al igual que va disminuyendo su sección. Dependiendo de cada planta su altura varía desde 14 metros, como máxima altura de pilar de la torre (arriostrados en 2 puntos) hasta 4.5 metros de altura más baja de pilar de la torre.

### Estructura horizontal

Los forjados de la torre tienen forma circular con diámetros desde 25 metros hasta 14 metros, de extremo a extremo, y con un hueco que actúa como patio interior en su centro de 6 metros de diámetro. Se propone un forjado de chapa colaborante que apoya sobre vigas y viguetas metálicas. Las vigas apoyan sobre los pilares, siguiendo los radios de la circunferencia del forjado y las viguetas se colocan entre las vigas formando anillos entre ellas.

### Elementos de arriostramiento ante acciones horizontales

Al ser de forma circular, la estructura ya está arriostrada contra las acciones horizontales. Cuenta con dos familias de pilares que crecen en direcciones opuestas (generatrices del hiperboloide hiperbólico) y los anillos de sección tubular, al igual que los pilares, junto con los forjados arriostran los pilares.



Análisis sonoro de la ciudad de Tbilisi, Georgia.



Arquitectura del proyecto.

## 2. DECLARACIÓN CUMPLIMIENTO EXIGENCIAS BÁSICAS

### 2.1. Resistencia y estabilidad

La totalidad del conjunto ha sido proyectada y calculada conforme a las exigencias básicas de resistencia mecánica y estabilidad, recogidas en el Documento Básico DB-SE del Código Técnico de la Edificación, así como en los documentos complementarios DB-SE-A (acero) y DB-SE-C (cimentaciones).

Se han considerado las acciones permanentes, variables (uso, viento, nieve), acciones térmicas y, en su caso, acciones accidentales, combinadas según las especificaciones del DB SE-AE: Documento básico de Acciones en la Edificación. Los elementos estructurales han sido dimensionados garantizando su capacidad resistente frente a los estados límite últimos (ELU), tanto en situación persistente como accidental.

La estructura metálica se ha diseñado conforme a los principios establecidos en la norma UNE-EN 1993 (Eurocódigo 3), adaptados a las condiciones climáticas y sísmicas específicas de Murcia (España) ya que tiene unas características sísmicas similares a Tiflis (Georgia). El cálculo estructural tiene en cuenta los efectos derivados de la variabilidad térmica, la corrosión ambiental y las acciones sísmicas propias de la región, garantizando la estabilidad, durabilidad y seguridad del conjunto conforme a los estándares europeos de diseño en acero estructural.

### 2.2. Aptitud al servicio

Se ha verificado el cumplimiento de los estados límite de servicio (ELS) según el Documento Básico DB-SE y el Eurocódigo 3, garantizando que las deformaciones se mantengan dentro de los límites aceptables para asegurar la funcionalidad y durabilidad del edificio.

#### Deformaciones y flechas

Se han comprobado las flechas de los elementos estructurales metálicos conforme a las limitaciones recomendadas por la UNE-EN 1993 y por el DB-SE, asegurando que no comprometan la estabilidad de los cerramientos, particiones o elementos no estructurales.

Las deformaciones verticales de vigas y forjados se mantienen dentro de los valores prescritos ( $L/500$ ).

En elementos esbeltos de la fachada metálica (pilares), se han considerado los efectos del pandeo lateral.

#### Desplazamientos horizontales

Se han verificado los desplazamientos laterales globales del edificio frente a viento y sismo, manteniéndolos dentro de los valores definidos por el CTE-DB-AE y el NCRS-02.

Se asegura que el desplazamiento relativo entre plantas no afecta a los cerramientos, núcleos rígidos ni pilares.

### 3. TERRENO Y CIMENTACIÓN

#### 3.1. Estudio geotécnico

El terreno objeto de estudio se localiza en el centro de Tiflis, en una zona de carácter aluvial asociada al valle del río Kura. La estratigrafía identificada corresponde mayoritariamente a depósitos cuaternarios formados por arenas y limos con intercalaciones de gravas y niveles de rocas sedimentarias. Este tipo de materiales es característico de emplazamientos próximos a cauces fluviales y terrazas aluviales.

En la parte superior del terreno se identifica una capa de rellenos antrópicos de espesor variable, con una profundidad media aproximada de 1,5 a 2,0 metros. Estos rellenos presentan una composición heterogénea de materiales sueltos, producto de antiguas obras urbanas y sedimentaciones recientes. Inmediatamente bajo esta capa se encuentra el nivel freático, el cual se sitúa a una profundidad media de 1,8 a 2,2 metros respecto a la superficie natural del terreno, con posibles variaciones estacionales ligadas al caudal del río Kura.

De acuerdo con los estudios geológicos regionales del Servicio Geológico de Georgia (Georgian Geological Institute), la siguiente unidad estratigráfica está constituida por areniscas rojizas, arcillas y conglomerados de cuarzo con espesores que oscilan entre 4 y 6 metros. Por debajo de este nivel, se localiza una capa de pizarras y grauvacas compactas, que conforma el sustrato rocoso del área.

Las construcciones existentes y las proyectadas deberán cimentarse bajo la capa superficial de rellenos no compactados, apoyándose sobre los niveles naturales de arenas y limos consolidados, donde también aparece el nivel freático. La naturaleza granulométrica de estos suelos permite considerar una cimentación directa mediante zapatas o losas, siempre que se realice un adecuado control de la compactación y del drenaje en el entorno de la obra.

#### 3.2. Características mecánicas del terreno

Presión admisible del terreno = 250 kN/m<sup>2</sup>

Densidad del terreno = 20 kN/m<sup>3</sup>

Ángulo de rozamiento interno del terreno = 35°

Sobrecarga exterior = 5 kN/m<sup>2</sup>

#### 3.3. Cimientos

Los cimientos de la estructura principal del edificio (diagrid en forma de hiperboloide hiperbólico) del edificio constarán de un muro de sótano con su zapata corrida correspondiente, de forma circular al igual que el resto de forjados de la estructura. El sótano que se plantea servirá para albergar los cuartos técnicos y de instalaciones.

Por otro lado, los cimientos de la envolvente del edificio formado por un sistema de cables tensados en forma de red serán unos anclajes: estos se realizan mediante perforaciones al terreno siguiendo la dirección del cable tensado que acomete al suelo.

##### Muro de sótano

Se toma como espesor del muro de sótano e = 30cm. Se realizan los cálculos de armado del muro y su zapato correspondiente.

Datos necesarios:

$\sigma_{adm}$  del terreno = 250 kN/m<sup>2</sup>

Nk = 1500/3 metros lineales = 500 kN

$\gamma$  = 20 kN/m<sup>3</sup>

$\Phi$  = 35°

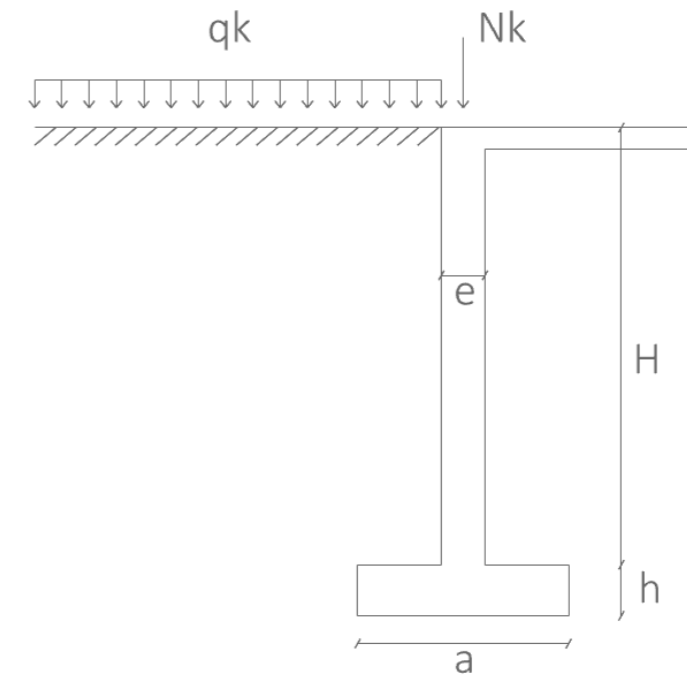
qk = 5 kN/m<sup>2</sup>

H muro = 3 m

e muro = 0,3 m

$\rho$  hormigón = 2400 kg/m<sup>3</sup>

P muro = (3\*0,3\*1m lineal) \*  $\rho$  hormigón = 21,2 kN



- Dimensionado de zapata:

$$A = Nk + P \text{ muro} / \sigma_{adm} = 500 + 21,2 / 250 = 2,1 \text{ m}^2 ;$$

$$\text{lado a de la zapata} = 1,45 \text{ m}$$

$$M = \sigma * (B-b)^2 / 2 = 250 * (1,45 - 0,3)^2 / 2 = 165,3 \text{ m kN/m}$$

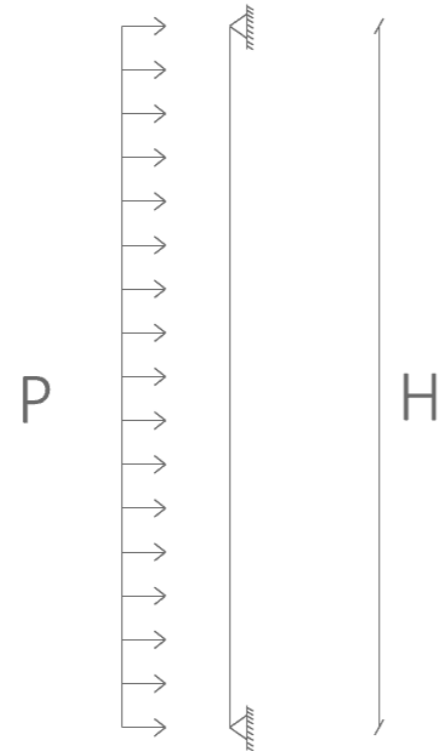
$$M = 0,138 * f_{cd} \text{ HA-25} * d^2 ;$$

$$d^2 = (101,26 * 10^6) / (0,138 * 14000 \text{ kN/mm}^2) \Rightarrow d = 229 \text{ mm} = 25 \text{ cm};$$

$$\text{canto zapata } h = d + \text{recubrimiento HA25} + 5 \text{ cm del armado} = 25 + 5 + 1 = 31 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

- Armadura del muro

$P$  (empuje del terreno sobre el muro) =  $(0,67 * \gamma * H + qk) * k0 = (0,67 * 20 \text{ kN/m}^3 * 3\text{m} + 5) * (1 - \text{sen } 35^\circ) = 19,5 \text{ kN/m}^2$  ;



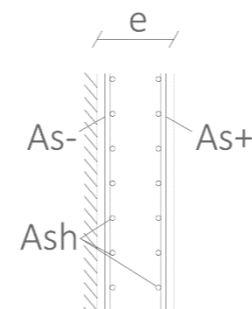
$Md+$  (a media altura del muro) =  $1,5 * (P * H) / 8 = 33 \text{ kN/m}$  ;

$Md-$  (en la base) =  $1/4 * Md+ = 8 \text{ kN/m}$  ;

$As+$  =  $Md+ / (0,8 * e * fyd) = 33 \text{ kN/m} / (0,8 * 0,3 * 500 / 1,5 \text{ N/mm}^2) = 4,1 \text{ cm}^2$  ;

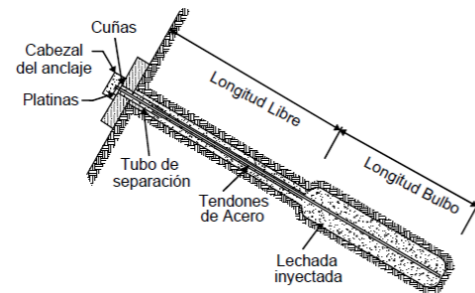
$As-$  =  $Md- / (0,8 * e * fyd) = 8 \text{ kN/m} / (0,8 * 0,3 * 500 / 1,5 \text{ N/mm}^2) = 1 \text{ cm}^2$  ;

$Ash = 0,0016 * e * 100 = 0,0016 * 30 * 100 = 4,8 \text{ cm}^2$  ;



Anclajes de los cables tensores

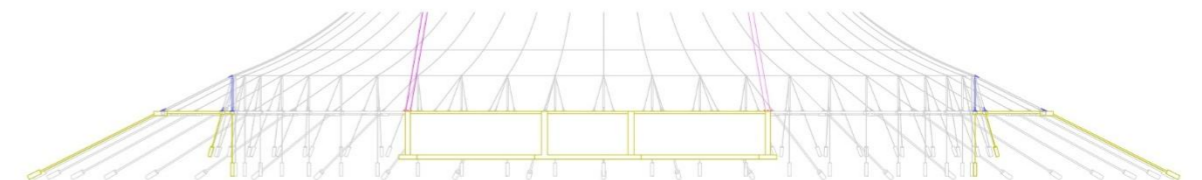
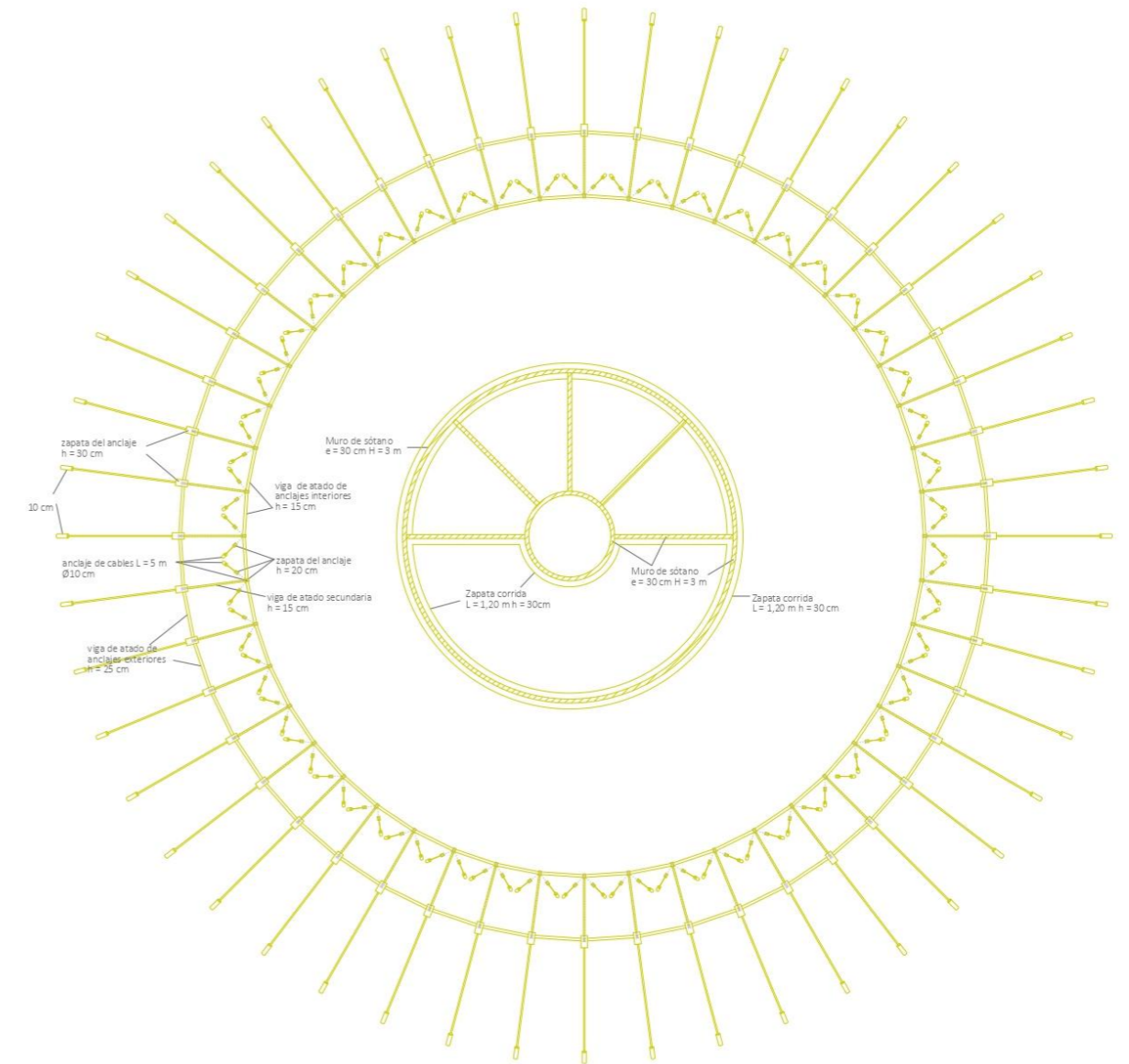
Se realizan perforaciones en el terreno siguiendo la dirección de los cables tensores de 10 m de longitud total para los cables del perímetro y de 5 m de longitud total para los cables del anillo interior. En el cabezal de anclaje comienza el cable tensor de la envolvente.

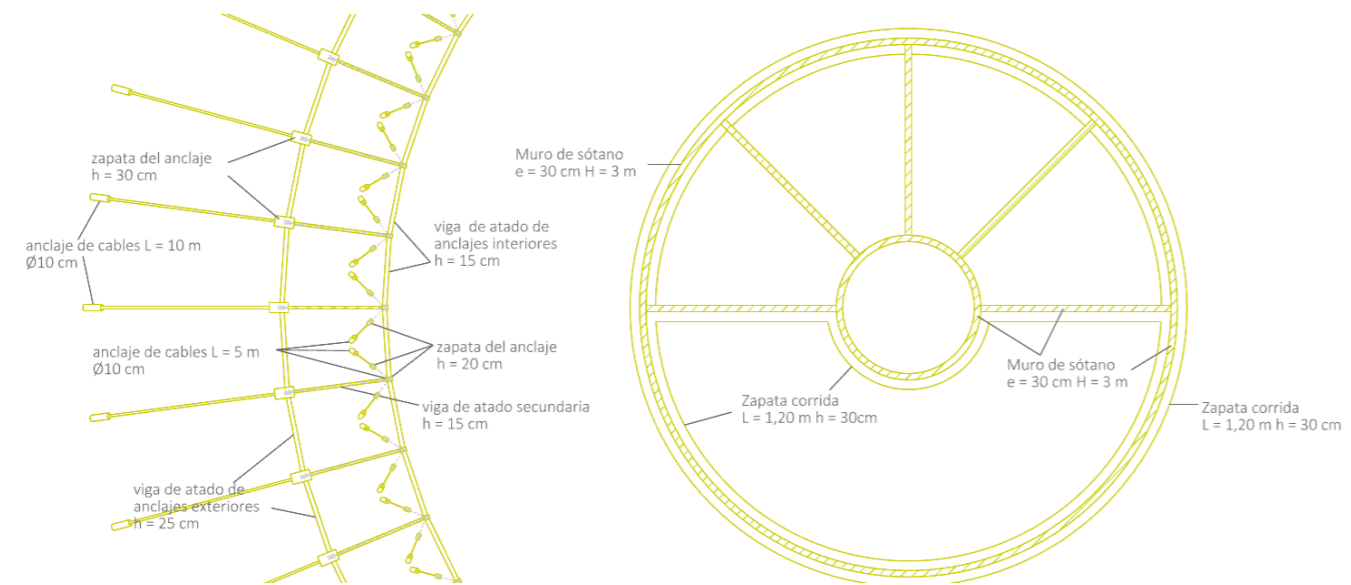


### 3.4. Arriostramientos de la cimentación

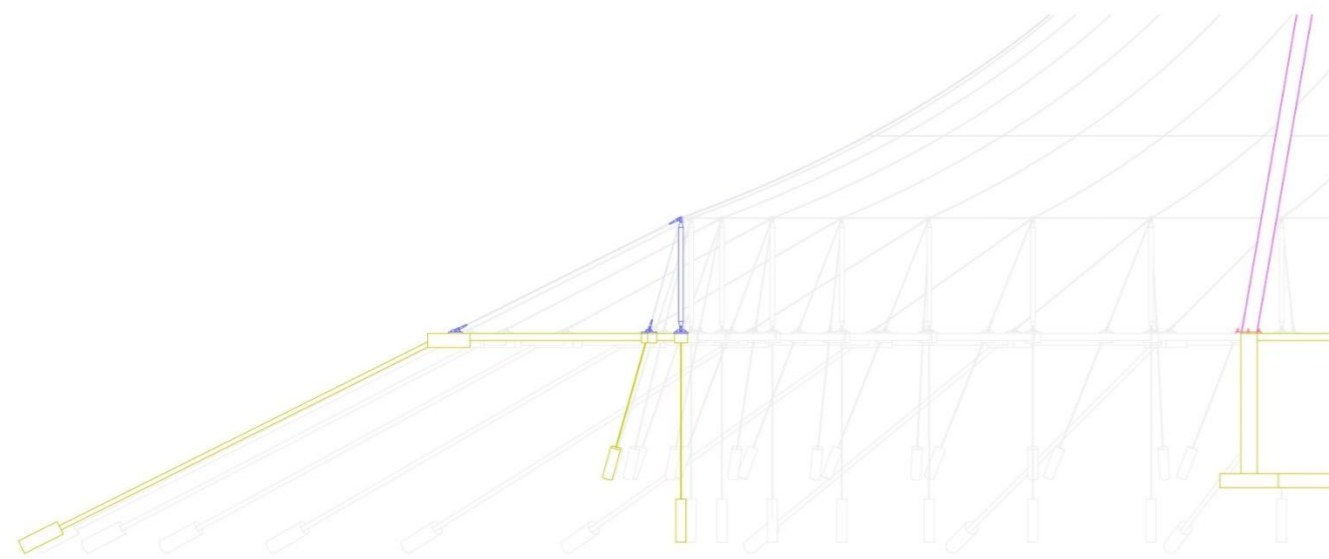
Los anclajes y zapatas de los cables tensores se arriostran mediante vigas de atado dispuestas de forma concéntrica y radial como se muestra en el siguiente esquema.

