



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Elaboración profesional del Proyecto de Ejecución material  
de la Cimentación y la Estructura de un edificio singular  
con el programa Architrave® (1/4)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Sauras Colón, Miguel

Tutor/a: Pérez García, Agustín José

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

ELABORACIÓN PROFESIONAL DEL PROYECTO  
DE EJECUCIÓN MATERIAL DE LA CIMENTACIÓN  
Y LA ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO SINGULAR  
CON EL PROGRAMA ARCHITRAVE®



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

BOSCO VERTICALE  
MILÁN, ITALIA

Boeri Studio

AUTOR: Miguel Sauras Colón  
TUTOR: Agustín José Pérez García  
ESCUELA: Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
CURSO: 2021-2022  
TITULACIÓN: Grado en Fundamentos de la Arquitectura



## **0. RESUMEN. RESUM. ABSTRACT. PALABRAS CLAVE.**

### **0.1. Resumen**

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo el estudio proyectual y más concretamente estructural de un edificio singular. Para este trabajo se ha escogido el complejo de viviendas en Milán (Italia) conocido como el Bosco Verticale.

En la primera fase del trabajo se introducirá el proyecto a estudiar, conociendo a sus arquitectos y premios recibidos, para posteriormente centrarnos en los sistemas estructurales empleados. Estos sistemas servirán de referencia para el modelado y cálculo estructural del edificio escogido a través del programa informático Architrave.

Una vez realizado el estudio proyectual se procederá a realizar la estimación de acciones que afectan al edificio basándonos en el CTE, que serán aplicadas al modelo estructural propuesto.

Mediante los módulos de diseño y cálculo de Architrave se realizará el cálculo y dimensionamiento de la estructura, obteniendo así los resultados que serán comparados con la estructura original en la parte final del trabajo. De esta comparativa se extraerán las conclusiones del estudio.

### **0.2. Resum**

Aquest treball de fi de grau té com a objectiu l'estudi projectual i més concretament estructural d'un edifici singular. Per aquest treball s'ha triat el complex de vivendes a Milà (Itàlia) conegut com el Bosco Verticale.

En la primera fase del treball s'introduirà el projecte a estudiar, coneixent els seus arquitectes i premis rebuts, per a posteriorment centrar-nos en aquests sistemes estructurals empleats. Estos sistemes serviran de referència per al modelatge i càlcul estructural de l'edifici triat a través del programa informàtic Architrave.

Una vegada realitzat l'estudi projectual es procedirà a realitzar l'estimació d'accions que afecten l'edifici basant-nos en el CTE, que seran aplicades al model estructural proposat.

Per mitjà dels mòduls de disseny i càlcul d'Architrave es realitzarà el càlcul i dimensionament d'aquesta estructura, obtenint així els resultats que seran comparats amb l'estructura original en la part final del treball. D'esta comparativa s'extrauran les conclusions de l'estudi.

### **0.3. Abstract**

This essay aims to study the project and, more specifically, the structure of a unique building. The Project chosen for this essay is housing complex in Milano (Italy) known as Bosco Verticale.

Firstly, the project will be introduced providing the architects and the awards received, in order to focus subsequently on the structural systems. These systems will be used as reference for the chosen building's model and structural calculation using the program called Architrave.

Once the project study is done, will proceed to do the estimation of building actions affecting the building using the CTE and applying them to the structural model.

Using Architrave design and calculation, the structure will be calculated, getting the results that will be compared to the original structure at the end of the essay. This comparative will provide the conclusions of the study.

### **0.4. Palabras Clave**

Bosco Verticale, Boeri Studio, Stefano Boeri, postesado, elementos finitos, Architrave, estructura, edificación, cálculo, acciones, diseño, dimensionado, modelo 3D.

Bosco Verticale, Boeri Studio, Stefano Boeri, posttesat, elements finits, Architrave, estructura, edificació, càlcul, accions, disseny, dimensionat, model 3D.

Bosco Verticale, Boeri Studio, Stefano Boeri, post-tensioned, finite elements, Architrave, structure, edification, calculation, actions, design, dimensioned, model 3D.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Agustín José Pérez García por la tutorización de este trabajo, que ha sido imprescindible gracias a sus conocimientos, su facilitación de recursos e información, orientaciones y disponibilidad en todo momento.

A mi familia, amigos y personas de mi entorno que me han apoyado, facilitado y animado en el proceso de este trabajo de fin de grado.

Por último, me gustaría agradecer a aquellas personas que han sido de gran ayuda a lo largo de mi formación académica, gracias a la cual he adquirido conocimientos que me han permitido elaborar este trabajo, así como a aquellos que han influido en mi formación y crecimiento más personal.

Gracias a todos ellos.



## ÍNDICE

0. RESUMEN. RESUM. ABSTRACT. PALABRAS CLAVE
1. OBJETIVOS. METODOLOGÍA
2. RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)
3. EL BOSCO VERTICALE
4. NORMATIVA
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL
6. MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA
7. CÁLCULO DE LOSAS DE FORJADO
8. CÁLCULO DE PILARES
9. CÁLCULO DE MUROS
10. CÁLCULO DE CIMENTACIÓN
11. CONCLUSIONES
12. BIBLIOGRAFÍA
13. ÍNDICE DE IMÁGENES

ANEXO I - PLANTAS DEL EDIFICIO

ANEXO II – PLANOS DE ARMADO DE LOSAS

ANEXO III - TABLA DE ARMADO DE PILARES

ANEXO IV - TABLA DE SOLICITACIONES Y ARMADO DE MUROS

ANEXO V – PLANO DE CIMENTACIÓN

# 1. OBJETIVOS. METODOLOGÍA

## 1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo es el estudio proyectual y estructural de un edificio singular, concretamente del Bosco Verticale situado en Milán, Italia.

Se pretende aprender y conocer más sobre el proyecto estudiando sus peculiaridades que lo han hecho ser conocido mundialmente e indagar sobre los sistemas implementados en su construcción, así como los métodos estructurales empleados.

Otro de los objetivos es la adquisición y demostración de habilidades con el programa de cálculo estructural Architrave®, programa de gran utilidad en el ámbito de las estructuras de la edificación que permite el diseño de todo tipo de estructuras y su dimensionamiento de una manera muy práctica. Este objetivo se alcanzará mediante el planteamiento y dimensionado de una estructura similar a la existente en el edificio, sobre la que se aplicarán conocimientos de la normativa y del trabajo con todos los distintos tipos de acciones que afectan en la edificación.

El objetivo final será llevar a cabo una comparación entre ambas estructuras valorando ventajas y desventajas de cada una de ellas.

## 1.2. Metodología

En primer lugar, se realizará una introducción y explicación acerca del edificio, con el fin de comprender el proyecto y conocer más la ideología del arquitecto que ha desarrollado el proyecto, así como las ventajas que puede proporcionar esta tipología, sus características, reconocimientos y aspectos más técnicos sobre la estructura.

A continuación, se realizará un estudio de la normativa y la estimación de las acciones que vayan a afectar al proyecto, apoyándose en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Posteriormente se procederá al modelado en AutoCAD <sup>[16]</sup> de la estructura propuesta, incorporando en el desarrollo elementos finitos correspondientes a losas y muros. Estos modelos son aquellos sobre los que se realizará el cálculo estructural desde el programa Architrave <sup>[17]</sup>.

Finalmente, una vez obtenidos los resultados estructurales en forma de planos se compararán con la información disponible sobre la estructura original, valorando las características de ambas.

## 2. RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

### 2.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) <sup>[1]</sup> nacieron en 2015 como un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. Se trata de 17 objetivos aprobados por todos los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, donde se establece un plan para alcanzar estos objetivos en un plazo de 15 años.

Estos 17 objetivos son los siguientes:

1. Fin de la Pobreza
2. Hambre Cero
3. Salud y Bienestar
4. Educación de Calidad
5. Igualdad de Género
6. Agua Limpia y Saneamiento
7. Energía Asequible y No Contaminante
8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico
9. Industria, Innovación e Infraestructura
10. Reducción de las Desigualdades
11. Ciudades y Comunidades Sostenibles
12. Producción y Consumo Responsables
13. Acción por el Clima
14. Vida Submarina
15. Vida de Ecosistemas Terrestres
16. Paz, Justicia e Instituciones Sólidas
17. Alianzas para Lograr los Objetivos

Algunos de estos ODS son aplicables al objeto de estudio de este Trabajo de Fin de Grado, tales como el 9, 11, 12, 13 y 15. El proyecto del Bosco Verticale es un proyecto de gran innovación en cuanto a la tipología y los sistemas que emplea, dando como resultado un complejo de alta sostenibilidad donde el elemento verde crea su propio ecosistema vertical dotando al edificio de notables ventajas en cuanto a soleamiento, comportamiento térmico, calidad del aire, etc.

Además de la aplicación de estos objetivos al estudio del proyecto, también se tendrán en cuenta a la hora del modelo estructural propuesto, midiendo y limitando la cantidad de material como es el hormigón, cuya huella de carbono es una de las importantes, no sólo en la construcción, sino a nivel global.

### 3. EL BOSCO VERTICALE

#### 3.1. Proyecto

El Bosco Verticale, situado en Milán (Italia), fue proyectado en 2007 como parte del plan de rehabilitación y renovación urbana de Porta Nuova Isola e inaugurado en octubre de 2014. El proyecto consta de dos torres residenciales, las nominadas D y E, de 80 y 110 m de altura respectivamente, que albergan un total de 13.000 especies vegetales, entre ellas 800 de árboles de hasta 6 metros de altura.

Esta propuesta nació a partir de la necesidad de renovar una de las zonas de Milán con mayor densidad de población urbana y sirvió de representación de la ciudad en la Exposición Universal de 2015. Como indica su propio nombre, este edificio se presenta como un bosque desarrollado en altura, conteniendo estas especies en sus balcones de 3'30 m de profundidad. Gracias a la profundidad de estos y a su discontinuidad entre plantas se crean espacios para dar vida a las especies de mayor tamaño, confiriendo dinamismo a una fachada que permite, a través de estos elementos, percibir la materialidad cerámica oscura y las aperturas acristaladas cambiantes entre plantas. Existe también un juego visual con las placas cerámicas de color blanco del revestimiento de los balcones que resalta esa discontinuidad. La solución tomada cumple la necesidad intrínseca del hombre moderno, cuyo deseo es el de vivir en un ecosistema natural sin sacrificar la comodidad y un estilo de vida que combina la historia del lugar con una visión contemporánea.

La torre E, la cual va a ser el principal objeto de estudio de este trabajo, presenta 6 tipologías de plantas en cuanto a organización de voladizos, aunque dentro de la misma tipología pueden ir variando las especies situadas en estos voladizos o incluso las distribuciones interiores y superficies de las viviendas correspondientes. [2]



Fig. 01. Bosco Verticale. Torres D (80 m) y E (110 m)

#### 3.2. Arquitecto

El diseño de este proyecto fue creado por Boeri Studio (actualmente denominado Stefano Boeri Architetti), estudio de arquitectura fundado en Milán en 1993 por el arquitecto Stefano Boeri y también codirigido por los arquitectos Francesca Cesa Bianchi y Marco Giorgio.



Fig. 02. Stefano Boeri

Stefano Boeri, nacido en 1956 en Milán, se graduó en arquitectura en el Politécnico de Milán en 1980 y recibió su título como doctor en Filosofía por el Instituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV) en el año 1989. Siendo profesor de planeamiento urbanístico en el Politécnico de Milán, ha sido también invitado como profesor en varias universidades, incluyendo Harvard University's Graduate School of Design (GSD), el instituto Strelka en Moscú, el instituto Berlage en Países Bajos o la École Polytechnique Fédérale de Lausana en Suiza. En la actualidad dirige el Future City Lab of Tongji University en Shanghai (programa de investigación post-doctoral que explora el futuro de las metrópolis en términos de biodiversidad y reforestación urbana), es co-presidente del comité científico del primer World Forum on Urban Forests (Mantua, 2018), preside desde 2020 el comité científico de Forestami (proyecto encargado de plantar 3 millones de árboles en el área metropolitana de Milán para el 2030) y es el presidente de la Trienal de Milán.

### 3.3. Sostenibilidad y Medioambiente

El Bosco Verticale es un ejemplo claro de que la arquitectura y la naturaleza no sólo pueden ir de la mano, sino que ambas se benefician la una de la otra. Ante el crecimiento de la población y la necesidad de expansión urbana, Boeri Studio propone un sistema de crecimiento vertical con el fin de reducir la superficie ocupada por la ciudad, donde la naturaleza toma un papel principal dotando de espacios de calidad y mejoras medioambientales a la ciudad de Milán.

Cada torre equivale a una zona periférica de casas y edificios de alrededor de 50.000 m<sup>2</sup> unifamiliares y con las especies existentes consigue concentrar en 3.000 m<sup>2</sup> un equivalente a 30.000 m<sup>2</sup> de bosques y vegetación. Estas especies fueron seleccionadas minuciosamente en función de sus características, con el fin de escoger las óptimas en cada situación. Todas ellas fueron cultivadas en invernaderos hasta su colocación.

Estas especies vegetales suponen grandes beneficios tanto para los residentes de las torres como para la ciudad, entre los que podemos destacar:

- Aumento de la biodiversidad: Se estima que el ecosistema propio del Bosco Verticale, funcionando junto con la infraestructura verde existente en la zona, es capaz de ser habitado por 1.600 ejemplares de aves y mariposas.

- Mejora de calidad del aire: Gracias al microclima, las especies vegetales se encargan de filtrar partículas finas presentes en el entorno urbano. Produce humedad, absorbe CO<sub>2</sub>, produce oxígeno y sirve de protección contra la contaminación y el ruido de la ciudad.

- Barrera vegetal: Otra de las ventajas de esta envolvente creada por el microclima existente es la mejora del comportamiento térmico, ya que sirve de filtro frente a altas temperaturas, sirve como barrera que absorbe el viento y filtra la luz solar haciendo de estos balcones unos espacios muy agradables.

- Fachadas cambiantes: Estas especies, según la época del año, van cambiando su color, densidad de hoja y otras de sus características, dando una imagen diferente por estación, lo que enriquece el paisaje percibido tanto del interior como desde el exterior del edificio.

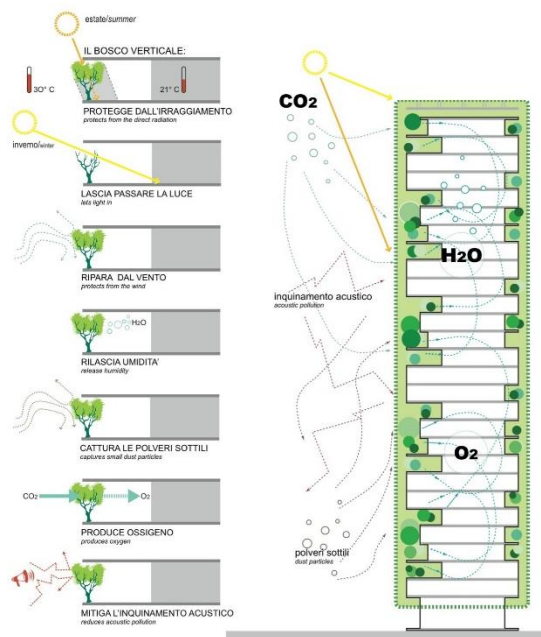


Fig. 03. Esquema ventajas medioambientales



Fig. 04. Sistema de cuidado de la vegetación

El mantenimiento de la vegetación de todo el complejo está a cargo de una empresa externa, cuya labor consiste en la poda y control de las especies cada 4 meses aproximadamente. El equipo de botánicos especializado desciende colgado por el exterior de la fachada vegetal para hacer su labor de seguimiento.