Esquema global de cimentación:





Zoom de la planta de los elementos de cimentación y sus dimensiones



Zoom de la sección de los elementos de cimentación

## 4. ACCIONES

### 4.1. Acciones gravitatorias

#### Peso propio de las vigas

La estructura portante del edificio se resuelve íntegramente mediante elementos metálicos de acero estructural S 275 JR, tanto en las vigas principales como en las secundarias.

Las vigas principales se componen de perfiles laminados en caliente HEB 1000, HEB 800 y HEB 550, dispuestos según las luces y las solicitaciones estructurales. Para el cálculo del peso propio se considera el peso lineal característico de cada perfil:

$$\text{HEB 1000} \rightarrow 1,017 \text{ kN/m}$$

$$\text{HEB 800} \rightarrow 0,630 \text{ kN/m}$$

$$\text{HEB 550} \rightarrow 0,291 \text{ kN/m}$$

Aplicando el coeficiente de mayoración de cargas permanentes (1,35), se obtiene:

$$1,017 \times 1,35 = 1,37 \text{ kN/m}$$

$$0,630 \times 1,35 = 0,85 \text{ kN/m}$$

$$0,291 \times 1,35 = 0,39 \text{ kN/m}$$

Por tanto, el peso propio de las vigas principales varía entre 0,39 y 1,37 kN/m, dependiendo del perfil empleado.

Las vigas secundarias, que reciben las cargas del forjado y las transmiten a las principales, están formadas por perfiles IPE 240, IPE 200 e IPE 180, también de acero S 275 JR. Los pesos lineales característicos son:

$$\text{IPE 240} \rightarrow 0,310 \text{ kN/m}$$

$$\text{IPE 200} \rightarrow 0,245 \text{ kN/m}$$

$$\text{IPE 180} \rightarrow 0,221 \text{ kN/m}$$

Tras aplicar el mismo coeficiente de mayoración (1,35):

$$0,310 \times 1,35 = 0,42 \text{ kN/m}$$

$$0,245 \times 1,35 = 0,33 \text{ kN/m}$$

$$0,221 \times 1,35 = 0,30 \text{ kN/m}$$

El peso propio de las viguetas se sitúa así entre 0,30 y 0,42 kN/m, en función del perfil utilizado.

Sumando los pesos mayores de vigas y viguetas:

$$1,37 \text{ kN/m} + 0,42 \text{ kN/m} = 1,79 \text{ kN/m}$$

#### Forjado

Para los siete forjados que forman la estructura se emplea forjado de chapa grecada que apoya sobre las vigas y viguetas. El peso propio de un forjado de este tipo es de 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que el coeficiente de seguridad es 1,35, el peso por m<sup>2</sup> del forjado será:

$$2,5 \times 1,35 = 3,375 \text{ kN/m}^2$$

#### Tierra

Encima de cuatro de los siete forjados se van a depositar grandes volúmenes de tierra de una altura media H= 0,5m. Teniendo en cuenta que el peso propio de la tierra es de 20kN/m<sup>3</sup> y su coeficiente de mayoración 1,35, por ser carga permanente:

$$20 \times 0,5 \times 1,35 = 13,5 \text{ kN/m}^2$$

#### Impermeabilizantes

Entre la tierra y el forjado, será necesario una capa compuesta por: una lámina impermeable, un geotextil de protección y una lámina drenante nodular tipo HDPE (nódulos + geotextil filtrante). El peso propio total de esta capa impermeabilizante es de 0,01 kN/m<sup>2</sup> según el catálogo de la empresa consultada para este material, multiplicando por el coeficiente de carga permanente 1,35:

$$0,01 \times 1,35 = 0,013 \text{ kN/m}^2$$

#### Cubierta

El edificio no cuenta con una cubierta como tal, únicamente por encima del último forjado se situarán unas telas impermeables para recoger agua de lluvia. Teniendo en cuenta el peso propio del agua de 10 kN/m<sup>3</sup> y que la capacidad de estas telas será de 3 cm de profundidad.

$$10 \times 0,03 \times 1,35 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

### 4.2. Uso

Según los usos determinados en el CTE para estudiar la sobrecarga de uso, el edificio cuenta con zonas acceso público y zonas con actividad física. Ambos usos tienen una sobrecarga de uso de 5 kN/m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta el coeficiente de mayoración de cargas variables de 1,5:

$$5 \times 1,5 = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

### 4.3. Nieve

Según la tabla E.2. del Anejo E del DBSE-AE de sobrecarga de nieve sobre una superficie horizontal y teniendo en cuenta que Tiflis se puede asemejar a Madrid en la condición climática de nieve y cuenta con una altitud sobre el nivel del mar de 400m, multiplicando por el coeficiente de mayoración de cargas variables:

$$0,3 \times 1,5 = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

### 4.4. Sismo

Según el documento NCRS-02 (Norma de construcción sismo resistente), el edificio se clasifica como de importancia normal. Según el criterio de aplicación, en las construcciones de importancia normal será obligatorio su uso, excepto si el edificio cuenta con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,08g, siendo g la gravedad. Al tratarse de una localización con un valor mayor a 0,08g (Murcia), se realizará el cálculo de la aceleración sísmica (ac = S x p x ab; todos los valores se encuentran en el art. 2 del documento NCRS-02):

$$ac = 1 \times 1 \times 0,08g = 0,08 \text{ m/s}^2$$



## 5. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Tras haber calculado todas las cargas superficiales tanto permanentes como variables, rellenamos la tabla con el propósito de conseguir los totales que utilizaremos para el cálculo de la estructura.

Según el CTE, se toman como coeficientes de seguridad de las acciones permanentes el valor de 1,35 y para las sobrecargas 1,5.

Carga de viento sobre la estructura						
coeficiente de seguridad 1,35						
Orientación	Altura de nudo (m)	qb (kN/m <sup>2</sup> )	ce (kN/m <sup>2</sup> )	cp (kN/m <sup>2</sup> )	qw (kN/m <sup>2</sup> )	qwd (kN/m <sup>2</sup> )
N-S, E-O	13,2	0,42	1,34	1,60	0,90	
	22,48	0,42	1,34	1,60	0,90	
	29,66	0,42	1,34	1,60	0,90	
	35,56	0,42	1,34	1,60	0,90	
	49,56	0,42	1,34	1,60	0,90	
	57,92	0,42	1,34	1,60	0,90	
	62,28	0,42	1,34	1,60	0,90	
	66,75	0,42	1,34	1,60	0,90	
	76,09	0,42	1,34	1,60	0,90	

### ACCIONES superficiales

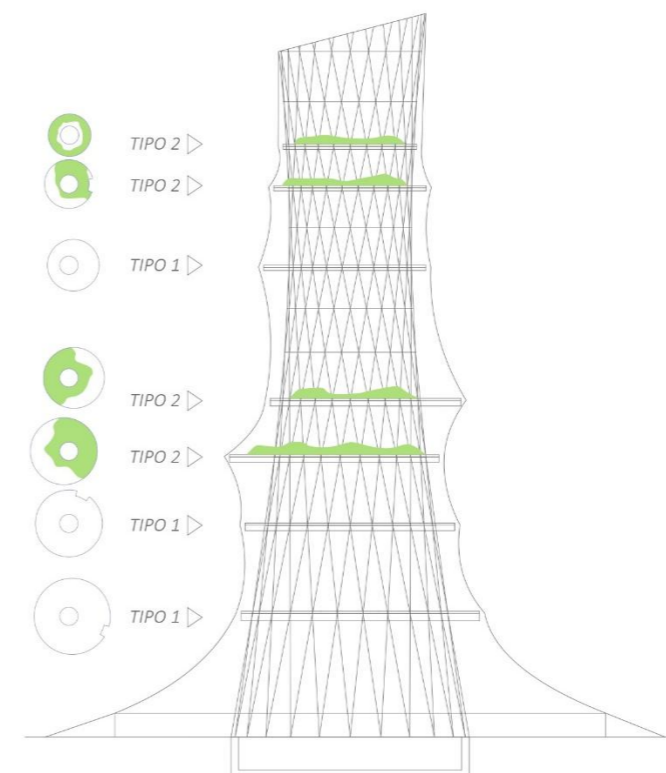
Cargas permanentes			
coeficiente de seguridad 1,35			
	g (kN/m <sup>2</sup> )	h	G (g*1,35) (kN/m <sup>2</sup> )
Forjado	2,5	-	3,375
Tierra (forjado tipo 1*)	20	0,5	13,5
Impermeabilizantes (forjado tipo 1*)	0,01	-	0,0135
Agua (Cubierta)	10	0,03	0,405
<b>G total (kN/m<sup>2</sup>)</b>			<b>17,29</b>

\*existen dos tipologías de forjado: tipo 1 (que no alberga tierra en su cara superior) y tipo 2 (que Sí alberga tierra en su cara superior)

Cargas variables			
coeficiente de seguridad 1,5			
	q (kN/m <sup>2</sup> )	h	Q (q*1,5) (kN/m <sup>2</sup> )
Sobrecarga de uso	5	-	7,5
Sobrecarga de nieve	0,3	-	0,45
<b>Q total (kN/m<sup>2</sup>)</b>			<b>7,95</b>

<b>G + Q, CARGA TOTAL EN FORJADO TIPO 1 (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>10,88</b>
<b>G + Q, CARGA TOTAL EN FORJADO TIPO 2 (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>24,39</b>

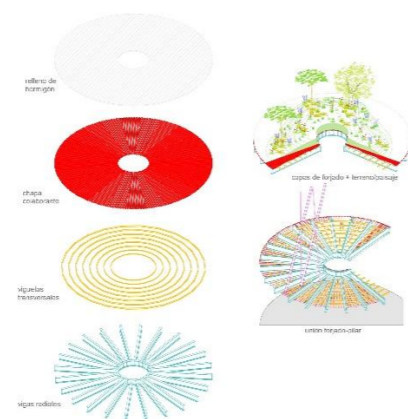
A continuación, se muestra un esquema de la disposición de los forjados tipo 1 y 2:



## 6. ANÁLISIS

### 6.1. Forjados

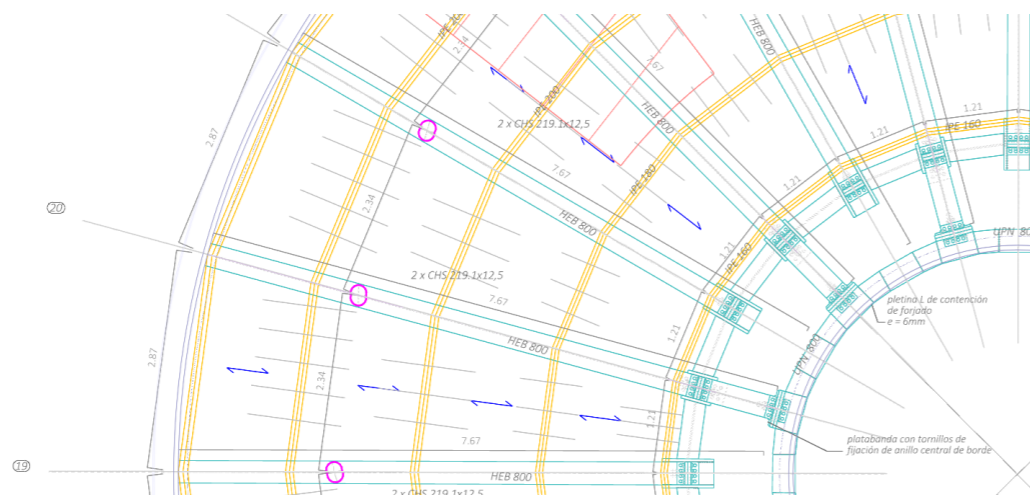
Los forjados de chapa colaborante tienen forma circular. Las vigas se disponen de forma radial con respecto al centro del forjado y las viguetas van creando anillos concéntricos con respecto al centro. Encima de éstas, se coloca la chapa colaborante, que deberá recortarse siguiendo la dirección de las vigas radiales para que trabaje en la dirección adecuada.



La dimensión de la chapa seleccionada es de 10cm de canto y 0,8mm de espesor, según el catálogo de Hiansa: chapa MT100, e = 0.8 mm.

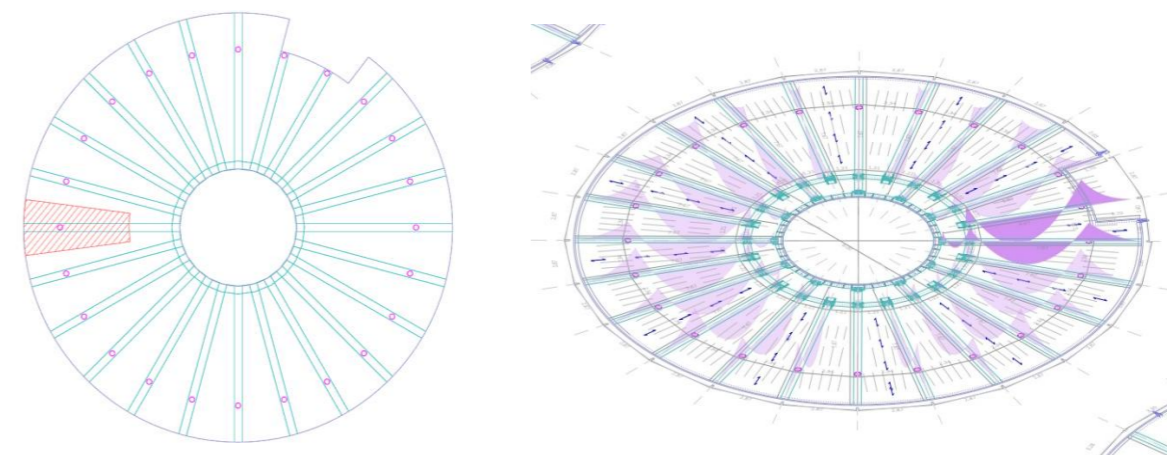


Las dimensiones de la chapa van cambiando de forjado a forjado y entre cada familia de viguetas de cada forjado. La dimensión de la chapa más grande será la del forjado de planta 1ª, que es el forjado más grande, y será de 1,9 m x 3,5 m (ancho x largo).

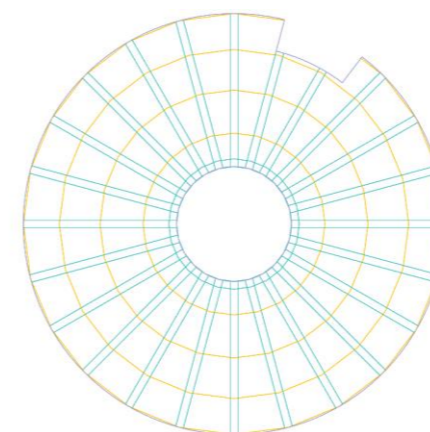


### 6.2. Vigas

Cada forjado cuenta con 24 vigas radiales apoyadas sobre pilares y dejando siempre un voladizo hacia el exterior de forjado. Las vigas se arriostran en un anillo interior de la misma dimensión de la viga, por lo tanto, es como si esas 24 vigas fueran 12 pero más largas. Tal como se muestra en el esquema, las vigas son de color turquesa y pilares en rosa. El ancho tributario de la viga se muestra en el sombreado rojo. La carga q (kN/m<sup>2</sup>) será de 10,88 o 24,39 kN/m<sup>2</sup>, dependiendo del forjado del que se trate, como indicado en el apartado 5 de este documento.



Cada familia de anillo concéntrico de viguetas (naranja en la imagen) tiene una dimensión diferente. Por lo tanto, para el cálculo de viguetas se toman varias distancias, d, entre vigas para suponer el ancho tributario de la vigueta.



Los cálculos realizados para hallar los momentos y cortantes de cada viga y su diagrama correspondiente se localiza en el anejo de cálculo de este documento. Se toman como fórmulas:

$$M_{vol} = qL^2/2 + P*L \text{ (kN}\cdot\text{m)} ; V_{vol} = q + (P*L)$$

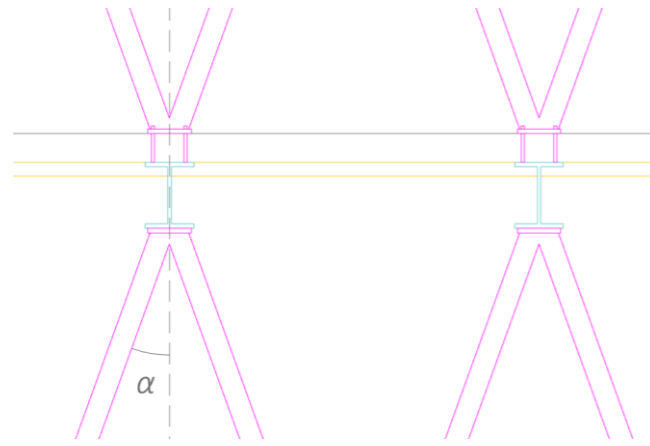
$$M_{iso} = qL^2/8 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_c = M_{vol} - M_{iso} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

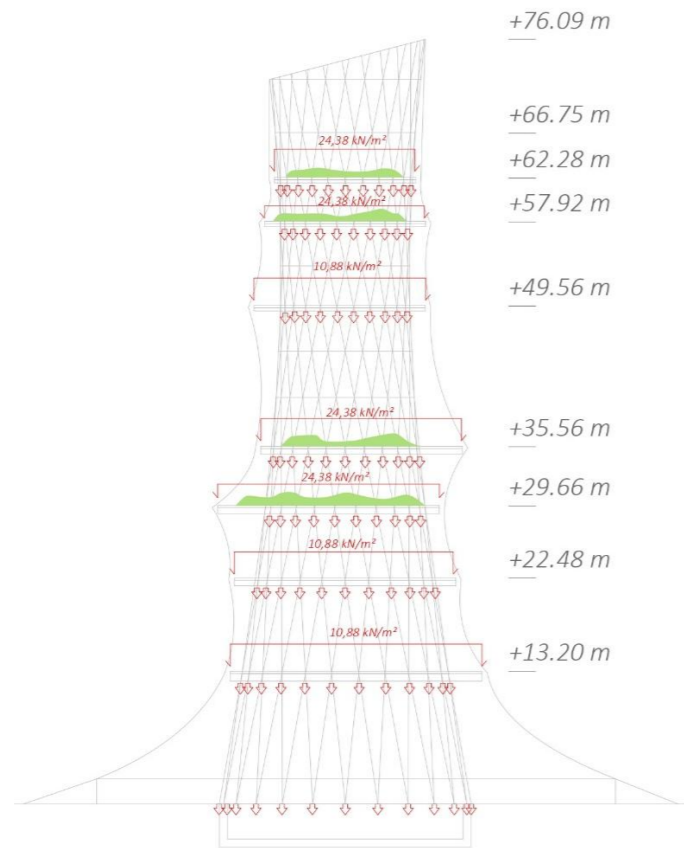
$$V_1 = V_2 = q*L_{viga}/2 + q_{vol}/2 + M_{vol}/2$$

### 6.3. Pilares

Los pilares del edificio vienen definidos por la geometría de las generatrices de un hiperboloide hiperbólico. Los puntos donde se cruzan son donde se apoyan las vigas y los forjados mencionados anteriormente. La familia de pilares crea una estructura tipo *diagrid*, una malla de pilares que ayuda a generar la fachada y forma curva del edificio.