El Bosco Verticale emplea un sistema de riego a partir principalmente de la recogida de aguas pluviales y la filtración y reutilización de las aguas grises producidas por el edificio. Además de esto, aprovecha las energías eólica, solar y geotérmica para la producción de energía eléctrica y térmica de autoconsumo, haciendo de éste un edificio más sostenible y respetuoso con el medioambiente.

[2]

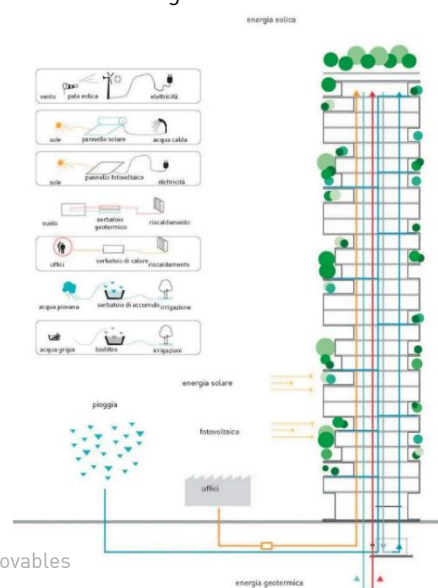


Fig. 05. Esquema sistemas de energía renovables



### 3.4. Premios y Reconocimientos

Debido a su personalidad y su carácter ligado a la sostenibilidad y el medioambiente, el Bosco Verticale ha sido premiado en dos ocasiones:

- En 2014 ganó el International Highrise Award (IHA), elegido entre 800 rascacielos de todos los continentes.

“Bosco Verticale es una expresión de la necesidad humana de estar en contacto con la naturaleza. Es una idea radical y atrevida para las ciudades del futuro, y sin lugar a dudas representa un modelo para el desarrollo de las zonas urbanas densamente pobladas en otros países europeos.” (Christoph Ingenhve, presidente del jurado)

“Estoy muy impresionado por el estilo de esta obra, por lo que representa y por los resultados que puede obtener la arquitectura. El Bosco Verticale ofrece sin duda protección y espacio uniendo al mismo tiempo elementos como la naturaleza, la luz y el aire teniendo en cuenta las necesidades humanas en una relación equilibrada entre elementos que no resulta nunca más compleja de lo necesario. Una idea valiente y radical para la ciudad del mañana.” (Peter Cachola Schmal, director del Museo Alemán de Arquitectura y miembro del jurado)

- En 2015 ganó el reconocimiento del «Rascacielos más bello e innovador del mundo», cuando el Consejo de Edificios Altos y Hábitat Urbano, junto con el Instituto de Tecnología de Illinois (Chicago), eligió al edificio como «Mejor Arquitectura del Mundo de 2015».

“El Bosco Verticale es un ejemplo único en el uso del verde en altura y en proporción. La «fachada viva» del edificio, que incorpora numerosos árboles y más de noventa especies de plantas, realiza el papel de interfaz activa con el ambiente que lo rodea. Lo que hace excepcional a la idea es la acción de las plantas, que funcionan como extensión de la fachada exterior del edificio. El jurado definió como innovadora la exploración de la vitalidad del verde en estas alturas.”

- El Bosco Verticale fue declarado, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 2015, ejemplo de desarrollo urbano virtuoso y exportable. Esto ha provocado su reproducción en distintos lugares del mundo como por ejemplo en la ciudad china de Shijiazhuang.<sup>[2]</sup>

### 3.5. Estructura

El sistema estructural del Bosco Verticale fue diseñado por la empresa internacional Arup. Con el objetivo de crear una estructura lo suficientemente resistente como para permitir la existencia de voladizos de 3'3 m de profundo y a su vez lo más ligera posible, se decidió diseñar una estructura de hormigón donde los forjados son losas macizas postesadas de 28 cm de canto y se sustentan mediante 13 pilares situados en el perímetro de la losa, junto a una serie de muros que conforman el núcleo de comunicaciones verticales y los huecos de paso de instalaciones.

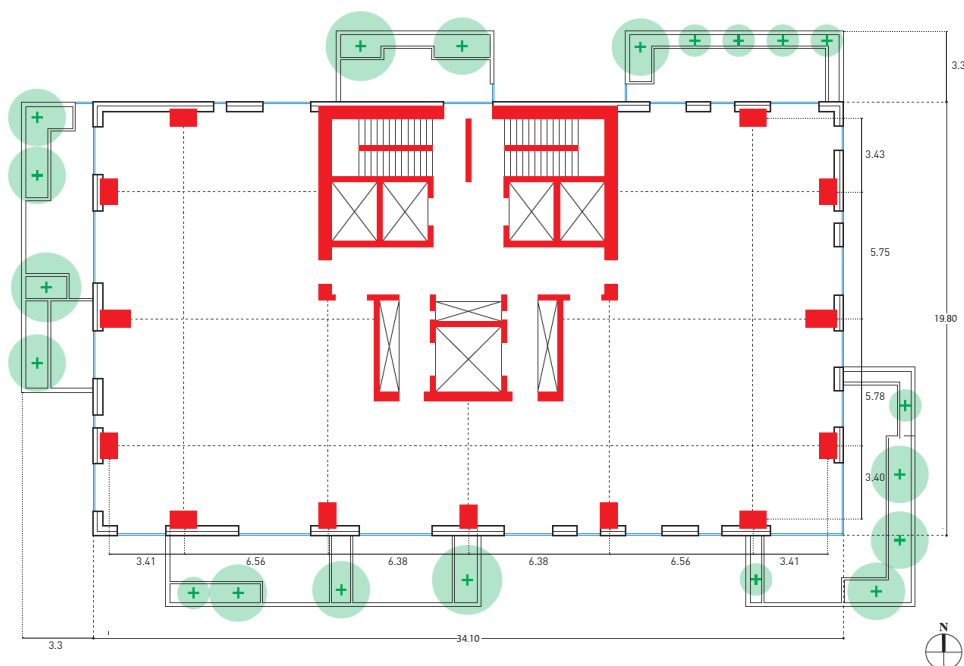


Fig. 06. Esquema estructural Bosco Verticale

Los forjados postesados son forjados de hormigón donde la armadura toma un papel activo. Previamente al hormigonado se colocan unas vainas por donde irán los tensores de acero para, cuando el hormigón haya fraguado y tenga suficiente resistencia, tensar estos cables de acero comprimiendo el hormigón y dando gran rigidez a la pieza. Esta tipología de forjados suele utilizarse en edificios en altura, estructuras por bajo rasante, cimentaciones por losa, parkings, puentes, depósitos, etc. Generalmente presentan ventajas frente a otros tipos de forjados como son la reducción de materiales de construcción (hasta un 40% de hormigón y un 75% de acero), la reducción del peso de la estructura (los cantos necesarios son menores), aumento de la altura libre entre plantas, continuidad e integridad estructural (disminuye el número de juntas necesarias), reducción de número de pilares y aumento de los vanos, minimiza la aparición de fisuras gracias a la compresión del hormigón, lo que lo dota de una mayor impermeabilidad.



Fig. 07. Fotografía detalle de vainas en el forjado durante la obra

Como se ha comentado anteriormente, la transmisión de las cargas hasta el terreno se realiza mediante 13 pilares situados en el perímetro del cerramiento dejando voladas las esquinas, cuyas dimensiones son de aproximadamente 80x120 cm disminuyendo en función de la altura, junto con el núcleo de comunicaciones verticales situado en la fachada norte de la torre E. Este núcleo dispone de espacios para dos núcleos de escaleras, dos ascensores, un montacargas y diversos huecos para instalaciones tanto de las viviendas, como de los sistemas de riego de la vegetación.

Uno de los principales desafíos de esta estructura era el de soportar las acciones debidas a las especies vegetales, tanto las cargas de gran magnitud en extremos de voladizo (donde las deformaciones son mayores) debidas a los árboles y al volumen de tierra necesaria, como las acciones debidas al viento. Estas últimas fueron estimadas experimentalmente con maquetas a escala 1:100 en el túnel de viento del Politécnico de Milán y a escala real en la Florida International University. Además de la correcta estimación de las cargas y el posterior dimensionado de la estructura, existen otros sistemas de seguridad para la sujeción de estos elementos:

- Correas temporales: Consiste en unas correas que sujetan la bolsa con las raíces del árbol a la base del contenedor en el que se encuentra. Se considera un sistema temporal debido a que, con el tiempo, las correas textiles pueden perder su tensión. Estas son necesarias en el periodo más temprano de la vida del árbol, hasta que las raíces crecen lo suficiente y adquieren la suficiente resistencia.
- Cables de acero: Cada árbol es anclado mediante 3 correas elásticas a un cable de acero conectado con la terraza superior. Este es el principal sistema anti-caída para los árboles existentes.
- Cajas de acero: En los árboles colocados en los pisos más altos y que tienen que soportar más fuerzas de viento, se disponen cajas metálicas donde van introducidas las bolsas con las raíces de los árboles y ancladas a la base de los contenedores. [3]

### 3.6. Cimentación

El emplazamiento del complejo del Bosco Verticale se encontraba sobre dos líneas de metro subterráneas de Milán, lo que suponía una dificultad constructiva debido a las vibraciones que estas producían y a su posible interacción con los edificios. La solución propuesta por el equipo a cargo de la obra consistió en una losa de cimentación de hormigón armado que incorporaba un sistema de aislamiento frente a las vibraciones denominado sistema GERB. Este tipo de sistema mixto consiste en la combinación de elementos de resortes y amortiguadores en la parte inferior del edificio capaces de soportar grandes cargas dinámicas y estáticas. La absorción de estas vibraciones supone también una mejora frente a las acciones sísmicas. [4]

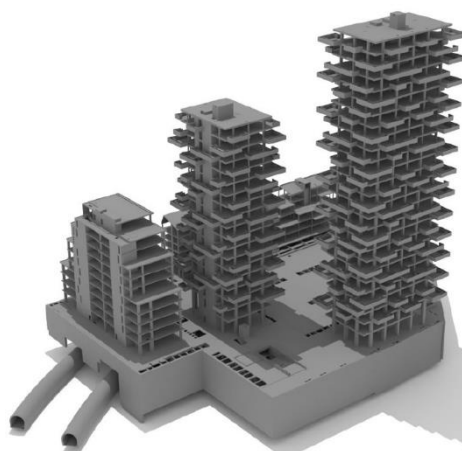


Fig. 08. Volumetría del proyecto sobre los túneles del metro de Milán

## 4. NORMATIVA

La normativa que rige los criterios de la edificación en Europa son los Eurocódigos. En este caso, los Eurocódigos estructurales. Estos son un conjunto de normas europeas de carácter voluntario, encargadas por la Comisión Europea al Comité Europeo de Normalización (CEN), que ponen en común una serie de métodos para calcular la resistencia mecánica de los elementos encargados de desempeñar una función estructural en una obra de construcción. En Italia esta es la norma de referencia que emplean para la construcción, mientras que en España existe una norma propia, el Código Técnico de la Edificación (CTE).<sup>[6]</sup>

El CTE engloba, entre otros documentos, el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE)<sup>[6]</sup>, que contiene a su vez el documento de Acciones en la Edificación (DB-SE-AE)<sup>[7]</sup>. Muchos de los aspectos y metodologías que presenta el CTE coinciden con los Eurocódigos.

Debido al conocimiento más cercano del CTE, se ha decidido tomar como referencia la normativa española para este análisis estructural.

Para el cálculo estructural de una construcción como ésta, primero se deben estimar las acciones que afectan al edificio, es decir, las fuerzas que deberá soportar y resistir la estructura que se dimensiona. Posteriormente se procede al cálculo y dimensionado tanto de las secciones como de las armaduras. En este caso, el cálculo estructural es realizado por el programa de cálculo Architrave según los parámetros indicados en el diseño del modelo.

El cálculo estructural consta de dos comprobaciones: resistencia (aguante de una estructura previo al colapso tomando acciones mayoradas) y deformación (deformación admisible de una estructura tomando acciones sin mayorar).

### 4.1. Estados Límite Últimos (ELU)

Hacen referencia a la resistencia de la estructura frente a acciones mayoradas, es decir, valores más desfavorables que los obtenidos por cálculo. No todas las acciones aplicadas en el edificio son permanentes ni se producen al mismo tiempo, por lo que el CTE propone una serie de combinaciones para determinar las situaciones más desfavorables y a partir de ellas dimensionar las piezas de la estructura. Estas combinaciones vienen dadas por las siguientes expresiones:

#### 1. Situación persistente o transitoria

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ ).
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.
- El resto de acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

#### 2. Situación extraordinaria

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ ).
- Una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo ( $A_d$ ), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- Una acción variable, en valor de cálculo frecuente ( $\gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- El resto de acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ( $\gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$ ).

#### 3. Sismo como acción accidental

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente.

El CTE proporciona los valores de los coeficientes utilizados en las expresiones anteriores en el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) en dos tablas:

**Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones**

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Fig. 09. Extraído del CTE: Tabla 4.1. Coeficientes parciales ( $\gamma$ )

**Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )**

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		<sup>(1)</sup>	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

<sup>(1)</sup> En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Fig. 10. Extraído del CTE: Tabla 4.2. Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

Con ello se pretende ajustar la estructura a un estado de cargas más cercano a la realidad, donde las acciones variables se ponderan en función de si son una fuerza principal o secundaria. Tras calcular las combinaciones posibles, se procede al cálculo atendiendo a la más desfavorable entre ellas.

## 4.2. Estados Límite de Servicio (ELS)

Hacen referencia a la deformabilidad de la estructura frente a acciones no mayoradas. Para este tipo de comprobación, el CTE también propone una serie de combinaciones para determinar las situaciones más desfavorables, y a partir de ellas dimensionar las piezas de la estructura. Estas combinaciones vienen dadas por las siguientes expresiones:

### 1. Acciones de corta duración irreversibles

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones permanentes, en valor característico ( $G_k$ ).
- Una acción variable cualquiera, en valor característico ( $Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.
- El resto de acciones variables, en valor de combinación ( $\psi_{0,i} \cdot Q_k$ ).

## 2. Acciones de corta duración reversibles

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones permanentes, en valor característico ( $G_k$ ).
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $A_d$ ), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- Una acción variable, en valor frecuente ( $\psi_{1,1} \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción variable considerada.
- El resto de acciones variables, en valor casi permanente ( $\psi_{2,i} \cdot Q_k$ ).

## 3. Sismo como acción accidental

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Todas las acciones permanentes, en valor característico ( $G_k$ ).
- Todas las acciones variables, en valor casi permanente ( $\psi_{2,i} \cdot Q_k$ ).

En el caso de los Estados Límite de Servicio se han de comprobar las flechas según los siguientes criterios:

- Integridad de los elementos constructivos: La flecha relativa producida por flecha diferida debe ser menor que 1/500 (si existe tabiquería frágil), 1/400 (si existe tabiquería ordinaria o pavimentos rígidos con juntas), o 1/300 (en el resto de los casos).
- Confort de los usuarios: Considerando solo acciones de corta duración la flecha relativa debe ser menor que 1/350.
- Apariencia de la obra: La flecha relativa ha de cumplir que es menor a 1/300.



## 5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### 5.1. Evaluación de Acciones

Para realizar el análisis estructural de este proyecto se empleará la normativa vigente en España, el CTE, y más concretamente el DB SE-AE, donde se establecen valores de cargas para los pesos propios de elementos constructivos normalizados, posibles situaciones de sobrecargas, etc.

#### 5.1.1. Acciones Permanentes. Peso Propio de los Elementos Constructivos

Para la evaluación de las acciones permanentes se ha de tener en cuenta los elementos y sistemas constructivos que presenta nuestro proyecto. Debido a la naturaleza del proyecto se deberá prestar especial atención a las cargas situadas en los extremos de los voladizos a causa de los maceteros para la vegetación y calcularlos como el conjunto del terreno saturado y la especie arbórea. Además, a estos maceteros llegarán una serie de instalaciones que portarán el agua, tanto de lluvia como de la red, que supondrán un peso añadido.