Cada planta del edificio cuenta una altura de pilares diferente, no es aleatoria, es la generada por el número de generatrices (24 en cada dirección, 48 generatrices en total), el tamaño de las bases del hiperboloide hiperbólico y la distancia que las separa (la altura del hiperboloide hiperbólico). Las cargas de las vigas, viguetas y forjados se distribuyen por los pilares hasta el suelo.



Para realizar el cálculo de la sección de los pilares tubulares CHS en cada planta se ha calculado la N total que va llegando a cada pilar en cada forjado. Para ello, la carga, q, de cada forjado se multiplica por el área tributaria de cada pilar. Esta

carga se va acumulando de planta en planta. La carga siempre se distribuye entre los dos pilares que llegan a la viga, por lo que N siempre se divide entre 2. La carga última que llega a los pilares de planta baja es de 1500kN aproximadamente.

A continuación, se muestran las secciones halladas, S.

Cálculo de sección de pilares						
planta	q por planta (kN)	área tributaria del pilar m <sup>2</sup> (q * area trib)	N/2	N/2*cos α	S (N/fyd) cm <sup>2</sup>	
forjado planta 7a	24,38	3,9	95,06	47,53	47,98	1,85
forjado planta 6a	48,75	5,93	289,09	144,54	145,90	5,61
forjado planta 5a	59,63	10,36	617,72	308,86	311,75	11,99
forjado planta 4a	84,00	14,4	1.209,60	604,80	610,46	23,48
forjado planta 3a	108,38	17,23	1.867,30	933,65	942,39	36,25
forjado planta 2a	119,25	13,12	1.564,56	782,28	789,60	30,37
forjado planta 1a	130,13	23,00	2.992,88	1.496,44	1.510,45	58,09

Se realiza la comprobación a pandeo, siguiendo las indicaciones del CTE. Las secciones halladas no cumplen (Nb,Rd < N) y por tanto se va incrementando la sección hasta lograr que Nb,Rd sea mayor que N.

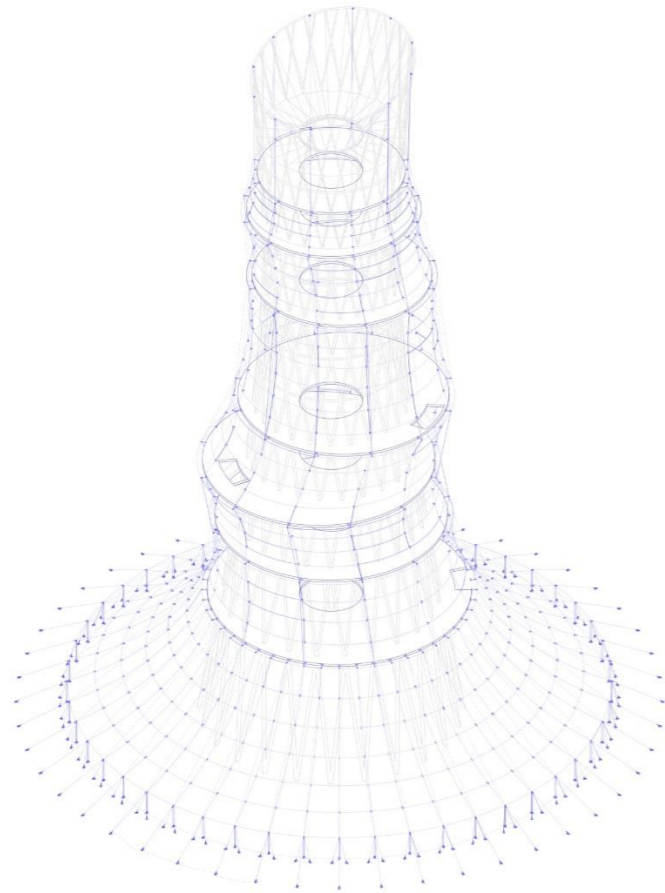
Finalmente, las secciones CHS tomadas para cada pilar son las siguientes:

Cálculo de sección de pilares y comprobación a pandeo												
planta	CHS (d x e)mm	S mm <sup>2</sup> según tabla CHS	I mm <sup>4</sup>	f <sub>y</sub> N/mm <sup>2</sup>	E kN/mm <sup>2</sup>	L mm	N <sub>cr</sub>	landa	F <sub>i</sub>	j <sub>i</sub>	N <sub>b,Rd</sub>	CUMPLE (N <sub>b,Rd</sub> >N)
forjado planta 7a	120x3	1.100,0	1.890.000,0	275	210	4.360,0	205,9	1,21	1,34	0,52	150,48	CUMPLE
forjado planta 6a	168x6	3.050,0	10.030.000,0	275	210	8.366,0	296,7	1,68	2,07	0,31	243,94	CUMPLE
forjado planta 5a	219,1x10	6.570,0	35.980.000,0	275	210	13.994,0	380,4	2,18	3,08	0,19	326,97	CUMPLE
forjado planta 4a	219,1x10	6.570,0	35.980.000,0	275	210	5.902,0	2.138,7	0,92	1,00	0,72	1.241,02	CUMPLE
forjado planta 3a	219,1x12,5	81.100,0	43.450.000,0	275	210	7.178,0	1.746,1	3,57	7,24	0,07	1.568,95	CUMPLE
forjado planta 2a	219,1x12,5	81.100,0	43.450.000,0	275	210	9.272,0	1.046,5	4,62	11,62	0,04	953,20	CUMPLE
forjado planta 1a	323,9x14,2	13.800,0	165.990.000,0	275	210	13.206,0	1.970,7	1,39	1,59	0,42	1.532,31	CUMPLE

## 6.4. ENVOLVENTE

La envolvente del edificio es una parte fundamental del proyecto: con ella se hace posible la suspensión de los dispositivos sonoros que consiguen mediante su tecnología y funcionamiento el aislamiento del ruido urbano del exterior. Consta de una serie de cables de acero atados entre sí y unidos mediante pasadores (3.432 unidades en total) que los tensan. Se anclan de los laterales de los forjados circulares. En la cota cero, se anclan al terreno mediante micropilotes. Hay dos familias de cables: los cables "verticales", en forma de parábola (132 en total) y los "horizontales", con forma circular (34 en total). Estos último arriostran y tensan los cables verticales que recorren de arriba abajo el edificio.

A continuación, se muestran unos esquemas que explica el funcionamiento de la envolvente.



Axonometría: se muestra el sistema de cables tensados que forman la envolvente.

Al ser cables de acero, su módulo de Young  $E = 210 \text{ kN/mm}^2$  y su resistencia  $f_{yd} = 26 \text{ kN/cm}^2$ . Esto implica que la deformación del cable siempre va a ser:

$$\epsilon = f_{yd} / E = 0,00124$$

Sabiendo también que:

$$L_f - L_i / L_i = \epsilon$$

siendo  $L_f$ , longitud final y  $L_i$ , longitud inicial

$L_f$  es conocido para cada cable de la envolvente ya que viene dado por el diseño optado. Así, podemos hallar la  $L_i$ .

Contamos con 7 familias de cables verticales para los cuales queremos averiguar su longitud inicial a la cual se le aplicará la tensión necesaria para llevarlo a su longitud final.

Cable 1

$$L_f = 16,90 \text{ m}; L_i = 16,879 \text{ m}$$

Cable 2

$$L_f = 9,439 \text{ m}; L_i = 9,427 \text{ m}$$

Cable 3

$$L_f = 7,592 \text{ m}; L_i = 7,582 \text{ m}$$

Cable 4

$$L_f = 7,452 \text{ m}; L_i = 7,442 \text{ m}$$

Cable 5

$$L_f = 14,175 \text{ m}; L_i = 14,157 \text{ m}$$

Cable 6

$$L_f = 8,616 \text{ m}; L_i = 8,605 \text{ m}$$

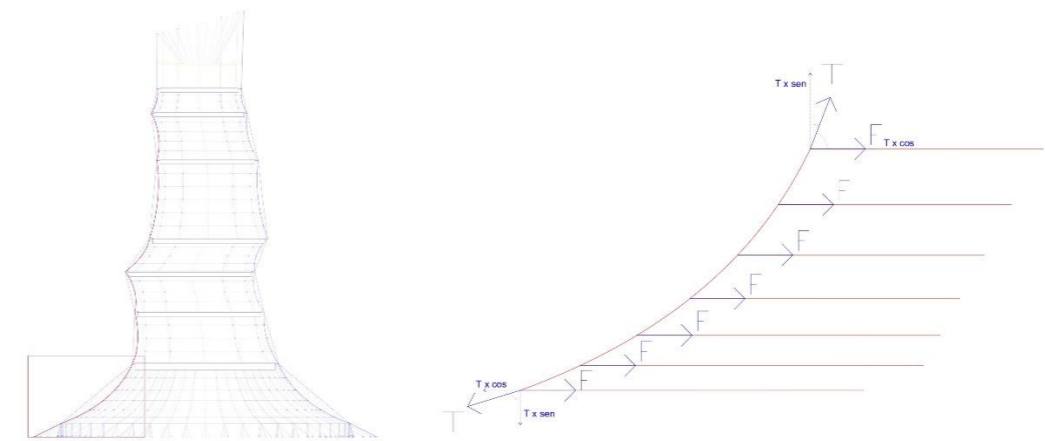
Cable 7

$$L_f = 4,562 \text{ m}; L_i = 4,556 \text{ m}$$

Se opta por utilizar cables de acero de 16mm de diámetro ( $A = 2,01 \text{ cm}^2$ ). Por tanto, la fuerza normal (o tensión) del cable será:

$$T = N = f_{yd} * A = 26 \text{ kN/cm}^2 * 2,01 \text{ cm}^2 = 56,3 \text{ kN}$$

Aplicando las ecuaciones de equilibrio, obtendríamos las reacciones  $F$ , necesarias para tensar y arriostrar los cables.



De abajo arriba, el cálculo con su respectivo ángulo:

$$F_1 = 52,5 \text{ kN}; F_2 = 50,6 \text{ kN}; F_3 = 47,6 \text{ kN}; F_4 = 43,2 \text{ kN}; F_5 = 37,5 \text{ kN}; F_6 = 29,6 \text{ kN}; F_7 = 20,36 \text{ k}$$

## 7. ANEJO DE CÁLCULO

Cálculo de momentos de las vigas:

CÁLCULO DE MOMENTOS DE LAS VIGAS RADIALES										
M vol = qL <sup>2</sup> /2 + P* L Miso = qL <sup>2</sup> /8 Mc = Mvol-Miso										
Se toma P como 2 kN/m <sup>2</sup> *1,5 = 3 kN/m <sup>2</sup>										
forjados	ancho trib. viga (m)	q * ancho t (kN/m)	L viga (mm)	L viga (m)	L voladizo (m)	M vol (kN·m)	M iso (kN·m)	Mc (kN·m)	Mmax (kN·m)	
forjado planta 7a	2,447	59,65	12850	12,85	0,73	17,5	1.231,1	-1.222,4	1.231,1	Miso
forjado planta 6a	3,513	85,63	12520	12,52	1,925	56,3	1.677,8	-1.649,7	1.677,8	Miso
forjado planta 5a	4,25	46,22	12900	12,9	2,791	65,7	961,4	-928,5	961,4	Miso
forjado planta 4a	5,9	143,81	14900	14,9	4	248,3	3.991,0	-3.866,8	3.991,0	Miso
forjado planta 3a	6,618	161,31	16600	16,6	4,445	300,1	5.556,5	-5.406,4	5.556,5	Miso
forjado planta 2a	3,5	38,06	19400	19,4	0,226	0,4	1.790,7	-1.790,4	1.790,7	Miso
forjado planta 1a	5,639	61,32	21600	21,6	2,774	64,9	3.576,4	-3.544,0	3.576,4	Miso

Cálculo de cortantes de las vigas:

CÁLCULO DE CORTANTES DE LAS VIGAS RADIALES			
V vol = q + (P*L) V1 = V2 = q*Lviga/2 + qvol/2 + Mvol/2			
forjados	Vvol	V1	V2
forjado planta 7a	19,98	166,45	148,96
forjado planta 6a	52,70	183,61	127,34
forjado planta 5a	38,73	107,19	41,47
forjado planta 4a	110,84	312,43	64,09
forjado planta 3a	121,68	359,02	58,94
forjado planta 2a	3,14	106,04	105,61
forjado planta 1a	38,49	154,07	89,15

Cálculo de perfiles de las vigas y comprobación a flecha tomando como fórmula para hallar la flecha = (5 x q x L<sup>4</sup>) / (384 x E x I)

CÁLCULO DE PERFILES DE VIGA Y COMPROBACIÓN A FLECHA													
W = M/fyd													
	forjados	W (mod. Resist) cm <sup>3</sup>	A cm <sup>2</sup>	PERFIL HEB	h mm	b mm	e mm	flecha lim (L/300) (m)	I cm <sup>4</sup>	I mm <sup>4</sup>	I m <sup>4</sup>	flecha m	CUMPLE
kN/cm <sup>2</sup>	forjado planta 7a	4.735,02	220	HEB 550	572	306	21	0,0428	345.984,00	3.459.840.000	0,00345984	0,0291	Sí
fyd acero S275	forjado planta 6a	6.453,10	220	HEB 550	572	306	21	0,0417	345.984,00	3.459.840.000	0,00345984	0,0377	Sí
26	forjado planta 5a	3.697,72	220	HEB 550	572	306	21	0,0430	345.984,00	3.459.840.000	0,00345984	0,0229	Sí
E kN/m <sup>2</sup>	forjado planta 4a	15.349,91	334,2	HEB 800	800	300	17,5	0,0497	4.860.000,00	48.600.000.000,00	0,0486	0,0090	Sí
210.000.000	forjado planta 3a	21.370,97	334,2	HEB 800	800	300	17,5	0,0553	4.860.000,00	48.600.000.000,00	0,0486	0,0156	Sí
	forjado planta 2a	6.887,12	334,2	HEB 800	800	300	17,5	0,0647	4.860.000,00	48.600.000.000,00	0,0486	0,0069	Sí
	forjado planta 1a	13.755,47	400	HEB 1000	1000	300	19	0,0720	4.860.000,00	48.600.000.000,00	0,0486	0,0170	Sí

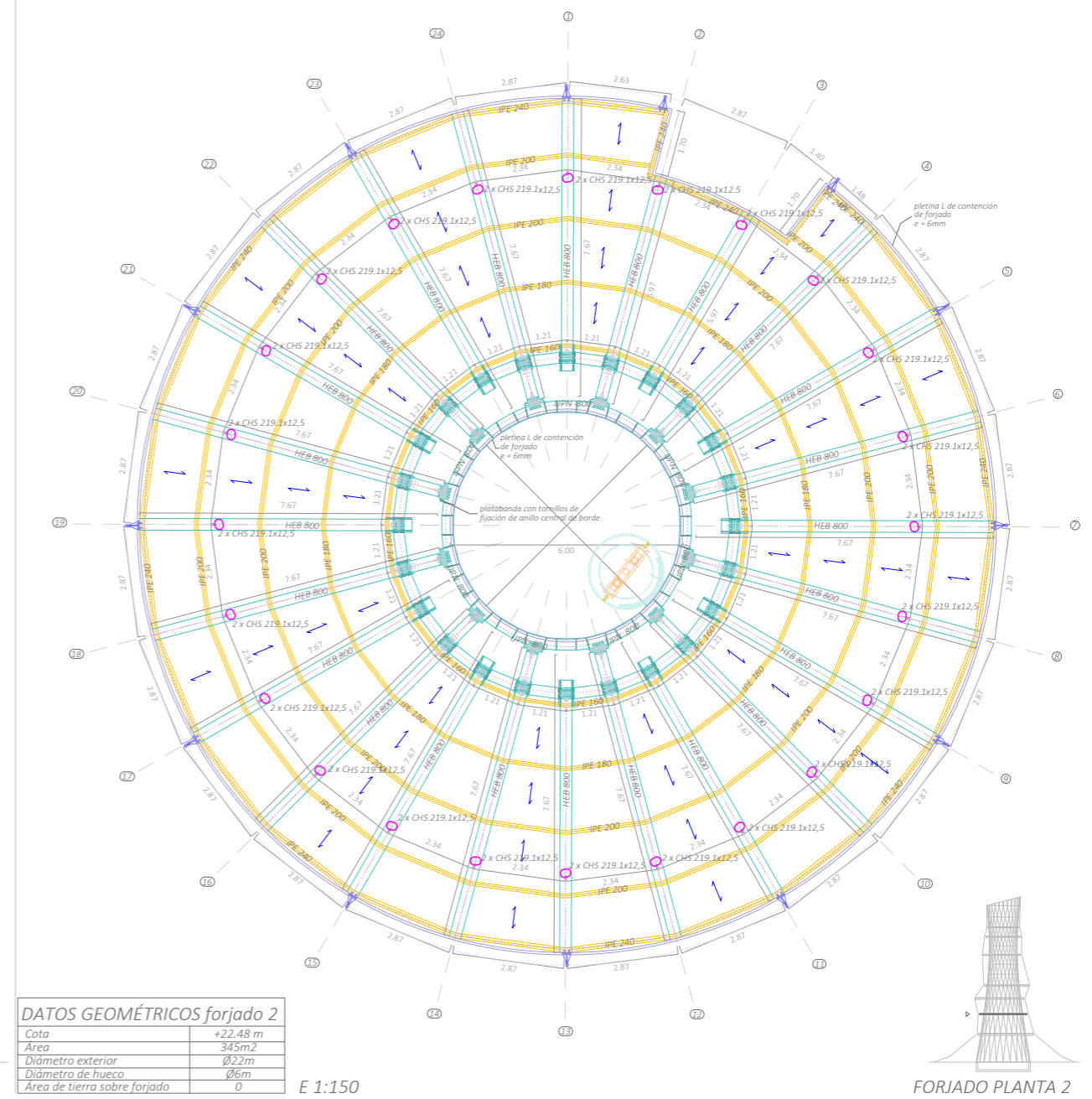
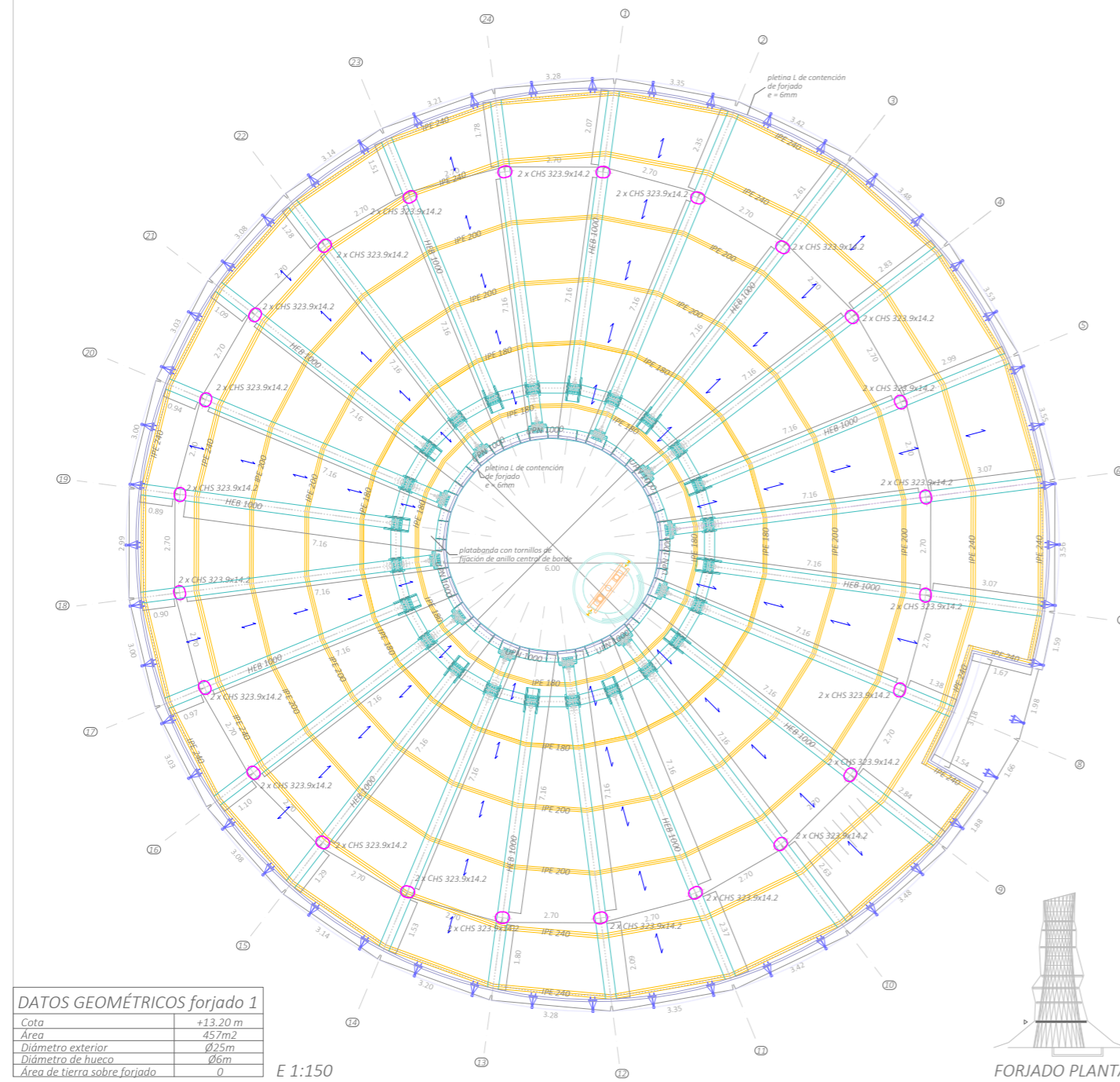
Cálculo de perfiles de las viguetas y comprobación a flecha tomando como fórmula para hallar la flecha = (5 x q x L<sup>4</sup>) / (384 x E x I)