Estas cargas serán aplicadas al modelo en función de su localización en el proyecto. Para ello se disponen en el Anexo I los planos de las distintas plantas del edificio a estudiar.

Para una losa maciza de hormigón de 20 cm de espesor, el CTE recomienda suponer un peso propio de 5'00 kN/m<sup>2</sup> como carga repartida. En el caso a estudiar la losa tiene un canto de 28 cm, por lo que se estima una carga de 7'00 kN/m<sup>2</sup>. Este valor no se tendrá en cuenta a la hora del modelado, debido a que es el propio programa el que establece el peso propio de la estructura a la hora del cálculo.

Elemento	Peso
<b>Forjados</b>	kN / m <sup>2</sup>
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5

Fig. 11. Extraído del CTE: Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos (CTE)

El pavimento empleado en el proyecto depende de su localización, pudiendo distinguir tres tipos: tarima de madera (empleado para los interiores de las estancias secas), baldosa cerámica interior (empleada para las estancias húmedas como cocinas y baños) y baldosa cerámica exterior (empleado como pavimento en las terrazas). Para el primero de ellos el CTE considera estimar un peso propio de 0'30 kN/m<sup>2</sup> (incluido el yeso de agarre) y para los dos últimos 0'50 kN/m<sup>2</sup> (incluyendo material de agarre).

Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>	Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

Fig. 12. Extraído del CTE: Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos (CTE)

Para la estimación del peso propio del falso techo el CTE no propone ningún valor en concreto, por lo que es necesario ir a un fabricante que facilite los pesos de los materiales empleados. En este caso se ha acudido al catálogo de la empresa Knauf para hacer una estimación del peso propio junto con lo que supondría la sobrecarga de las instalaciones existentes, llegando a un valor de 0'20 kN/m<sup>2</sup>.

La acción provocada por el peso de la tabiquería se expresa como una carga repartida en superficie. Como consideración se tomará que la tabiquería, dado el carácter del edificio, será una tabiquería ligera de Pladur, cuyo valor de carga estará en torno a los 0'5 o 0'6 kN/m<sup>2</sup>. Debido a que no existen medianerías repetidas planta a planta, se estimará un valor mayor de carga para la tabiquería que permita considerar que el peso de los paramentos de medianeras queda incluido en esa sobrecarga uniforme. El valor de esta acción se considera de 1 kN/m<sup>2</sup>.

El sistema constructivo empleado para los cerramientos verticales opacos se basa en una fachada ventilada que cuenta con una hoja de bloques de ladrillo aligerado en pasta (25 cm) enlucido en su cara interior (1'5 cm), una capa de poliestireno extruido pre-acoplado como aislante térmico (10 cm), cámara de aire ventilada, y una fachada avanzada de losas de gres porcelánico (55x120x1'4 cm) unida a la estructura resistente mediante una subestructura formada por montantes de aluminio. Todo este sistema es posible estimarlo con una carga de 2'4 kN/m<sup>2</sup>.

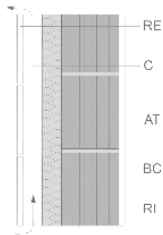


Fig. 13. Esquema sistema de cerramiento vertical opaco

En el caso de los cerramientos verticales acristalados, el CTE recomienda establecer para vidrieras (incluyendo carpintería) de 5 mm de espesor, un peso propio de 0'25 kN/m<sup>2</sup>. Revisando catálogos comerciales de la empresa Cortizo y tomando como referencia tipologías similares a las existentes en el proyecto, se puede tomar como carga de estos elementos un valor de 0'4 kN/m<sup>2</sup>.

Las características que presenta la cubierta del proyecto lleva a clasificarla como una cubierta plana transitable con recrecido. Para la estimación del peso propio de la cubierta se tomará la propuesta por el CTE para este tipo, que es de 1'5 kN/m<sup>2</sup>. Este valor representa el acabado elegido para la cubierta, pero se deberá tener en cuenta a la hora del cálculo el peso de otros elementos como las instalaciones sobre la cubierta y los maceteros situados en los bordes de esta.

Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m <sup>2</sup>
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5

Fig. 14. Extraído del CTE: Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos

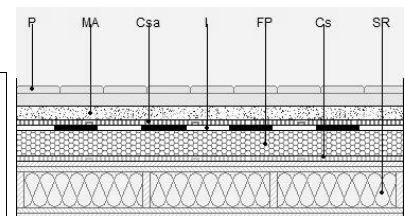


Fig. 15. Esquema sistema de cubierta

Como se ha comentado anteriormente, el cálculo de los maceteros debe tener en cuenta tanto el volumen de terreno empapado como el peso de la especie arbórea en cada caso, además de los sistemas necesarios para riego y mantenimiento de estos elementos. Con el fin de hacer una estimación, se ha tomado como valor de carga 21 kN/m<sup>3</sup> en el caso del suelo vegetal mojado (puesto que los maceteros son de 1 metro de altura, se tomará un valor de carga de 21 kN/m<sup>2</sup>), mientras que en el caso de las especies arbóreas se ha optado por una simplificación: los maceteros del proyecto están ligados a la especie vegetal que van a contener, teniendo éstas unas necesidades de espacio. Los árboles de mayor dimensión son los que van a necesitar un mayor macetero, por lo que se podría estimar el peso del elemento en función del contenedor. Es por ello que se simplificará como una carga repartida de valor de 9 kN/m<sup>2</sup>. Por tanto, la acción total a tener en cuenta sobre la zona de los maceteros será de 30 kN/m<sup>2</sup>. Los recipientes contenedores de estos elementos son de hormigón armado y presentan espesores de 10 y 20 cm, por lo que se considera que la carga de 30 kN/m<sup>2</sup> perimetrales incluye, de manera razonable, el peso de los maceteros, el del suelo saturado, el de las especies arbóreas y todas las instalaciones de riego y drenaje. Esta carga se aplicará en la superficie de la planta de las terrazas que ocupen los maceteros.



Fig. 16. Esquema sistema de maceteros

El Bosco Vertical dispone, sobre la cubierta, de sistemas empleados para la producción de energía eléctrica (placas fotovoltaicas y generadores eléctricos a partir de la energía eólica), sistemas para la ventilación de las viviendas, una grúa para la modificación de las fachadas y el descenso de los jardineros a lo largo de la fachada vegetal, etc. Debido a su importancia, se ha de evaluar la acción del peso propio que suponen las instalaciones en cubierta, ya que presentan una magnitud significativa, y en el caso de no tenerlas en cuenta podría suponer un fallo considerable. Para estos elementos de cubierta se puede estimar un valor de carga de 1 kN/m<sup>2</sup>.

### 5.1.2. Acciones Variables. Uso, Nieve, Viento y Sismo

Las acciones variables son las que afectan a nuestro edificio, pero no de forma permanente como son los pesos de los elementos, sino de forma discontinua en el tiempo y ubicadas en la superficie en la que actúan de manera indeterminada. El CTE las determina como sobrecargas y dependen del uso, emplazamiento, geometría, etc.

Para la sobrecarga de uso en planta tipo, el CTE establece un valor de 2 kN/m<sup>2</sup> para edificios residenciales, mientras que, en planta cubierta, debido a su carácter transitable privado, se estima una sobrecarga de 1 kN/m<sup>2</sup>.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fig. 17. Extraído del CTE: Tabla 3.1. Valores de las sobrecargas de uso

El CTE considera que, por seguridad, hay que establecer una sobrecarga sobre barandillas, aplicada como una carga repartida lineal. El valor de sobrecarga para estos elementos se considera de 2 kN/m<sup>2</sup>.

Con el fin de hacer más cercano el estudio del proyecto y de trabajar con datos proporcionados por el CTE, se procederá a tomar como emplazamiento del proyecto una ciudad española con características similares a la ciudad de Milán en cuanto a datos condicionantes para el estudio de acciones como las producidas por el viento o por el sismo. El emplazamiento escogido es la ciudad de Alicante, cuyas características se asemejan a las existentes en Milán.

Para el posterior cálculo de las acciones sísmicas será necesario conocer la naturaleza del terreno donde se implanta el edificio, por lo que se ha de situar en una zona concreta. La zona de Alicante escogida para la ubicación es la mostrada en la Fig. 17.



Fig. 18. Imagen del emplazamiento en Alicante

La evaluación de las acciones del viento ha de hacerse atendiendo a una serie de parámetros según la geometría del edificio, su entorno y localización. En función de estos parámetros obtendremos valores de la fuerza del viento según la altura del punto a estudiar. Como lugar de referencia se toma la ciudad de Alicante, donde el CTE establece como velocidad básica del viento 27 m/s. Este valor es superior a los existentes en la ciudad de Milán, donde el régimen de vientos es menos acentuado.<sup>[8]</sup>

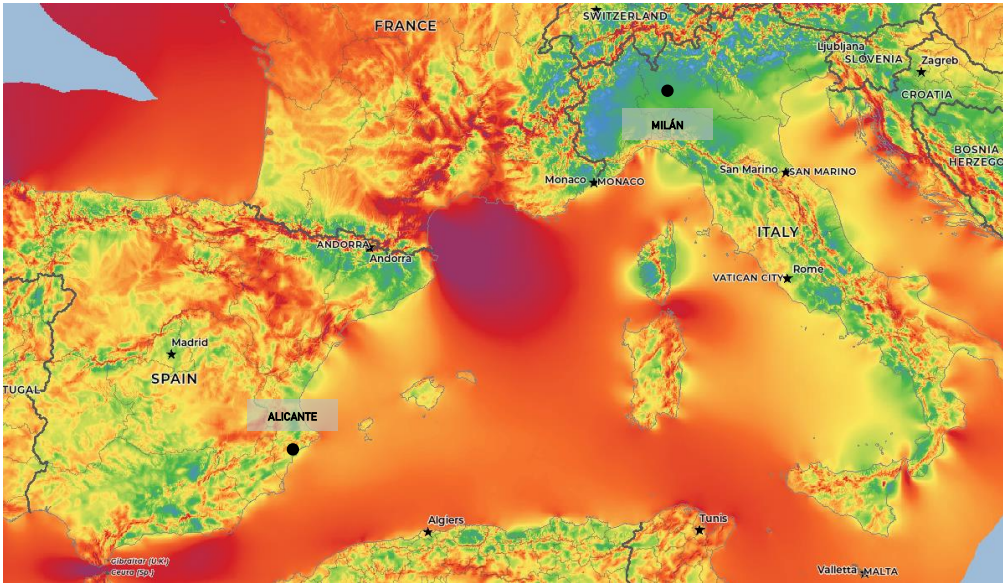


Fig. 19. Mapa de intensidad del régimen de vientos. Global Wind Atlas

El entorno del edificio original se puede definir como zona urbana, lo que supone un grado de aspereza del entorno IV según la tabla D.2 del CTE DB SE-AE. Sin embargo, en el caso que se va a estudiar la parcela se sitúa próxima al mar, por lo que el grado de aspereza del entorno que se deberá tener en cuenta es el I (borde del mar con una superficie de agua de al menos 5 km de longitud). Para el cálculo de la esbeltez del edificio se toman las dimensiones del edificio que son: 34,1 x 19'8 x 110 m. Con estos datos y siguiendo el proceso de cálculo indicado por el CTE se obtendrán los valores de la acción del viento que se muestran en las Fig. 20 y 21:

ACCIONES GENERADAS POR EL VIENTO		
Densidad del aire	$\delta$	1,25 kg/m <sup>3</sup>
Velocidad del viento	$v_b$	27,0 m/s
Velocidad del viento en ELS	$v_{b,ELS}$	27,0 m/s
Presión dinámica del viento	$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$	0,456 kN/m <sup>2</sup>
Presión dinámica del viento en ELS	$q_{b,ELS}$	0,456 kN/m <sup>2</sup>
Duración del periodo de servicio		50 años
Coefficiente corrector aplicable en ELS		1,00
Presión estática del viento [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$	Presión a barlovento
	$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_s$	Succión a sotavento
Coeficiente de Exposición $c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$		
Grado aspereza entorno   Según tabla D.2		
k	0,156	$F = k \cdot \ln(\max(z,Z) / L)$
L	0,003	
Z	1,000	
Geometría del edificio	Altura del edificio	110 m
	Dirección A	34,1 m
	Dirección B	19,8 m
	Esbeltez	3,23
		5,56

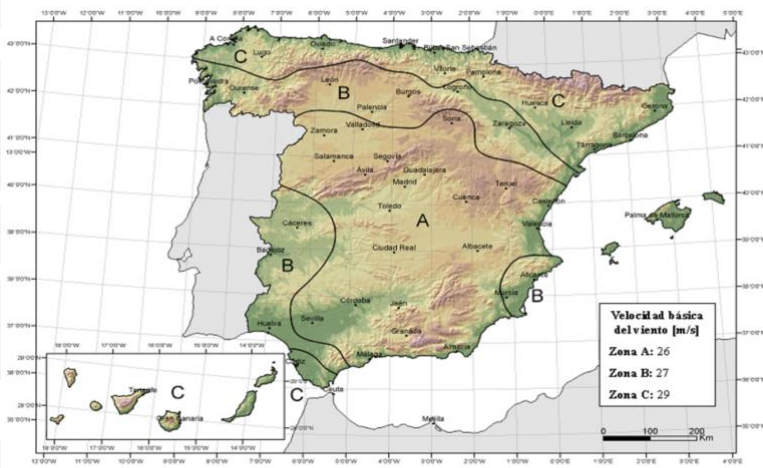
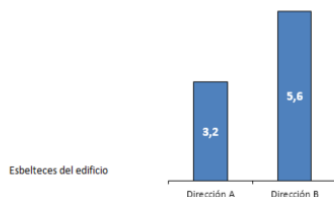


Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno			
Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Fig. 20. Tabla Excel: Cálculo de cargas de Viento según CTE (Elaborado por: Agustín Pérez-García)



Coeficientes de presión y succión		Presión $C_p$	0,80	0,80
		Succión $C_{pe}$	0,65	0,70
<b>Presión estática del viento [kN/m<sup>2</sup>]</b>				
Altura del punto	F	$C_p$	Presión barlovento A	Succión sotavento A
10,0	1,2654	2,9832	1,008	0,823
10,0	0,9862	1,8108	0,612	0,499
3,6	1,1042	2,4251	0,820	0,669
7,1	1,2121	2,7929	0,944	0,770
10,7	1,2753	3,0191	1,020	0,833
14,2	1,3202	3,1844	1,076	0,878
17,8	1,3549	3,3155	1,121	0,914
21,3	1,3834	3,4244	1,157	0,944
24,8	1,4074	3,5177	1,189	0,970
28,4	1,4282	3,5995	1,217	0,993
31,9	1,4466	3,6723	1,241	1,013
35,5	1,4630	3,7381	1,263	1,031
39,0	1,4779	3,7980	1,284	1,047
42,6	1,4915	3,8532	1,302	1,063
46,1	1,5040	3,9042	1,320	1,077
49,7	1,5155	3,9517	1,336	1,090
53,2	1,5263	3,9962	1,351	1,102
56,8	1,5363	4,0380	1,365	1,114
60,3	1,5458	4,0775	1,378	1,124
63,9	1,5547	4,1149	1,391	1,135
67,4	1,5631	4,1504	1,403	1,145
71,0	1,5711	4,1842	1,414	1,154
74,5	1,5788	4,2165	1,425	1,163
78,1	1,5860	4,2473	1,436	1,171
81,6	1,5929	4,2770	1,446	1,179
85,2	1,5996	4,3054	1,455	1,187
88,7	1,6059	4,3328	1,464	1,195
92,3	1,6121	4,3591	1,473	1,202
95,8	1,6180	4,3846	1,482	1,209
99,4	1,6236	4,4092	1,490	1,216
102,9	1,6291	4,4329	1,498	1,222
106,5	1,6344	4,4560	1,506	1,229
110,0	1,6395	4,4783	1,514	1,235