DIMENSIONADO VIGUETAS TRANSVERSALES												
ql = q * at M = qL <sup>2</sup> /8 W = M/fyd												
	q total	forjados	ancho trib	q lineal	M max kNm	W cm <sup>3</sup>	PERFIL IPE	I cm <sup>4</sup>	I m <sup>4</sup>	flecha m	flecha lim m L/300	CUMPLE
kN/cm <sup>2</sup>	24,38	forjado planta 7a	1,70	41,44	14,97	57,57	140	541,00	0,000005	0,003966536	0,00567	Sí
fyd acero	24,38	forjado planta 6a	2,00	48,75	24,38	93,75	160	869,00	0,000009	0,005565373	0,00667	Sí
26	10,88	forjado planta 5a	2,10	22,84	12,59	48,42	140	541,00	0,000005	0,005090354	0,00700	Sí
E kN/m <sup>2</sup>	24,38	forjado planta 4a	2,50	60,94	47,61	183,11	200	1.940,00	0,000019	0,007607858	0,00833	Sí
200.000.000	24,38	forjado planta 3a	2,80	68,25	66,89	257,25	240	3.890,00	0,000039	0,00668659	0,00933	Sí
	10,88	forjado planta 2a	2,60	28,28	23,89	91,89	180	1.320,00	0,000013	0,006069341	0,00867	Sí
	10,88	forjado planta 1a	3,00	32,63	36,70	141,17	200	1.940,00	0,000019	0,008446043	0,01000	Sí

Cálculo del armado superior de la chapa colaborante:

CÁLCULO ARMADO CHAPA COLABORANTE											
características chapa MT-100		acero de armar B500T									
h (mm)	100	fyd (kN/m2)		435.000,00							
e (mm)	0,8										
d (mm)	30										
	L vigueta (m)	sep. Viguetas (m)	q (kN/m2)	q * sep (kN/m)	M kN·m	z (0,8*d) (mm)	As (M/z*fyd) (m2)	As (cm2/m)	separación entre $\varnothing$	redondos $\varnothing$	
forjado planta 7a	1,8	2	24,38	48,75	19,74	24	0,0019	0,19	300	1 $\varnothing$ 5	
forjado planta 6a	2	0,9	24,38	21,94	10,97	24	0,0011	0,11	300	1 $\varnothing$ 4	
forjado planta 5a	2,5	2,2	10,88	23,93	18,69	24	0,0018	0,18	300	1 $\varnothing$ 5	
forjado planta 4a	3	2,2	24,38	53,63	60,33	24	0,0058	0,58	300	2 $\varnothing$ 6	
forjado planta 3a	3,2	2,2	24,38	53,63	68,64	24	0,0066	0,66	300	1 $\varnothing$ 10	
forjado planta 2a	2,8	1,4	10,88	15,23	14,92	24	0,0014	0,14	300	1 $\varnothing$ 5	
forjado planta 1a	3,5	1,8	10,88	19,58	29,97	24	0,0029	0,29	300	2 $\varnothing$ 5	

## PLANOS



**CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES**

ACERO ESTRUCTURAL	tipo de elemento	
	Soportes	Vigas
Denominación	S 275 JR	S 275 JR
Resistencia característica	275 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>
Tipo de grado	JR	JR
Designación	C1	C1
Clase de exposición	muy baja	muy baja

**HORMIGÓN 25**

Elemento de limpieza	Tipo	Resistencia (fck)	Consistencia	Recubrimiento nominal
F. sanitario	HA-25/F/20/XC2	10 N/mm <sup>2</sup>	-	50 mm
F. interiores	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm

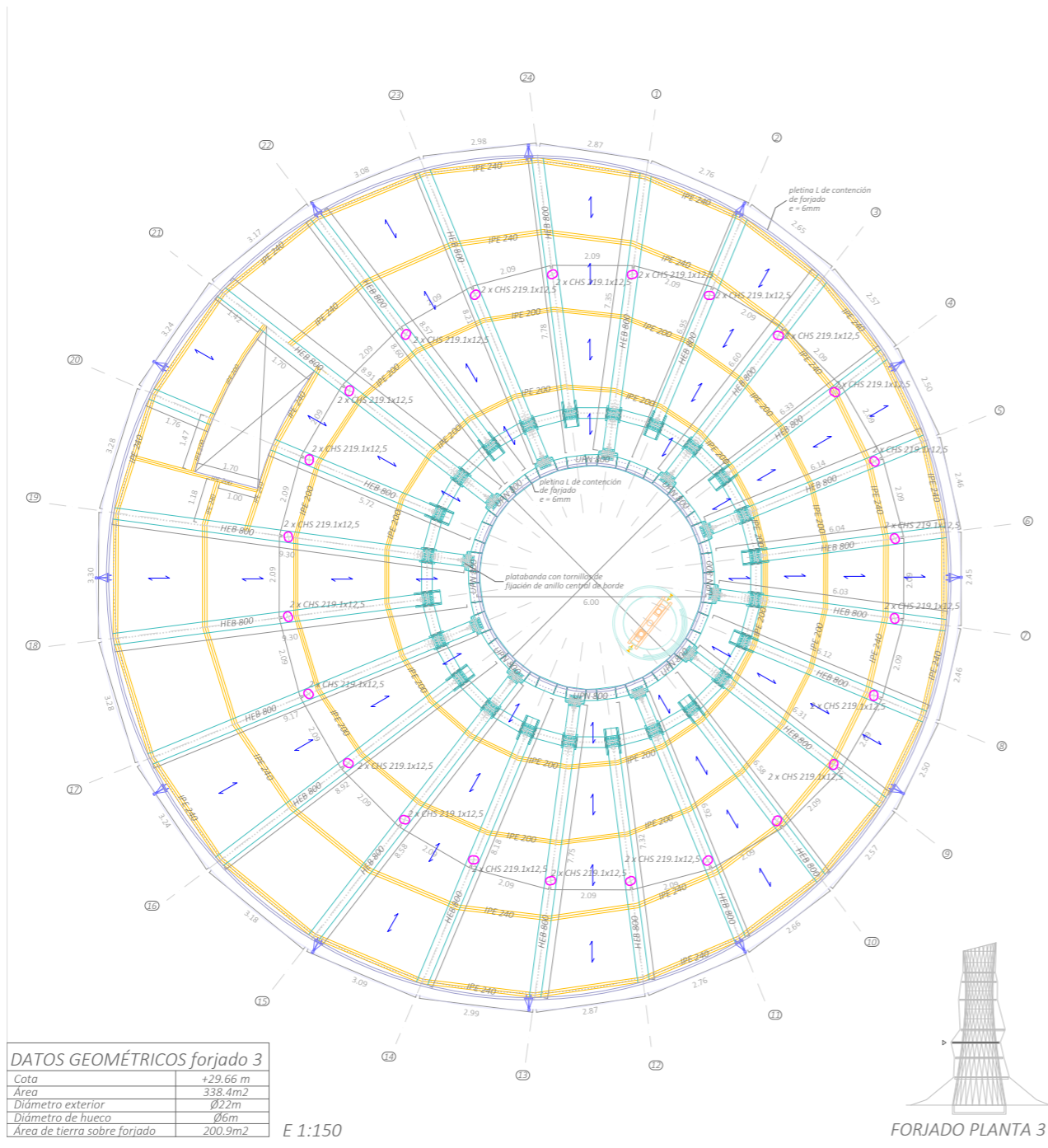
**CUADRO DE CARGAS**

**CARGAS PERMANENTES**

Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Forjado	2,5	2,5	2,5
Tierra (kN/m <sup>3</sup> )	20	-	20

**SOBRECARGAS**

Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Uso	5	5	5
Nieve	-	-	1
Viento N-S /E-O	0,6 kN/m <sup>2</sup> /0,4 kN/m <sup>2</sup>		

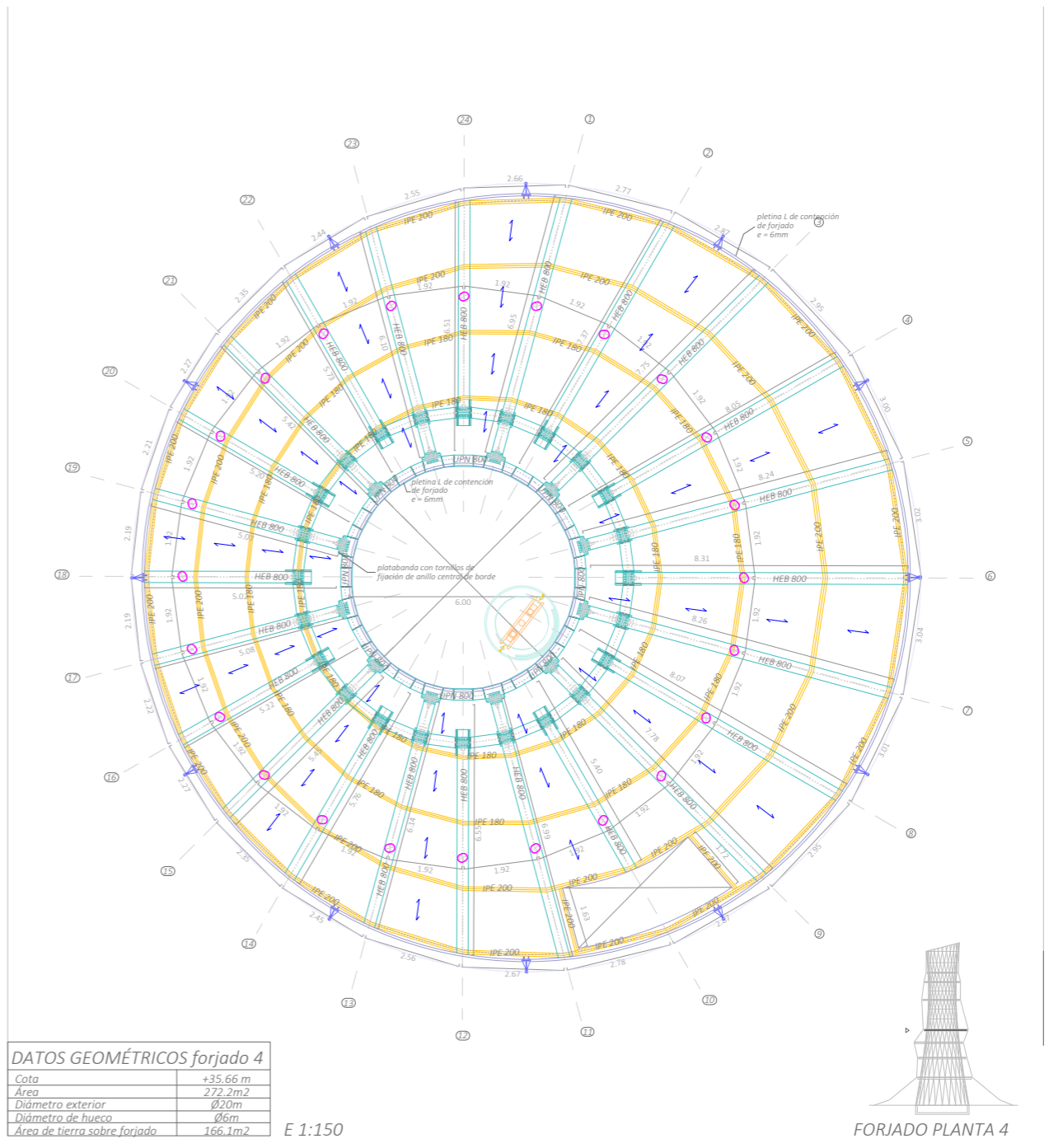


**DATOS GEOMÉTRICOS forjado 3**

Cota	+29.66 m
Área	338.4m <sup>2</sup>
Diámetro exterior	Ø22m
Diámetro de hueco	Ø6m
Área de tierra sobre forjado	200.9m <sup>2</sup>

E 1:150

FORJADO PLANTA 3



**DATOS GEOMÉTRICOS forjado 4**

Cota	+35.66 m
Área	272.2m <sup>2</sup>
Diámetro exterior	Ø20m
Diámetro de hueco	Ø6m
Área de tierra sobre forjado	166.1m <sup>2</sup>

E 1:150

FORJADO PLANTA 4

**CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES**

ACERO ESTRUCTURAL	tipo de elemento	
	Soportes	Vigas
Denominación	S 275 JR	S 275 JR
Resistencia característica	275 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>
Tipo de grado	JR	JR
Designación	C1	C1
Clase de exposición	muy baja	muy baja

HORMIGÓN 25	Elemento	Tipo	Resistencia (fck)	Consistencia	Recubrimiento nominal
	de limpieza	HM-10/XC2	10 N/mm <sup>2</sup>	-	-
	F. sanitario	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm
	F. interiores	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm

**CUADRO DE CARGAS**

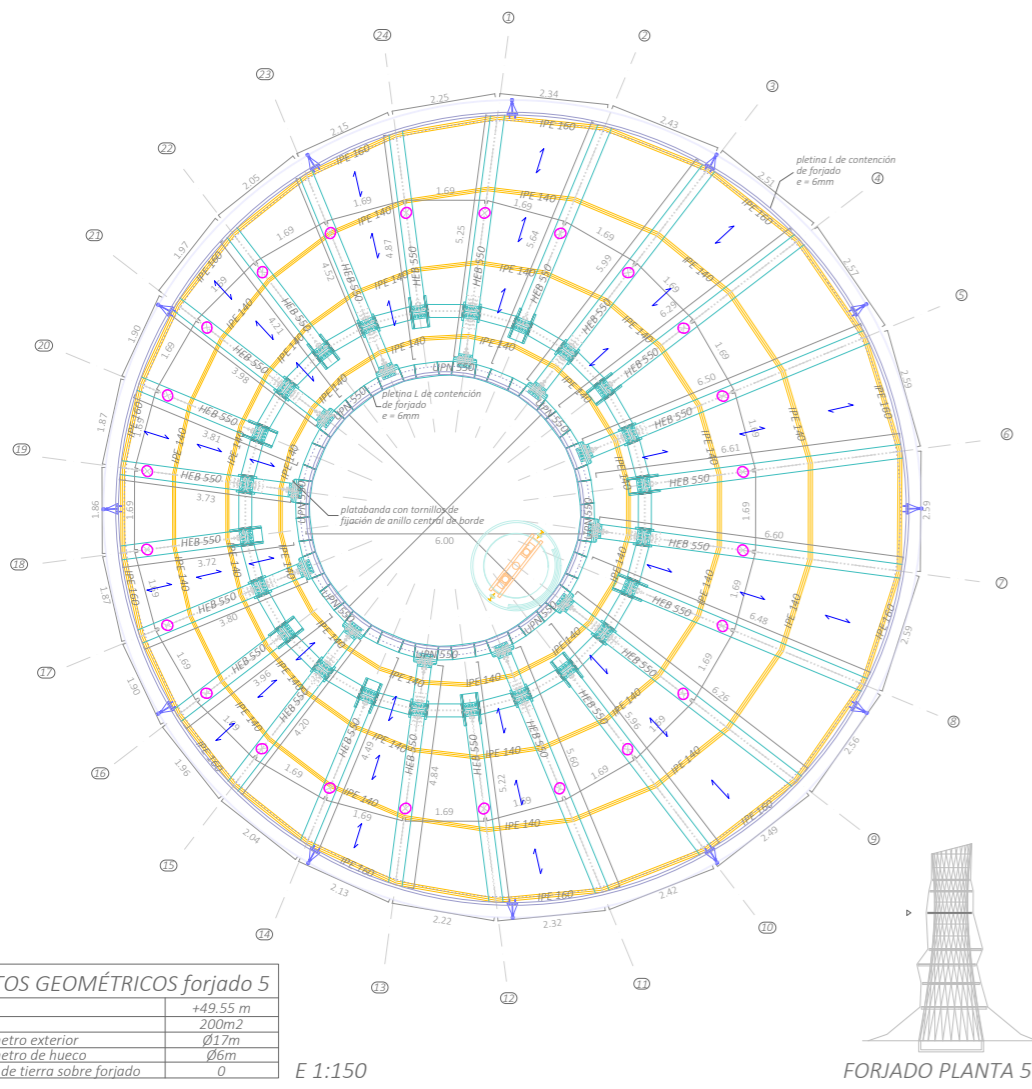
**CARGAS PERMANENTES**

Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Forjado	2,5	2,5	2,5
Tierra (kN/m <sup>3</sup> )	20	-	20

**SOBRECARGAS**

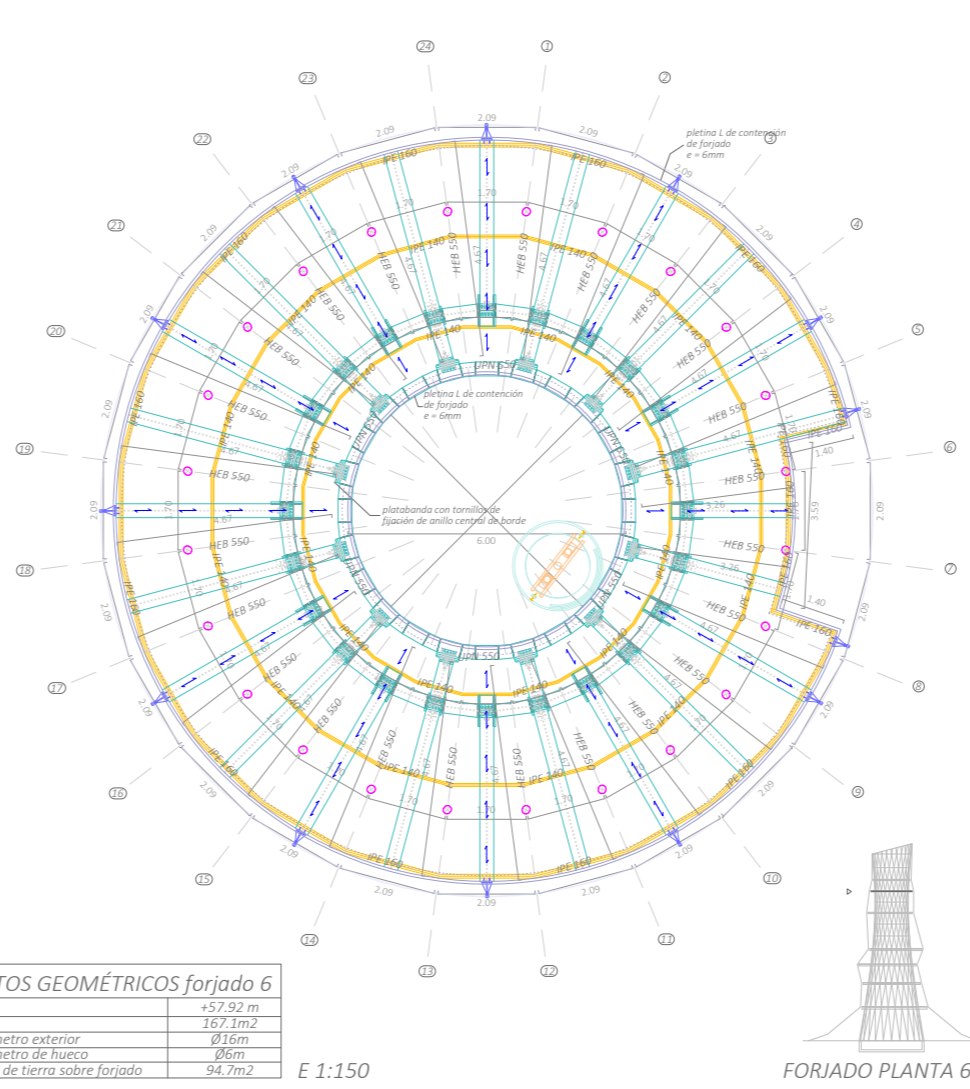
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Uso	5	5	5
Nieve	-	-	1
Viento N-S /E-O	0,6 kN/m <sup>2</sup> /0,4 kN/m <sup>2</sup>		



DATOS GEOMÉTRICOS forjado 5	
Cota	+49.55 m
Área	200m <sup>2</sup>
Diámetro exterior	Ø17m
Diámetro de hueco	Ø6m
Área de tierra sobre forjado	0

E 1:150

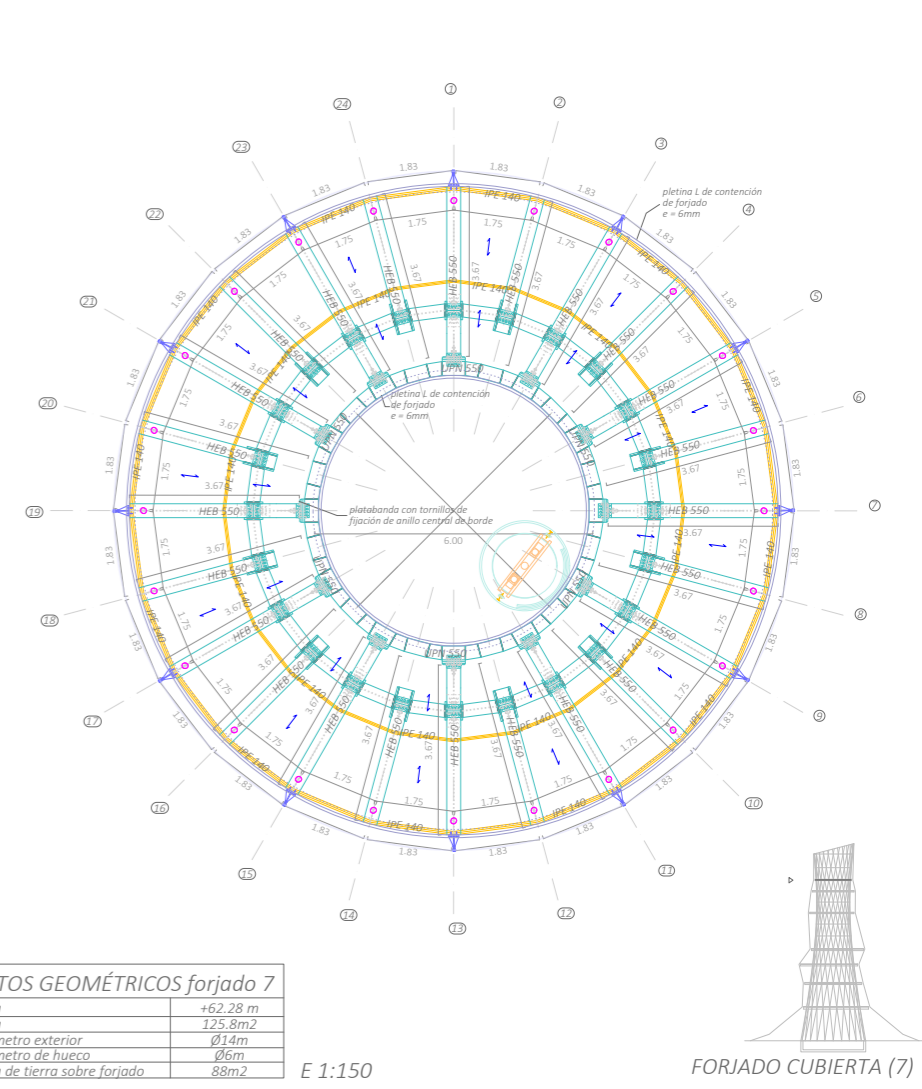
FORJADO PLANTA 5



DATOS GEOMÉTRICOS forjado 6	
Cota	+57.92 m
Área	167.1m <sup>2</sup>
Diámetro exterior	Ø16m
Diámetro de hueco	Ø6m
Área de tierra sobre forjado	94.7m <sup>2</sup>

E 1:150

FORJADO PLANTA 6



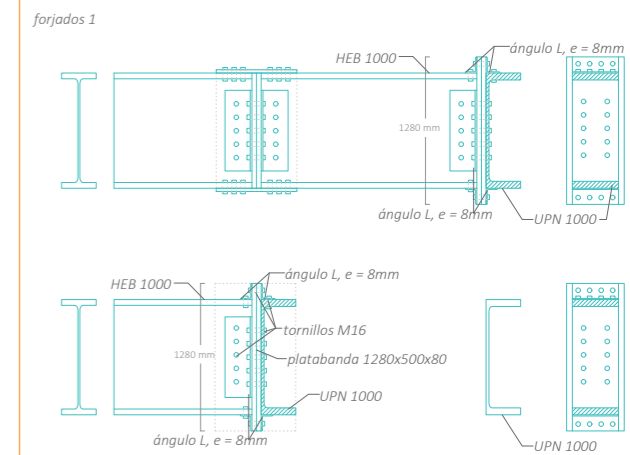
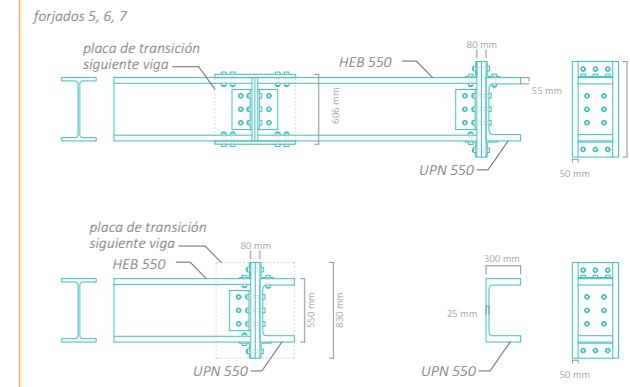
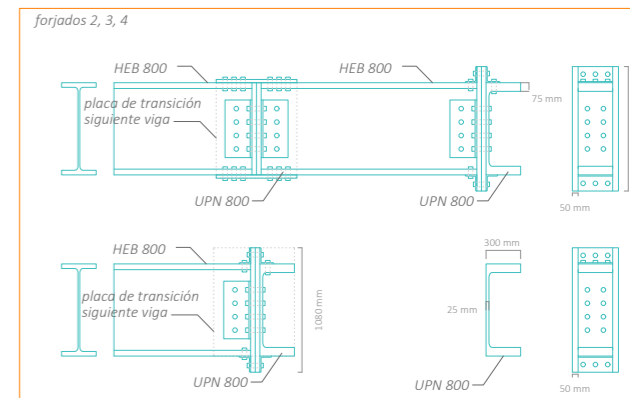
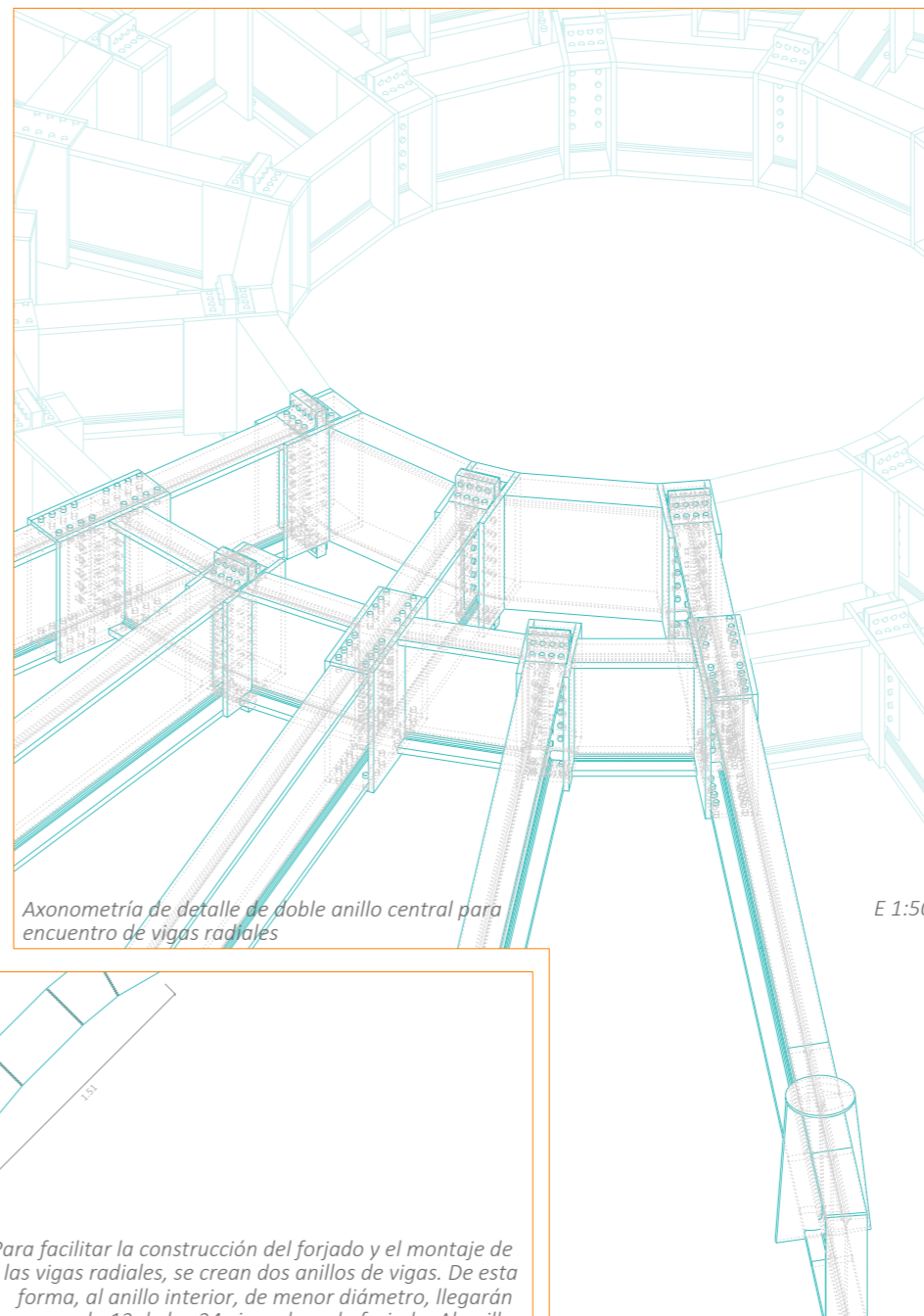
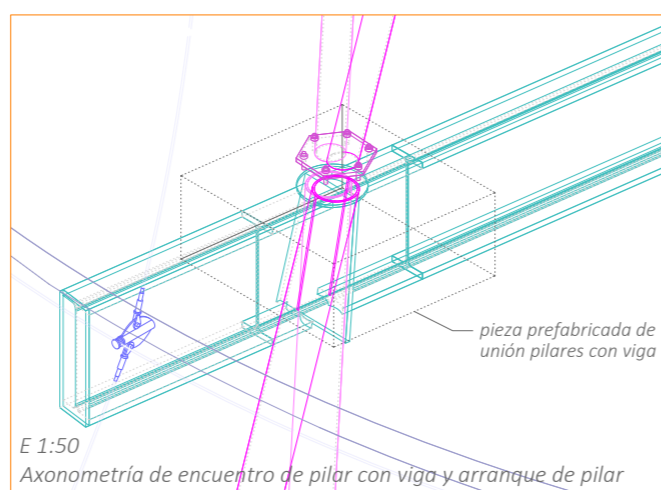
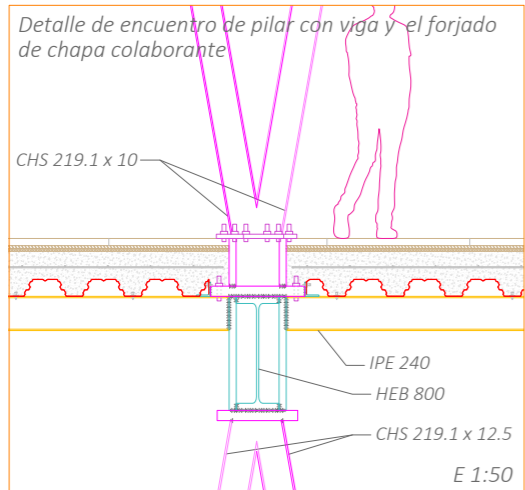
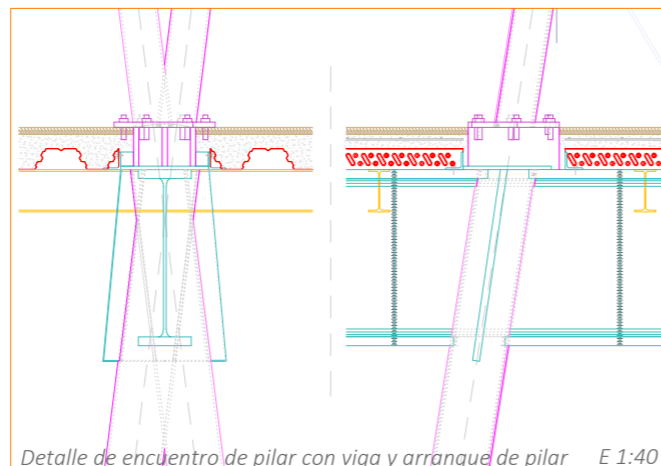
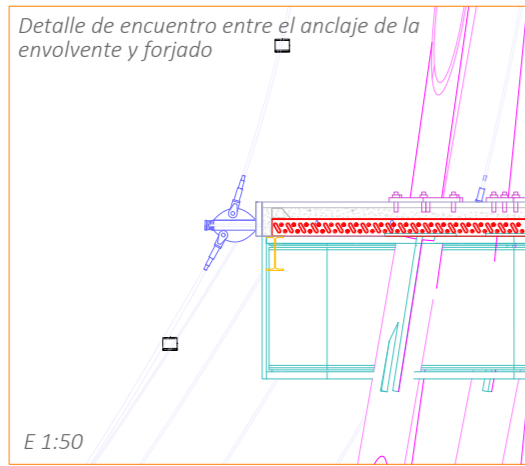
DATOS GEOMÉTRICOS forjado 7	
Cota	+62.28 m
Área	125.8m <sup>2</sup>
Diámetro exterior	Ø14m
Diámetro de hueco	Ø6m
Área de tierra sobre forjado	88m <sup>2</sup>

E 1:150

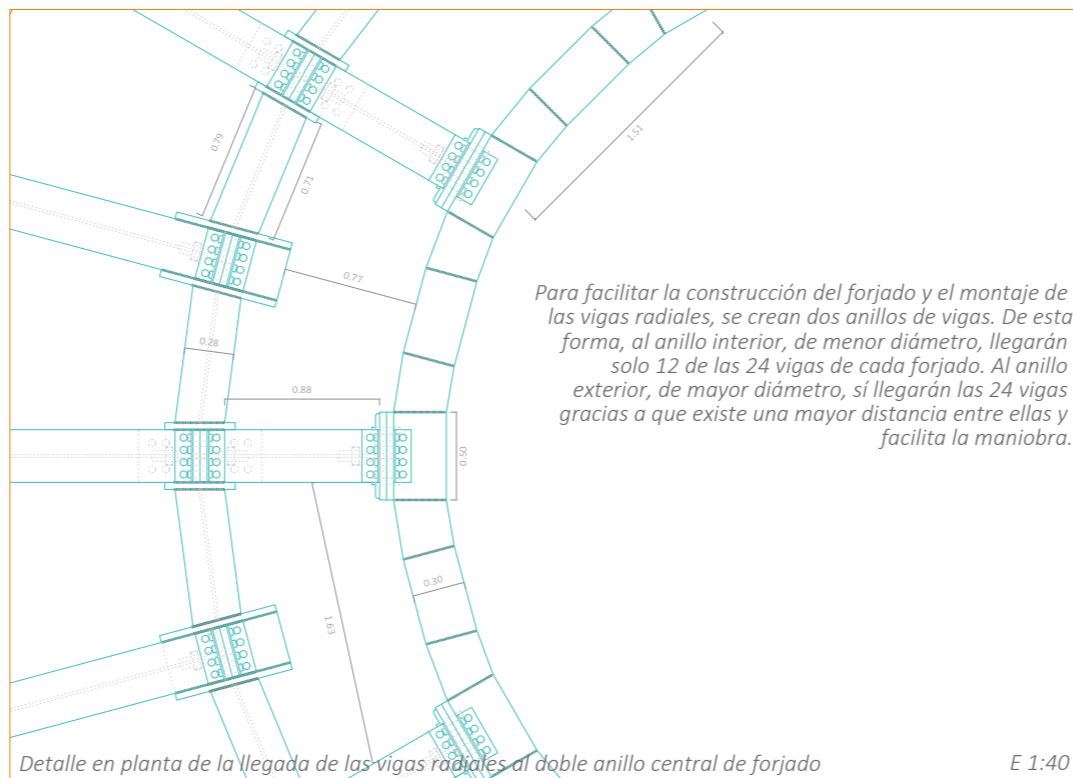
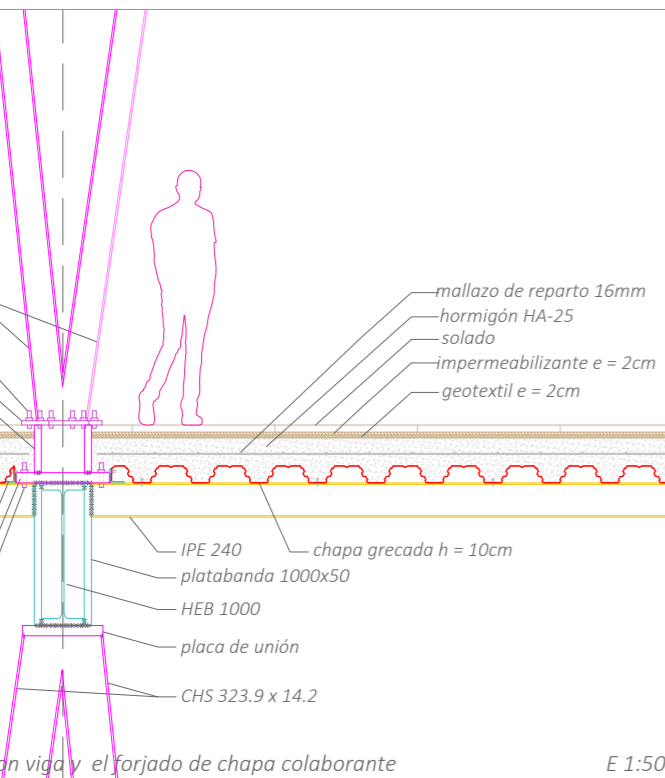
FORJADO CUBIERTA (7)