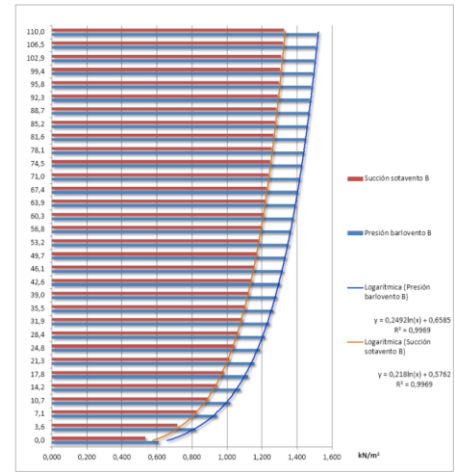
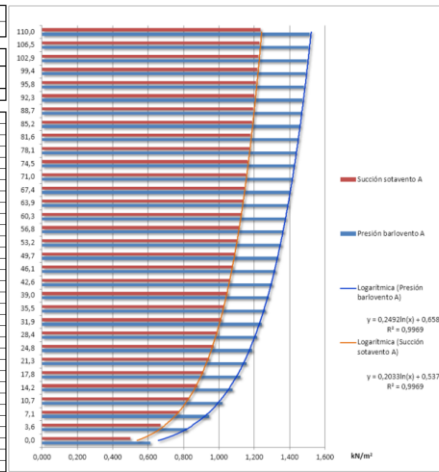


Fig. 21. Tabla Excel: Cálculo de cargas de Viento según CTE (Elaborado por: Agustín Pérez-García)

La sobrecarga de nieve depende de la localización del edificio. El valor de referencia que estipula el CTE para la ciudad de Alicante es de 0'2 kN/m<sup>2</sup>, sin embargo, para ser más cercanos al modelo original, se atiende al Eurocódigo 1. Esta normativa proporciona un valor de sobrecarga a partir de un coeficiente dependiente de la inclinación de la cubierta, que en este caso al ser de 0° será de 0'8, y de un coeficiente según la localidad donde se sitúe el proyecto, que en el caso de Milán será de 1'6 kN/m<sup>2</sup>. A partir de estos dos valores se obtiene que la sobrecarga de nieve a aplicar en el edificio será de 1'28 kN/m<sup>2</sup>.

- 35 - ENV 1991-2-3:1995

A10 ITALIA

Para las zonas definidas en A10.1 y A10.3 y mostradas en la figura A7, los valores de  $s_k$  representarán la carga característica de nieve cuando se calcula mediante las fórmulas dadas abajo. Los valores de  $s_k$  representarán la carga característica de nieve cuando se calcula mediante las fórmulas dadas abajo. Los valores de  $s_k$  representarán la carga característica de nieve cuando se calcula mediante las fórmulas dadas abajo. Los valores de  $s_k$  representarán la carga característica de nieve cuando se calcula mediante las fórmulas dadas abajo. (Los valores pueden considerarse que tienen un periodo de retorno de 30 años)

A10.1 Zona I

Región: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Abruzzo Molise y Marche

$s_k = 1,40$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A ≤ 200 m
$s_k = 1,40 + 3 (A - 200) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	200 < A ≤ 750 m
$s_k = 3,25 + 8,5 (A - 750) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A > 750 m

A10.2 Zona II

Región: Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Campania (sólo las provincias de Caserta, Benevento y Avellino) y Puglia (sólo la provincia de Foggia)

$s_k = 1,15$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A ≤ 200 m
$s_k = 1,15 + 2,6 (A - 200) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	200 < A ≤ 750 m
$s_k = 2,58 + 8,5 (A - 750) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A > 750 m

A10.3 Zona III

Región: Campania (excepto las provincias de Caserta, Benevento y Avellino), Puglia (excepto la provincia de Foggia), Basilicata, Calabria, Cerdeña y Sicilia

$s_k = 0,75$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A ≤ 200 m
$s_k = 0,75 + 2,2 (A - 200) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	200 < A ≤ 750 m
$s_k = 1,96 + 8,5 (A - 750) / 1000$	[kN/m <sup>2</sup> ]	A > 750 m

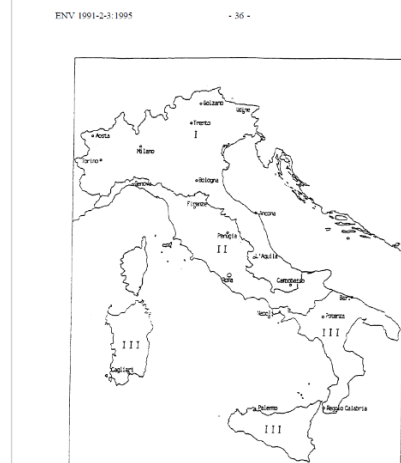


Fig. 22. Figura del Eurocódigo 1. Sobrecarga de nieve en Italia

Para estimar las acciones del sismo el CTE no proporciona ningún método ni valores orientativos, por lo que se debe atender a la normativa Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) en la que se plantea un método para la estimación de estas acciones. El programa Architrave es capaz de hacer este análisis dinámico, por lo que no es necesario estimarlas previamente ni añadirlas al modelo. Sin embargo, es necesario determinar ciertos parámetros para incluirlos en el módulo de cálculo de Architrave.



Información básica del suelo	
UTM X	720943.50353609
UTM Y	4247955.5598453
Municipio	ALACANT/ALICANTE
Comarca	l'Alicantí
Provincia	ALACANT / ALICANTE
Número de hoja / Nombre	1517
Tipo de suelo	Calizas
Geomorfología	Terciario indiferenciado
Litología	
Riesgos geotécnicos	No se indican
Aceleración sísmica	0.14
Coefficiente de contribución	1
Tensión característica inicial	2000
Espesor conocido de suelos blandos	No se conocen
Pendiente mayor de 15°	No
<input type="button" value="Trasladar datos a los impresos"/> <input type="button" value="Cerrar"/>	

Uno de los factores a tener en cuenta en el cálculo de las acciones sísmicas es el tipo de terreno. En el caso escogido en la ciudad de Alicante existe un suelo de naturaleza rocosa, más concretamente un suelo conformado por calizas. Este tipo de rocas, siguiendo el criterio que propone la NSE-02, corresponde a un suelo de tipo I donde el coeficiente C obtiene el valor 1. En el estudio se considera un valor de 1'1 debido a la posible existencia de capas superiores menos resistentes.

La aceleración sísmica, como indica la tabla obtenida del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), presenta un valor de 0'14 m/s<sup>2</sup> para la ciudad de Alicante.

Otro de los valores influyentes que viene determinado por la localización es el coeficiente de contribución K, el cual vale 1. <sup>[9]</sup>

Fig. 23. Información Básica del Suelo  
(Fuente: Instituto Valenciano de la Edificación)

Los coeficientes de ductilidad y compartimentación dependen de la naturaleza del proyecto. En el caso del Bosco Vertical, por su estructura parcialmente basada en muros de carga y sus losas macizas de hormigón armado, se debe tener en cuenta un coeficiente de ductilidad de  $\mu = 3$ . Los espacios interiores de las plantas del edificio están compartimentadas con elementos separadores ligeros, por lo que el coeficiente será de  $\Omega = 5\%$ .