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES					
ACERO ESTRUCTURAL	tipo de elemento				
		Soportes	Vigas		
	Denominación	S 275 JR	S 275 JR		
	Resistencia característica	275 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>		
	Tipo de grado	JR	JR		
Designación	C1	C1			
Clase de exposición	muy baja		muy baja		
HORMIGÓN 25	Elemento	Tipo	Resistencia (f <sub>ck</sub> )	Consistencia	Recubrimiento nominal
	de limpieza	HM-10/XC2	10 N/mm <sup>2</sup>	-	-
	F. sanitario	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm
	F. interiores	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm

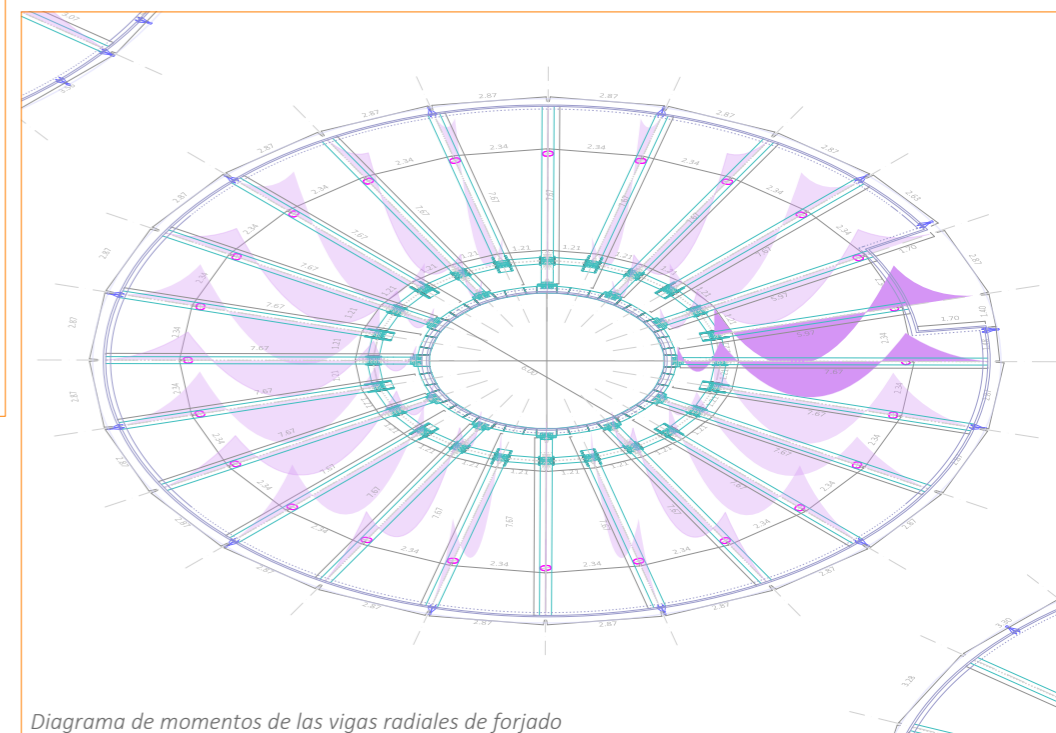
CUADRO DE CARGAS				
CARGAS PERMANENTES				
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	con tierra	sin tierra	cubierta	
Forjado	2,5	2,5	2,5	
Tierra (kN/m <sup>3</sup> )	20	-	20	
SOBRECARGAS				
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )				
Planta	con tierra	sin tierra	cubierta	
Uso	5	5	5	
Nieve	-	-	1	
Viento N-S /E-O	0,6 kN/m <sup>2</sup> /0,4 kN/m <sup>2</sup>			



Detalle de unión entre vigas y viga-anillo central con los distintos cantos de viga



Para facilitar la construcción del forjado y el montaje de las vigas radiales, se crean dos anillos de vigas. De esta forma, al anillo interior, de menor diámetro, llegarán solo 12 de las 24 vigas de cada forjado. Al anillo exterior, de mayor diámetro, si llegarán las 24 vigas gracias a que existe una mayor distancia entre ellas y facilita la maniobra.



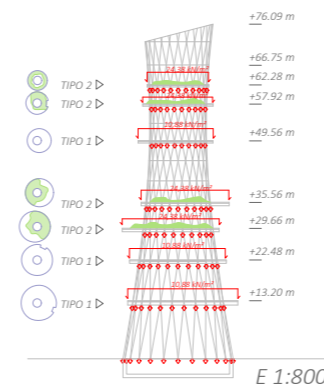
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES		
ACERO ESTRUCTURAL	tipo de elemento	
Denominación	Soportes S 275 JR	Vigas S 275 JR
Resistencia característica	275 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>
Tipo de grado	JR	JR
Designación	C1	C1
Clase de exposición	muy baja	muy baja

HORMIGÓN 25	Elemento	Tipo	Resistencia (f <sub>ck</sub> )	Consistencia	Recubrimiento nominal
	de limpieza	HM-10/XC2	10 N/mm <sup>2</sup>	-	-
	F. sanitario	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm
	F. interiores	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm

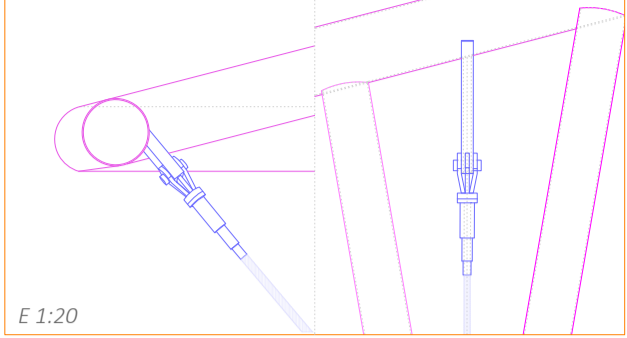
CUADRO DE CARGAS			
CARGAS PERMANENTES			
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Forjado	2,5	2,5	2,5
Tierra (kN/m <sup>3</sup> )	20	-	20

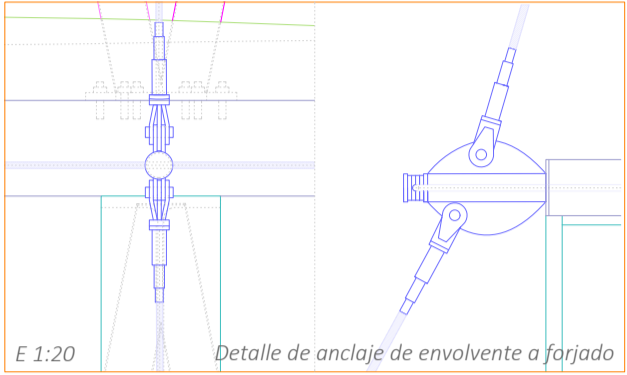
SOBRECARGAS			
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )	Planta		
	con tierra	sin tierra	cubierta
Uso	5	5	5
Nieve	-	-	1
Viento N-S /E-O	0,6 kN/m <sup>2</sup> / 0,4 kN/m <sup>2</sup>		



Detalle de anclaje de cables de acero al tubo superior de la torre

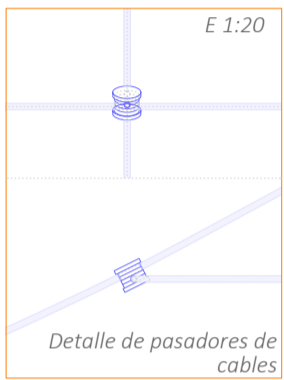


E 1:20



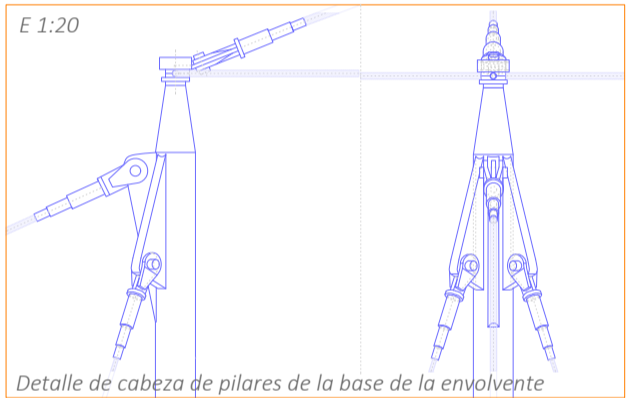
E 1:20

Detalle de anclaje de envoltente a forjado



E 1:20

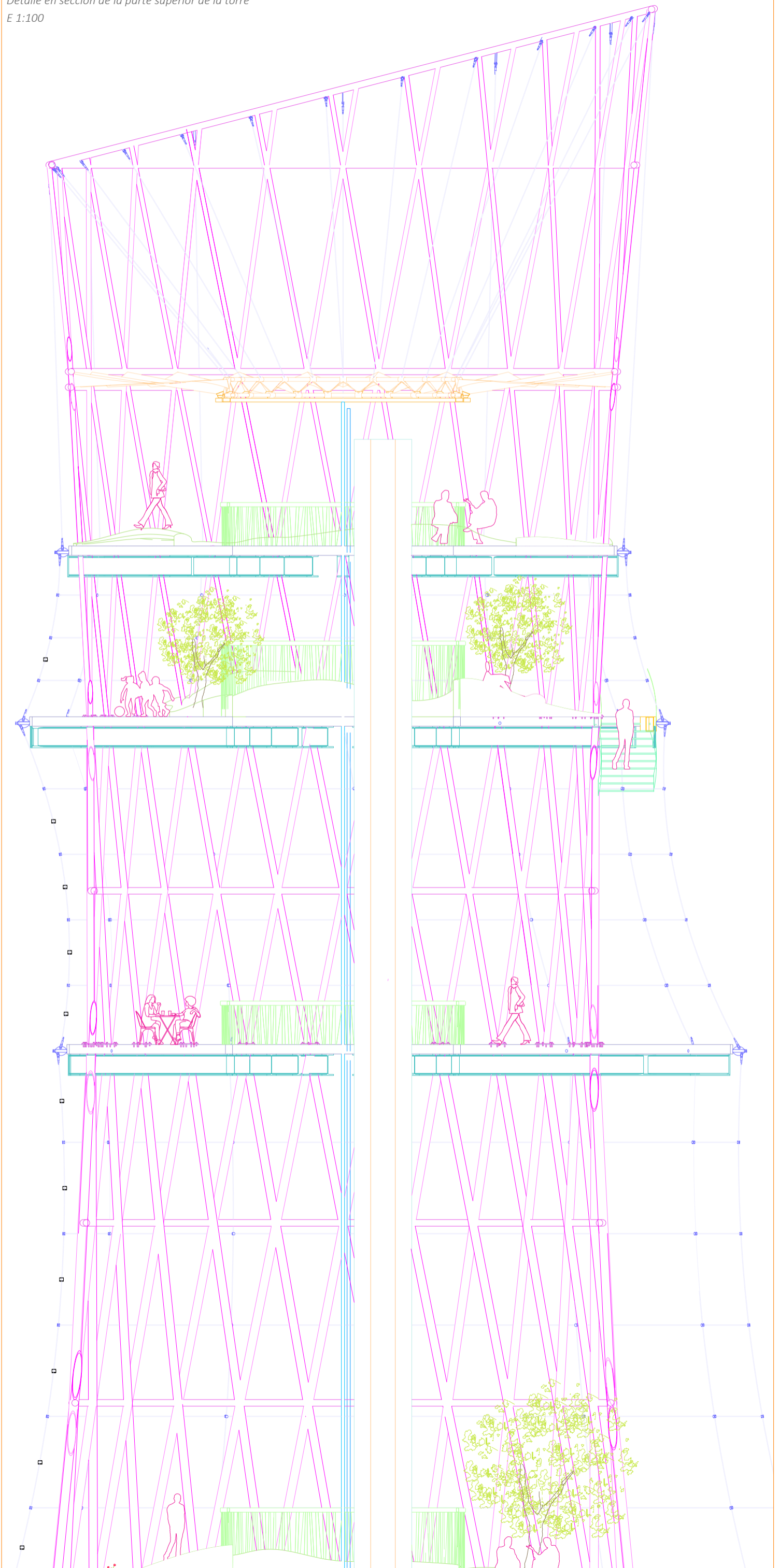
Detalle de pasadores de cables



E 1:20

Detalle de cabeza de pilares de la base de la envoltente

Detalle en sección de la parte superior de la torre  
E 1:100



CUADRO DE CARGAS

CARGAS PERMANENTES

Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )			
Planta	con tierra	sin tierra	cubierta
Forjado	2,5	2,5	2,5
Tierra (kN/m <sup>3</sup> )	20	-	20

SOBRECARGAS

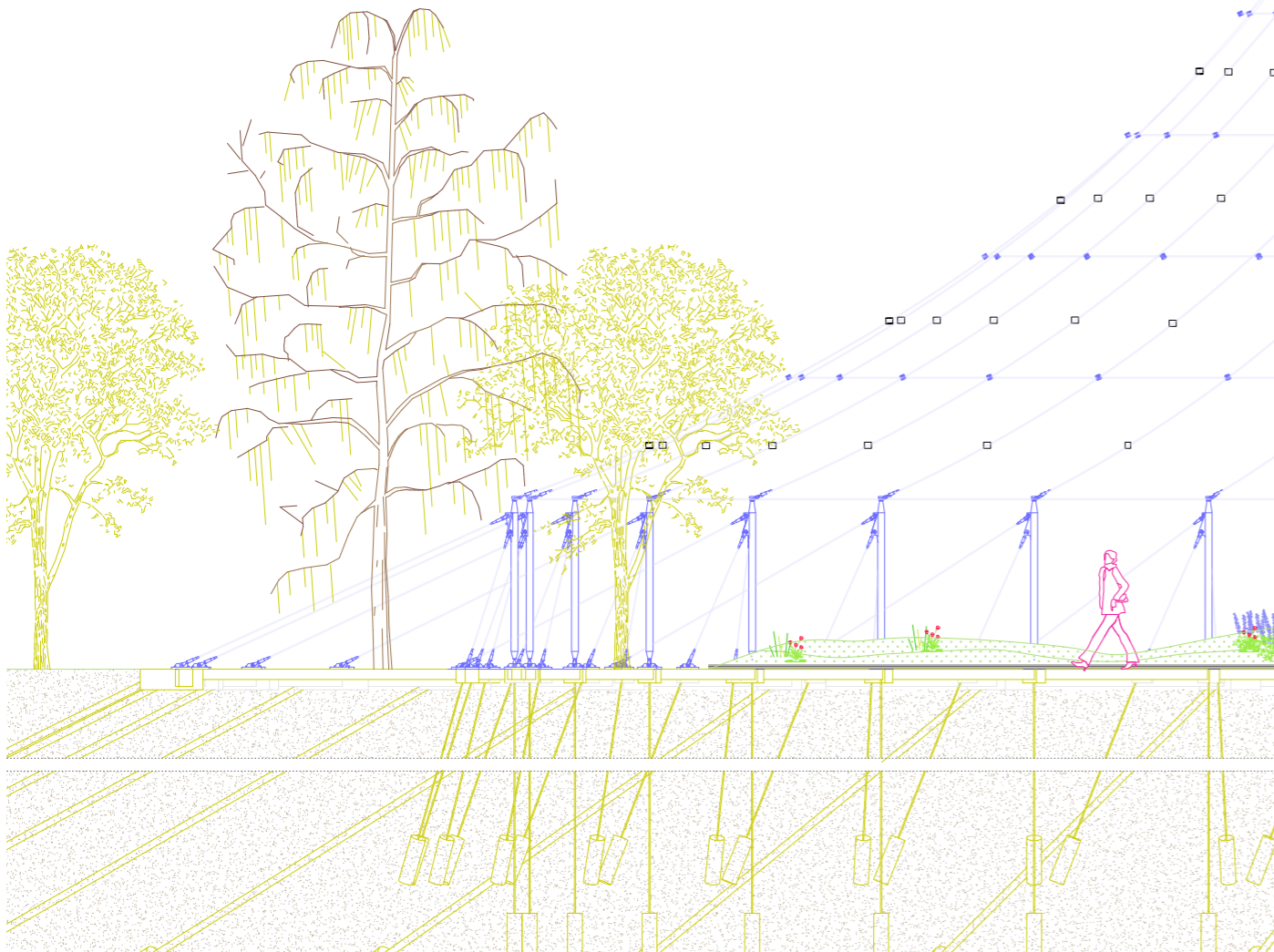
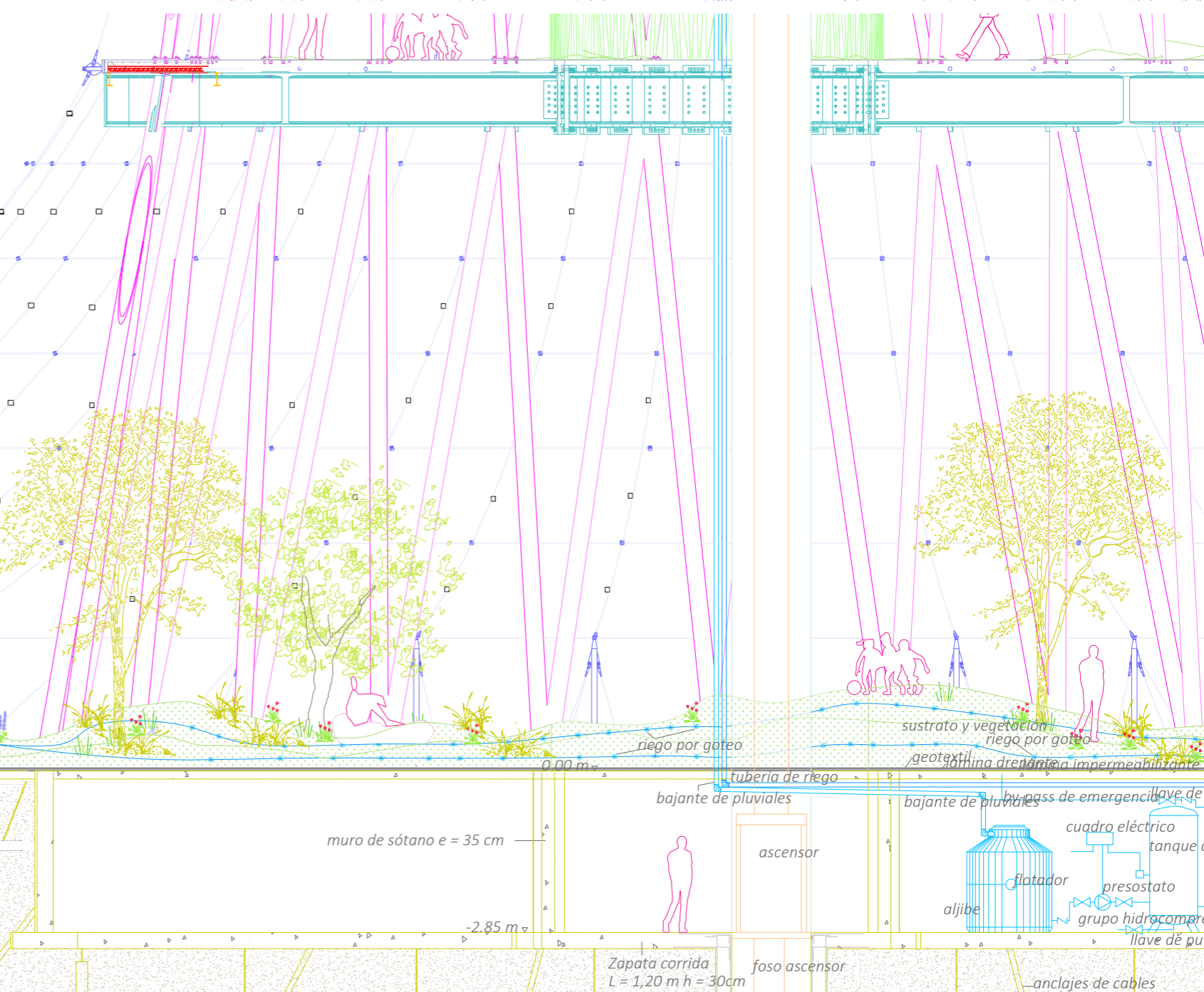
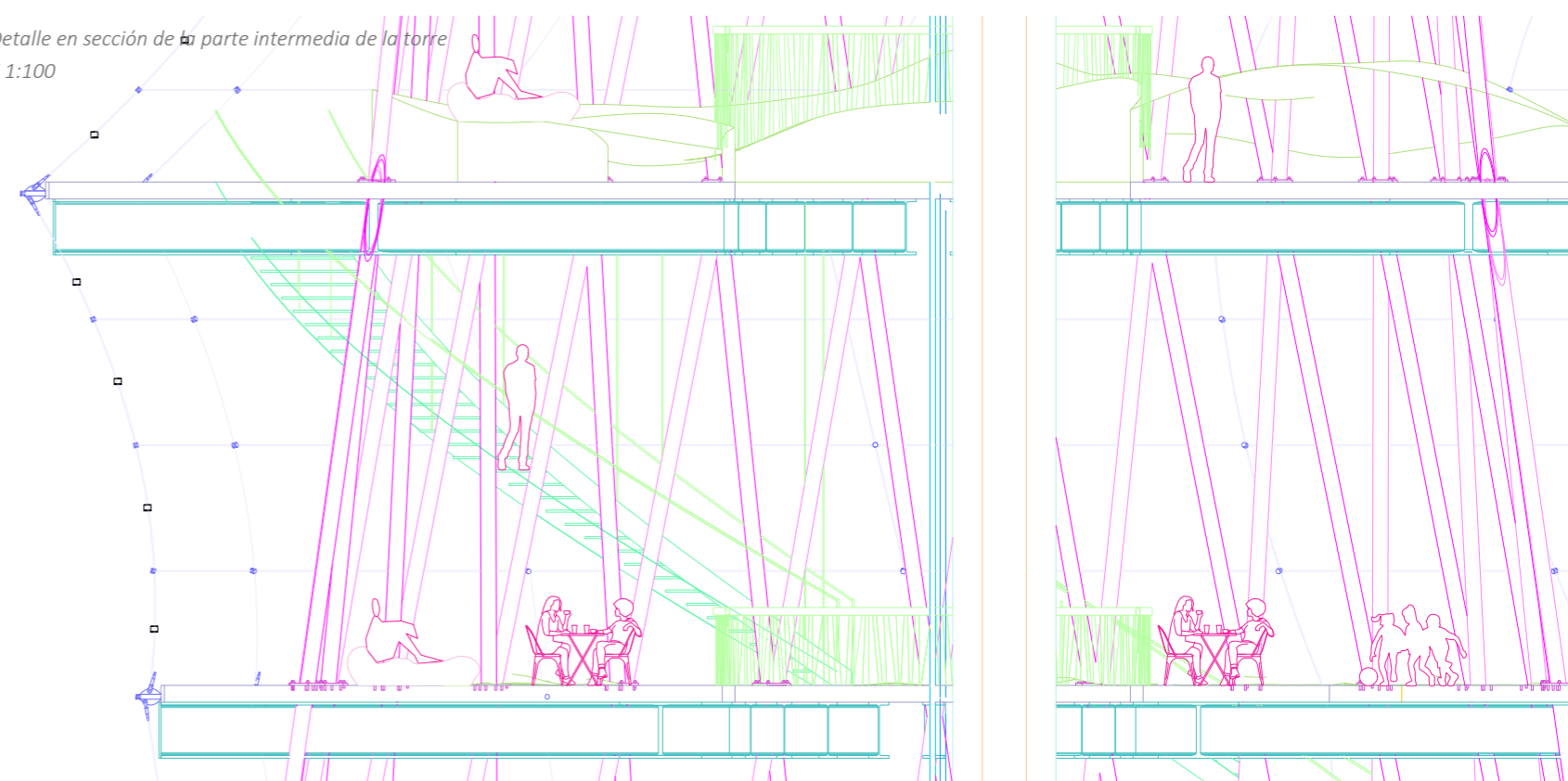
Cargas superficiales (kN/m <sup>2</sup> )			
Planta	con tierra	sin tierra	cubierta
Uso	5	5	5
Nieve	-	-	1
Viento N-S /E-O	0,6 kN/m <sup>2</sup> / 0,4 kN/m <sup>2</sup>		

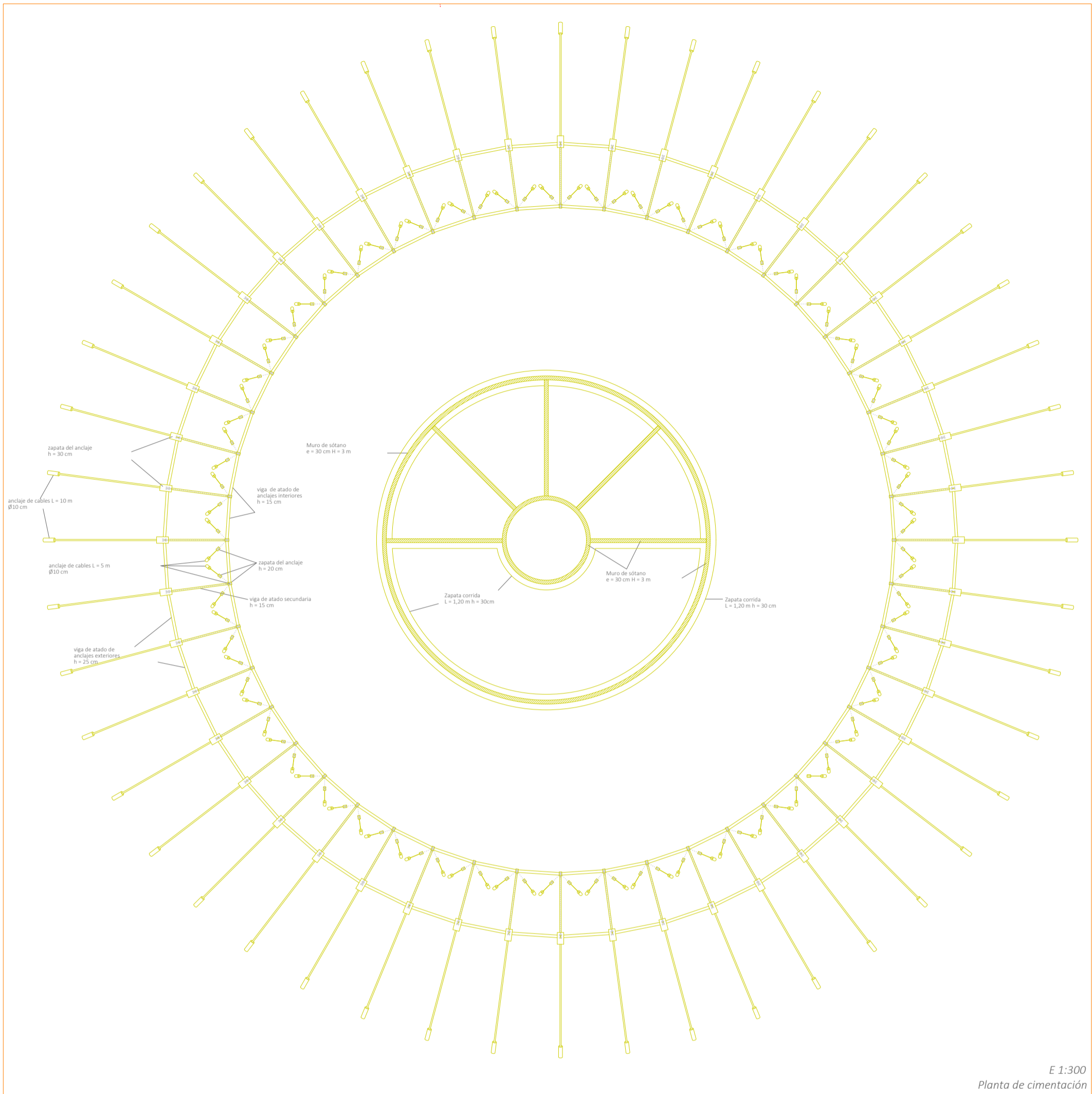
CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES

ACERO ESTRUCTURAL	tipo de elemento	
	Soportes	Vigas
Denominación	S 275 JR	S 275 JR
Resistencia característica	275 N/mm <sup>2</sup>	275 N/mm <sup>2</sup>
Tipo de grado	JR	JR
Designación	C1	C1
Clase de exposición	muy baja	muy baja

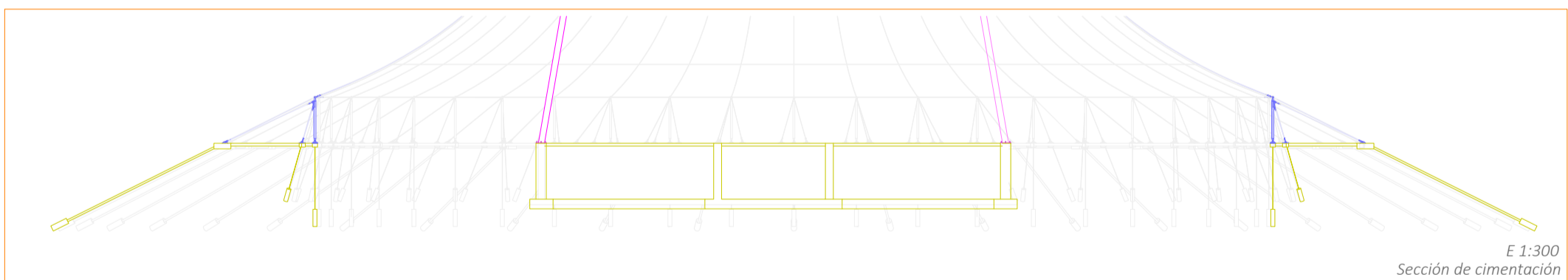
HORMIGÓN 25	Elemento	Tipo	Resistencia (fck)	Consistencia	Recubrimiento nominal
	de limpieza	HM-10/XC2	10 N/mm <sup>2</sup>	-	-
	F. sanitario	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm
	F. interiores	HA-25/F/20/XC2	25 N/mm <sup>2</sup>	Fluida	50 mm

Detalle en sección del arranque de la torre  
 E 1:100

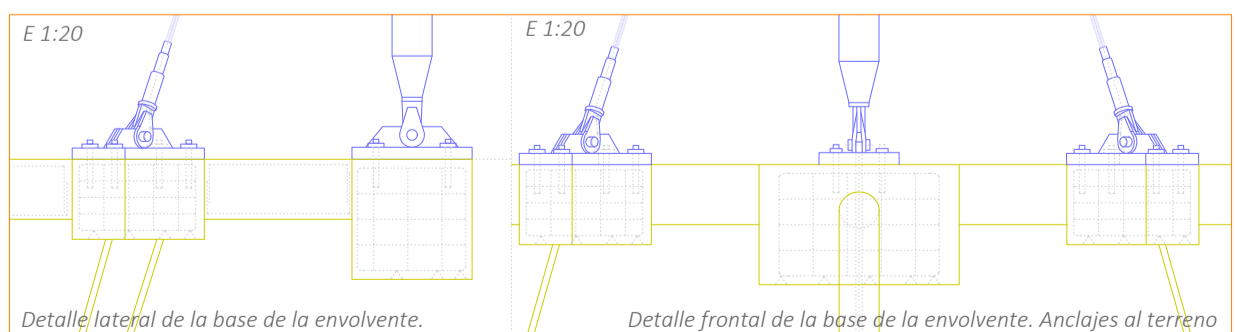
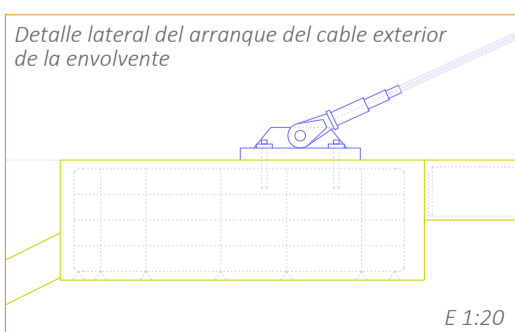


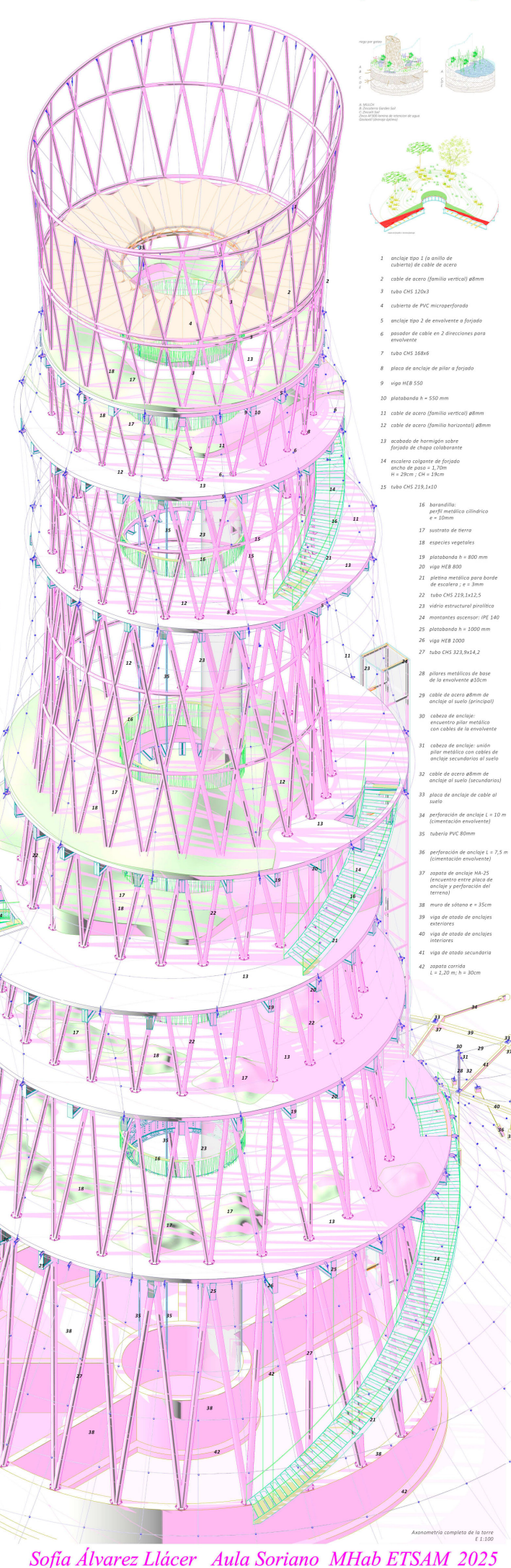
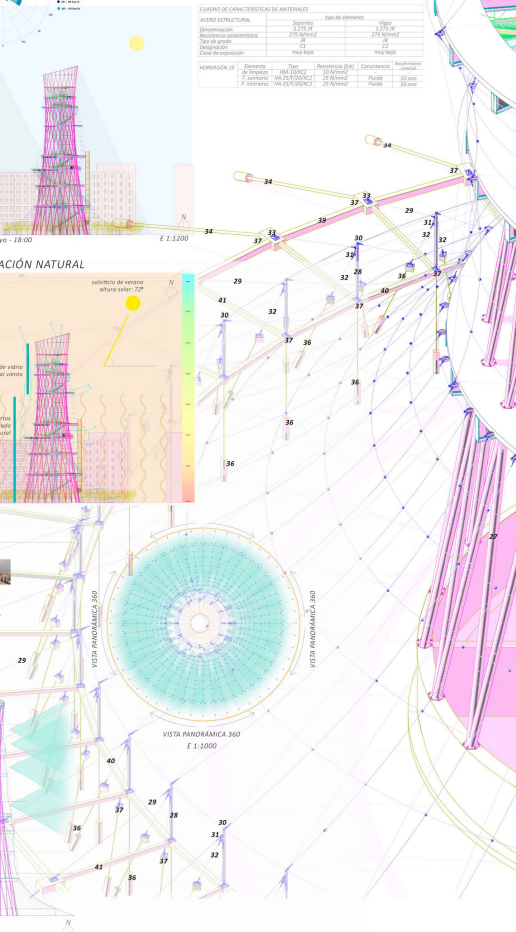
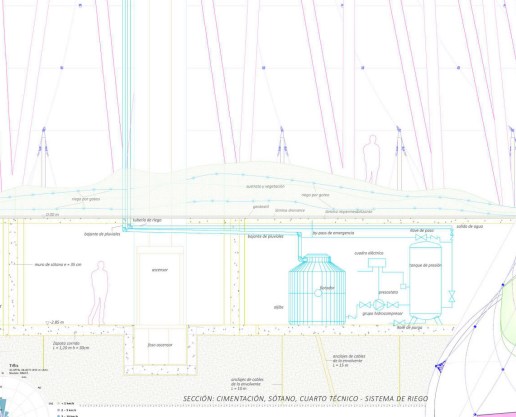
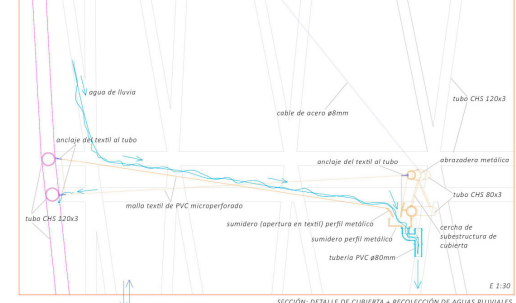
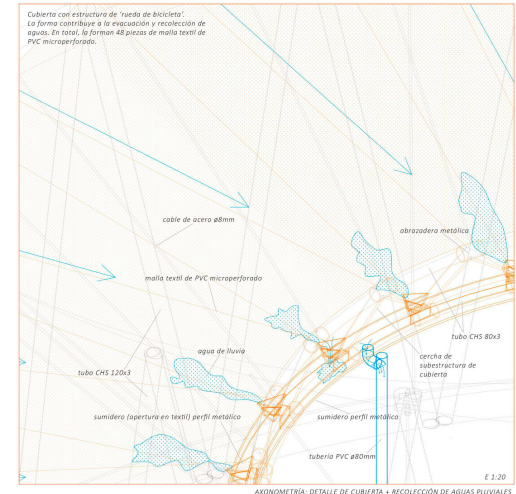
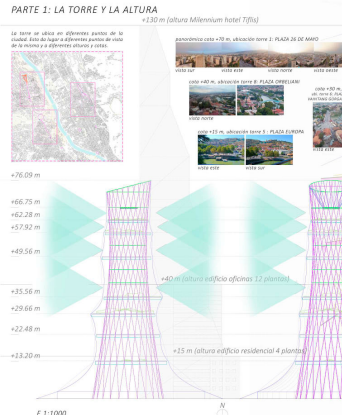
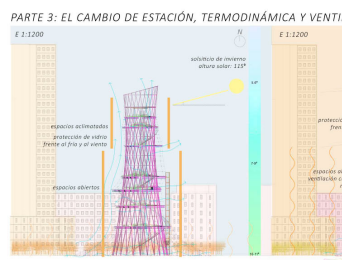
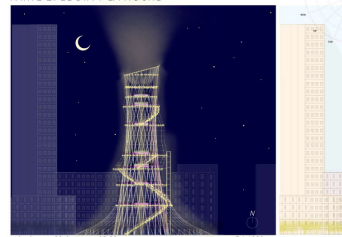
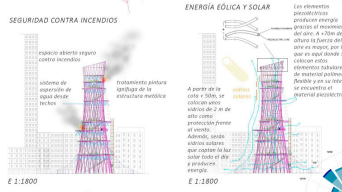
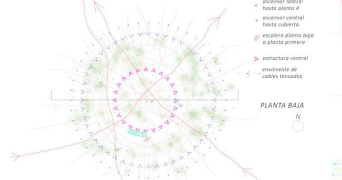
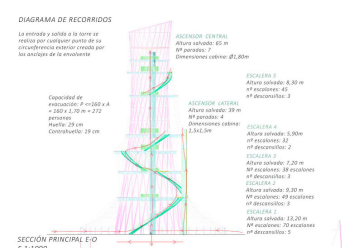
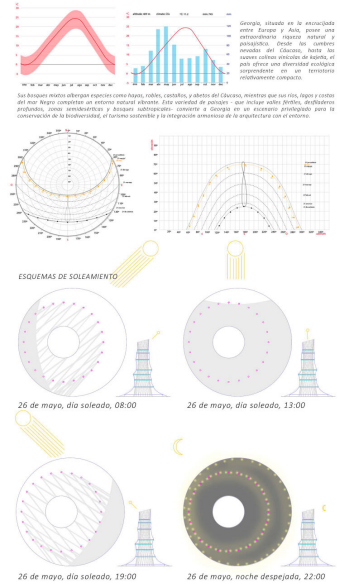


E 1:300  
Planta de cimentación



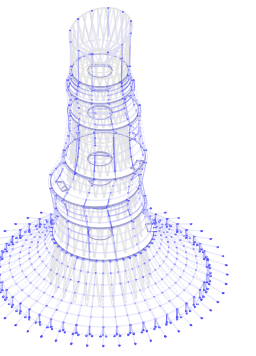
E 1:300  
Sección de cimentación











### 1. Datos del proyecto

El presente documento analiza la sostenibilidad económica del sistema constructivo más significativo del proyecto Oasis de Silencio: la envolvente activa de la torre situada en Tiflis. Esta envolvente combina tres funciones esenciales:

- **Control acústico avanzado**, a través de micrófonos y altavoces integrados en la malla de cables tensados de acero para realizar cancelación activa de sonido.
- **Infraestructura ecológica**, ya que alberga en cada planta superficies de tierra natural y especies vegetales que configuran paisajes elevados.
- **Gestión energética y del agua**, mediante una cubierta textil de PVC microperforado capaz de recolectar agua de lluvia y alimentar un aljibe central, junto con dispositivos piezoeléctricos que captan energía eólica.

El sistema se considera estratégico dentro del proyecto porque condiciona la imagen del edificio, su comportamiento ambiental y sus costes de ciclo de vida. Con el fin de evaluar su viabilidad económica, se comparará frente a una solución convencional basada en fachada acristalada pesada (muro cortina), cubierta plana sin captación de agua y sin generación energética integrada.

### 2. Coste del Ciclo de Vida de los sistemas propuestos

	Fachada sonora de cables tensados	Fachada convencional tipo muro cortina
<b>fase inicial_producción</b>	Coste de cables de acero por superficie de fachada: 70 €/m <sup>2</sup> x 5.923 m <sup>2</sup> = 414.610 € Coste de subestructura metálica de apoyo: 60 €/m <sup>2</sup> x 0,002 m <sup>2</sup> = 0,12 € Coste de módulos acústicos (micrófono + altavoz + control) = 120 €/ud. x 660 uds. = 79.200 € Coste de instalación y puesta en tensión de la envolvente = 40 €/m <sup>2</sup> x 5.923 m <sup>2</sup> = 236.920 € Coste de la cubierta de PVC microperforado = 90 €/m <sup>2</sup> x 126 m <sup>2</sup> = 11.340 € Coste del aljibe y la red de recogida y distribución de agua = 10.000 € Coste de los dispositivos piezoeléctricos de generación eólica = 100 €/ud. x 200 uds. = 200.000 €  <b>TOTAL: 952.070,02 €</b>	Coste de la fachada de muro cortina = 350 €/m <sup>2</sup> x 5.923 m <sup>2</sup> = 2.073.050 € Coste de lamas sombreadoras exteriores = 90 €/m <sup>2</sup> x 5.923 m <sup>2</sup> = 533.070 € Coste de la cubierta plana convencional = 75 €/m <sup>2</sup> x 154 m <sup>2</sup> = 11.550 €  <b>TOTAL: 2.617.670 €</b>
<b>fase intermedia_funcionamiento y mantenimiento</b>	Coste anual de energía tras la reducción de demanda gracias a: - amortiguación acústica activa - protección solar - presencia de vegetación y ventilación natural Consumo energía = 850.000 kWh/año Coste anual de energía tras reducción demanda = 0,18 €/kWh x 850.000 kWh/año = 153.000 €  Coste anual de agua reducido gracias a la aportación del aljibe = 1,8 €/m <sup>3</sup> x 1500 m <sup>3</sup> = 2700 €  Coste anual de mantenimiento de la envolvente de cables = 6 €/m <sup>2</sup> -año x 5923 m <sup>2</sup> = 35.538 €  Coste anual de mantenimiento de la cubierta = 4 €/m <sup>2</sup> -año x 126 m <sup>2</sup> = 504 €  Eventuales reposiciones de: - módulos acústicos cada cierto número de años (30) = 80 €/ud. x 660 = 52.800 € - revisión/retensado o sustitución parcial de cables = 65 €/m <sup>2</sup> x 5.923 m <sup>2</sup> = 384.995 € <b>Valor de uso añadido anual por el sistema elegido de fachada = 15.000 €</b>  <b>TOTAL NETO: 176.742 € (sin reposiciones)</b>	Mayor coste anual de energía, al depender de una envolvente más expuesta y de sistemas mecánicos de climatización Consumo energía = 1.200.000 kWh/año Coste anual de energía = 0,18 €/kWh x 1.200.000 kWh/año = 216.000 €  Coste de agua completo desde red, tanto para riego como para incendios = 1,80 €/m <sup>3</sup> x 5000 m <sup>3</sup> = 9.000 €  Coste de mantenimiento de muro cortina = 8 €/m <sup>2</sup> -año x 5.923 m <sup>2</sup> = 47.384 €  Coste de mantenimiento cubierta convencional = 5 €/m <sup>2</sup> -año x 154 m <sup>2</sup> = 770 €  <b>TOTAL: 273.154 € (sin reposiciones)</b>
<b>fase final_desmantelamiento y reciclaje</b>	Coste de desmontaje de cables, dispositivos y cubierta = 20 €/m <sup>2</sup> x (5.923 + 126 m <sup>2</sup> ) = 120.980 €  Ingresos por reciclaje de acero y otros materiales, considerados como costes negativos = 5 €/m <sup>2</sup> x (5.923 + 126 m <sup>2</sup> ) = -30.245 €  <b>TOTAL: 90.735 €</b>	Coste de desmontaje del muro cortina y la cubierta tradicional = 22 €/m <sup>2</sup> x (5.923 + 154m <sup>2</sup> ) = 133.694 €  Ingresos por reciclaje, generalmente menores por la menor reutilización de componentes = 3 €/m <sup>2</sup> x (5.923 + 126 m <sup>2</sup> ) = -18.231 €  <b>TOTAL: 115.463 €</b>

### 3. Valor Actual Neto (VAN)

Para calcular el Coste de Ciclo de Vida (LCC) se utiliza el VAN como método de análisis, que calcula todos los flujos de caja (Costes y Beneficios) descontados al presente. En la fórmula se ha de tener en cuenta los beneficios y los costes en tiempo, la tasa de descuento y la vida útil del edificio, que en este caso, al tratarse de una torre de uso público, se suponen 30 años.

AÑO	Coste_inicial_sistema	Coste_anual_netto_sistema	Costes_eventual_sistema	Coste_total_sistema	Factor_descuento	Valor_actual_sistema
0	-	-	-	-	1,00	-
1	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,96	169.944,23 €
2	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,92	163.407,91 €
3	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,89	157.122,99 €
4	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,85	151.079,80 €
5	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,82	145.269,04 €
6	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,79	139.681,77 €
7	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,76	134.309,39 €
8	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,73	129.143,65 €
9	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,70	124.176,58 €
10	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,68	119.400,56 €
11	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,65	114.808,23 €
12	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,62	110.392,53 €
13	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,60	106.146,67 €
14	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,58	102.064,10 €
15	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,56	98.138,56 €
16	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,53	94.364,00 €
17	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,51	90.734,61 €
18	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,49	87.244,82 €
19	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,47	83.889,25 €
20	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,46	80.662,74 €
21	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,44	77.560,33 €
22	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,42	74.577,24 €
23	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,41	71.708,88 €
24	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,39	68.950,85 €
25	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,38	66.298,89 €
26	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,36	63.748,94 €
27	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,35	61.297,05 €
28	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,33	58.939,48 €
29	-	176.742,00 €	-	176.742,00 €	0,32	56.672,57 €
30	-	176.742,00 €	949.570,00 €	1.126.312,00 €	0,31	347.263,02 €

LCC SISTEMA 3.348.998,71 €

AÑO	Coste_inicial_conv.	Coste_anual_convencional	Costes_eventual_convencional	Coste_total_conv.	Factor_descuento	Valor_actual_convencional
0	11.550,00 €	-	-	11.550,00 €	1,00	11.550,00 €
1	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,96	262.648,08 €
2	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,92	252.546,23 €
3	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,89	242.832,91 €
4	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,85	233.493,18 €
5	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,82	224.512,68 €
6	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,79	215.877,57 €
7	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,76	207.574,59 €
8	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,73	199.590,95 €
9	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,70	191.914,38 €
10	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,68	184.533,05 €
11	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,65	177.435,63 €
12	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,62	170.611,18 €
13	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,60	164.049,21 €
14	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,58	157.739,63 €
15	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,56	151.672,72 €
16	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,53	145.839,15 €
17	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,51	140.229,96 €
18	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,49	134.836,50 €
19	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,47	129.650,48 €
20	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,46	124.663,92 €
21	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,44	119.869,15 €
22	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,42	115.258,80 €
23	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,41	110.825,77 €
24	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,39	106.563,24 €
25	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,38	102.464,66 €
26	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,36	98.523,71 €
27	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,35	94.734,33 €
28	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,33	91.090,71 €
29	-	273.154,00 €	-	273.154,00 €	0,32	87.587,22 €
30	-	273.154,00 €	115.463,00 €	388.617,00 €	0,31	119.817,88 €

LCC CONVENCIONAL 4.770.537,46 €

AHORRO LCC (conv - sist) 1.421.538,76 €

### 4. Indicadores de creación de valor

- Reducción de demanda energética: kWh/año ahorrados respecto al escenario convencional.
- Producción energética renovable: kWh/año generados por los dispositivos piezoeléctricos, destinados a alimentar parte del sistema acústico y servicios comunes.
- Reducción de consumo de agua potable: m<sup>3</sup>/año obtenidos a partir de la captación de agua de lluvia en cubierta y usados para riego y extinción.
- Mejora de confort acústico: reducción de niveles de ruido en dB gracias a la cancelación activa, con impacto directo en salud y bienestar de los usuarios.
- Valor ambiental y social: superficie de vegetación integrada en la torre, calidad del espacio público vertical generado, imagen urbana de "oasis verde" en Tiflis.

Estos indicadores refuerzan la idea de que el sistema no solo reduce costes a lo largo de su ciclo de vida, sino que aumenta el valor global del edificio.

### 5. Conclusiones

El análisis de sostenibilidad económica realizado sobre la envolvente de cables con dispositivos sonoros y la cubierta activa de PVC microperforado demuestra que aunque el coste inicial del sistema es superior al de la solución convencional,

- Los ahorros acumulados en energía y agua,
- Los ingresos indirectos asociados al valor de uso,
- Y los retornos por reciclaje al final de la vida útil,

permiten obtener un Coste de Ciclo de Vida inferior y un Valor Actual Neto favorable frente al sistema de referencia.

En consecuencia, se puede afirmar que las decisiones de proyecto adoptadas en la torre de Tiflis responden a criterios de sostenibilidad económica y creación de valor, alineando el lenguaje arquitectónico (torre-jardín silenciosa) con una gestión responsable de recursos y costes a lo largo del tiempo.

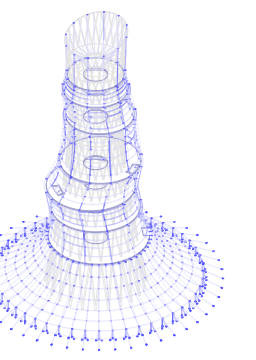
### 3. Tasa de descuento

Para *i* nominal - 5,5 %; IPC futuro estimado 1,0-1,5%  
*i* real = [(1 - *i* nominal) / (1 + IPC)] - 1  
*i* real = 4,34 %

Se considera una tasa de descuento no menor a 4,5 %. Para elementos constructivos, es común utilizar tasas que van del 3,5-5 %, dependiendo del nivel de incertidumbre tecnológica y del peso del sistema en el funcionamiento global del edificio.

En este proyecto, la envolvente activa —compuesta por cables de acero tensados y dispositivos de cancelación sonora integrados— juega un papel fundamental tanto en el comportamiento ambiental (reducción energética y acústica) como en la identidad arquitectónica de la torre. Se trata de un sistema técnicamente más complejo que una fachada tradicional y con componentes que requieren reposiciones periódicas (electrónica, tensado de cables), lo cual justifica emplear una tasa ligeramente más alta dentro del rango habitual.

Por ello, y considerando el carácter tecnológico del sistema, su relevancia funcional y su impacto directo en la percepción del edificio como "oasis de silencio" en Tiflis, se adopta una tasa de descuento relativamente conservadora, del 4,5 %.



## 01. FASE PREVIA A LA OBRA

### 1. Anteproyecto

- 1.1. INFORMACIÓN EXISTENTE
  - 1.1.1. Estudio del lugar (análisis sonoro, climático, geográfico...)
  - 1.1.2. Revisión normativa urbanística
  - 1.1.3. Análisis de requerimientos del promotor y estudio de viabilidad
  - 1.1.4. Confección del programa
  - 1.1.5. Localización y obtención de planos

### 2. Contrataciones equipo de trabajo

- 2.1. DETERMINACIÓN DE PRESUPUESTO CON PROMOTOR
- 2.2. FORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO
  - 2.2.1. Equipo de diseño
  - 2.2.2. Equipo constructor
  - 2.2.3. Equipo legal
- 2.3. CALENDARIO Y ORGANIZACIÓN ENTRE LOS EQUIPOS

### 3. Proyecto básico

- 3.1. CREACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

### 4. Proyecto de ejecución

- 4.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO
- 4.2. A NIVEL EDIFICIO
  - 4.2.1. Documentación de estructuras
    - Cimentación
    - Estructura metálica: pilares (tipo diagrid) y vigas
    - Envolvente de cables tensores
    - Cubierta para recogida de pluviales con mallas textiles
  - 4.2.2. Documentación de instalaciones
    - Recogida de pluviales
    - ACS Y AF
    - Gestión de regadío
    - Electricidad
    - Energía eólica
- 4.3. A NIVEL URBANO
  - 4.3.1. Renaturalización de las plazas urbanas/nudos de transporte
    - Levantar asfalto
    - Reorganización de viales
    - Plantación de terreno y especies
    - Pavimentación y mobiliario urbano

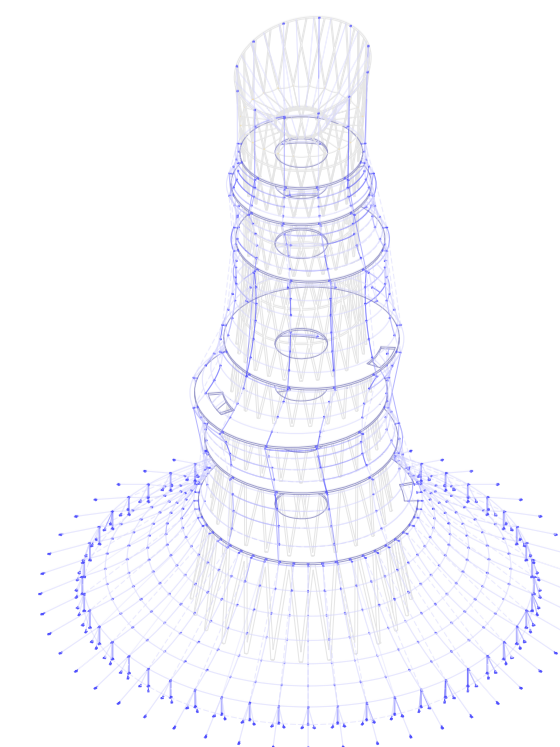
## 02. FASE DE EJECUCIÓN

### 5. Desarrollo de obra

- 5.1. REPLANTEO SOBRE EL TERRENO
- 5.2. CIMENTACIÓN
  - 5.2.1. Preparación del terreno
  - 5.2.2. Contención del terreno y ejecución de muro de sótano
  - 5.2.3. Perforaciones para anclajes de cables tensores
  - 5.2.4. Instalaciones subterráneas y acometidas de agua y eléctrica
- 5.3. ESTRUCTURA
  - 5.3.1. Construcción de pilares de planta baja sobre muro de sótano
  - 5.3.2. Colocación de piezas prefabricadas en fábrica de unión entre pilar y viga
  - 5.3.3. Construcción de vigas (a continuación de las piezas prefabricadas) y viguetas sobre pilares
  - 5.3.4. Apoyo de forjado de chapa colaborante
  - 5.3.5. Construcción de anillos horizontales a pilares (formación de diagrid tipo hiperboloide hiperbólico)
  - 5.3.6. Colocación de pilares de anclaje en planta baja sobre cimentaciones para envoltorio de cables tensores
  - 5.3.7. Colocación de anclajes a forjado para cables tensores
- 5.4. CONSTRUCCIÓN
  - 5.4.1. Colocación de cables tensores por sus anclajes de planta baja y forjado a forjado
  - 5.4.2. Colocación de cables tensores para conformación de cubierta
  - 5.4.3. Colocación de telas impermeables en la cubierta
  - 5.4.4. Construcción de terrenos sobre forjado: geotextiles y láminas impermeabilizantes, tierra, semillas...
  - 5.4.5. Instalación de recogida de pluviales e impulsión de agua para el regadío en altura
  - 5.4.6. Tabiquerías y particiones interiores
  - 5.4.7. Colocación de dispositivos sonoros en los cables tensores
  - 5.4.8. Instalación eléctrica, de iluminación y de energía renovable

### 6. Desarrollo de obra

- 6.1. SUPERVISIÓN DE LA OBRA Y SEGURIDAD DE LOS AGENTES
  - 6.1.1. Personal de seguridad y salud
  - 6.1.2. Visitas de obra
  - 6.1.3. Resolución de contingencias
  - 6.1.4. Control de recepción de los materiales de obra
  - 6.1.5. Seguimiento del seguro decenal por empresa homologada



## 03. FASE DE FIN DE OBRA

### 7. Documentación y trabajos finales

- 7.1. FINAL DE EJECUCIÓN DE OBRA
  - 7.1.1. Comprobación de nuevas acometidas e instalaciones
  - 7.1.2. Limpieza de la obra
  - 7.1.3. Control de calidad y revisión de acabados
- 7.2. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO
  - 7.2.1. Entrega de documentación empresas contratadas
  - 7.2.2. Legalización de las instalaciones finales a promotor
  - 7.2.3. Elaboración del libro del edificio con sus especificaciones de mantenimiento
  - 7.2.4. Licencia de primer uso como espacio público
  - 7.2.5. Firma de entrega de la obra con aprobación de constructor y promotor

Tarea	Inicio	Fin	Duración (semanas)
1.1.1 Estudio del lugar	2026-01-01	2026-01-22	3
1.1.2 Revisión normativa	2026-01-22	2026-02-05	2
1.1.3 Estudio de viabilidad	2026-02-05	2026-02-26	3
1.1.4 Programa de necesidades	2026-02-26	2026-03-19	3
1.1.5 Obtención de planos	2026-03-19	2026-04-02	2
2.1 Presupuesto inicial	2026-04-02	2026-04-23	3
2.2 Equipos de trabajo	2026-04-23	2026-05-14	3
2.3 Calendario y coordinación	2026-05-14	2026-05-28	2
3.1 Documentación gráfica PB	2026-05-28	2026-09-17	16
4.1 Estudio geotécnico	2026-09-17	2026-10-15	4
4.2.1 Documentación de estructuras	2026-10-15	2026-12-24	10
4.2.2 Documentación de instalaciones	2026-12-24	2027-03-04	10
4.3 Intervención urbana	2027-03-04	2027-04-29	8
5.1 Replanteo	2027-04-29	2027-05-27	4
5.2 Cimentación	2027-05-27	2027-09-16	16
5.3 Estructura	2027-09-16	2028-03-02	24
5.4 Construcción	2028-03-02	2028-08-17	24
6.1 Supervisión y seguridad	2027-04-29	2028-08-17	68
7.1 Final de obra	2029-12-06	2030-01-03	4
7.2 Documentación final	2030-01-03	2030-02-28	8