### 5.1.3. Resumen de Acciones

#### Acciones Permanentes

Forjado	7'00 kN/m <sup>2</sup>
Pavimento Madera	0'30 kN/m <sup>2</sup>
Pavimento Cerámico	0'50 kN/m <sup>2</sup>
Falso Techo	0'20 kN/m <sup>2</sup>
Tabiquería	1'00 kN/m <sup>2</sup>
Cerramiento Opaco	2'40 kN/m <sup>2</sup>
Cerramiento Acristalado	0'40 kN/m <sup>2</sup>
Cubierta	1'50 kN/m <sup>2</sup>
Maceteros	30'00 kN/m <sup>2</sup>
Instalaciones Cubierta	1'00 kN/m <sup>2</sup>

#### Acciones Variables

Sobrecarga de Uso en vivienda	2'00 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de Uso en cubierta	1'00 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de Barandillas	2'00 kN/m
Viento	-
Sobrecarga de Nieve	1'28 kN/m <sup>2</sup>
Sismo	-

## 6. MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

### 6.1. Método de los Elementos Finitos

Como se ha introducido previamente, el modelado de la estructura se va a realizar mediante el módulo de diseño de Architrave <sup>[17]</sup> aplicado a AutoCAD <sup>[16]</sup>, el cual permite crear todo tipo de estructuras en 3D.

En el caso de estructuras porticadas el diseño se basa en el dibujo de líneas a las que posteriormente se les aplica materialidad y sección. Sin embargo, en estructuras conformadas por losas, muros y otros elementos no lineales, el modelado ha de hacerse mediante el método de los elementos finitos.

El método de los elementos finitos es un método de aproximación de problemas continuos. Consiste en la división de un elemento continuo en un número finito de partes o elementos, cuyo comportamiento viene representado por los puntos de unión entre elementos adyacentes que reciben el nombre de nodos. El objetivo de este método es la transformación de un elemento de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado.

Al ser éste un método aproximado, cuanto menor sea la superficie de los elementos existirá un mayor número de nodos y por tanto puntos de control, por lo que el resultado obtenido será más ajustado a la realidad (esto supondrá un mayor número de cálculos y un mayor tiempo de procesado).

Los nodos de unión entre elementos finitos son los puntos de cálculo, por lo que es necesario hacer coincidir los nodos en aquellos puntos donde vaya a haber una transmisión de cargas (encuentro de la losa con el pilar), se vayan a recibir esfuerzos (por ejemplo, el contorno del cerramiento vertical o donde la carga repartida cambie), en los contornos (tanto exterior como de huecos interiores), etc.

### 6.2. Elección de Tipo de Losa

El Bosco Vertical presenta una estructura basada en una losa maciza postesada de 28 cm de canto. Sin embargo, debido a la complejidad del sistema y a la falta de información en cuanto a número de vainas, situación y tensión, su representación en el programa informático se hace más difícil. Por ello, se va a proceder a realizar un estudio de alternativas posibles a este sistema junto a sus ventajas e inconvenientes para escoger una solución óptima.

Como soluciones alternativas se van a proponer dos:

- Forjado tipo "Bubbledeck": Consiste en una losa de hormigón armado aligerado mediante esferas plásticas rellenas de aire y separadas por nervios de hormigón que dan rigidez a la pieza. Se trata de una solución relativamente moderna y utilizada en la actualidad.

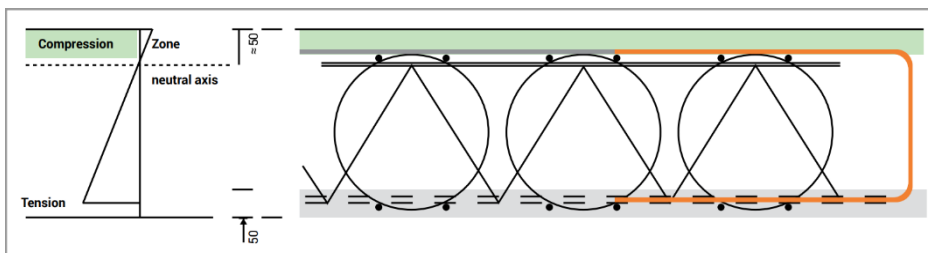


Fig. 24. Forjado tipo "Bubbledeck"

- Losa aligerada con casetones de poliestireno: Es una solución similar a la anterior donde, en lugar de tener esferas plásticas rellenas de aire, se tienen casetones en forma de cubos u ortoedros elaborados con poliestireno expandido que es un material muy ligero. Esta solución presenta la ventaja de que, para unas mismas dimensiones de capas superior e inferior, ancho de nervio y canto, el peso de esta es inferior a la losa Bubbledeck por la volumetría de sus bloques de EPS.

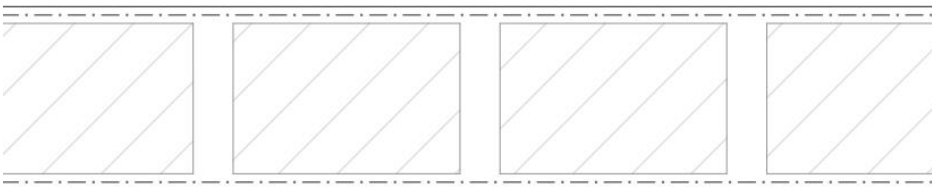


Fig. 25. Losa aligerada con casetones de poliestireno

Caso	Tipo	Canto	Capa SUP.	Capa INF.	Ancho Nervio	Canto Cálculo	Peso Cálculo	Movimiento Máx. [-4'02 cm]	Vol. Hormigón
1	Bubbledeck	40 cm	5 cm	5 cm	12 cm c 42 cm	38 cm	8'00 kN/m <sup>2</sup>	-7'65 cm	320 l/m <sup>2</sup>
2	Bubbledeck	50 cm	5 cm	5 cm	12 cm c 52 cm	47 cm	9'40 kN/m <sup>2</sup>	-4'41 cm	376 l/m <sup>2</sup>
3	Bubbledeck	50 cm	10 cm	5 cm	15 cm c 50 cm	48 cm	10'25 kN/m <sup>2</sup>	-4'34 cm	410 l/m <sup>2</sup>
4	Bubbledeck	50 cm	10 cm	10 cm	15 cm c 45 cm	49 cm	10'75 kN/m <sup>2</sup>	-4'24 cm	430 l/m <sup>2</sup>
5	Bubbledeck	55 cm	5 cm	5 cm	12 cm c 57 cm	51 cm	10'08 kN/m <sup>2</sup>	-3'57 cm	403 l/m <sup>2</sup>
6	Losa Aligerada	50 cm	10 cm	10 cm	12 cm c 80 cm	46 cm	7,08 kN/m <sup>2</sup>	-4'25 cm	283 l/m <sup>2</sup>
7	Losa Aligerada	55 cm	5 cm	5 cm	12 cm c 80 cm	44 cm	5'62 kN/m <sup>2</sup>	-4'06 cm	225 l/m <sup>2</sup>

Fig. 26. Tabla Excel: Estudio comparativo de forjados.

Como podemos ver en el estudio comparativo de tipos de forjado, se ha procedido con un dimensionado ajustando parámetros geométricos de la losa para el cumplimiento de flecha máxima proporcionada por los Estados Límite de Servicio (ELS). El estudio de predimensionado se ha realizado en el forjado de planta primera y posteriormente se ha comprobado que es válido para las 6 tipologías de forjado.

El procedimiento se ha llevado a cabo disponiendo controladores de movimiento en los dos puntos más desfavorables de la planta, que corresponden a los vértices exteriores de las dos terrazas situadas en las esquinas noroeste y sureste.

En el caso de las losas tipo "Bubbledeck" se observa que es necesario un canto de 55 cm para cumplir con la flecha máxima admisible. Esta sería la solución óptima para este tipo de losas. Sin embargo, a la hora de hacer el estudio con las losas de tipo aligerada con casetones de poliestireno, se aprecia que con el mismo canto de 55 cm, tanto el peso de cálculo como el volumen de hormigón mejoran. Si bien es verdad que la losa aligerada presenta un menor canto de cálculo, este se compensa con su mayor ligereza, producto del empleo de un menor volumen de hormigón.

El caso de estudio nº 7 se puede considerar que cumple con la flecha máxima admisible (ésta apenas lo supera en 0'4 mm) y, en cuanto a sostenibilidad, es una solución menos perjudicial para el medio ambiente (reduce la cantidad de hormigón empleado en un 45% frente a la solución del caso nº 5), por tanto se puede considerar que la solución óptima es la nº 7 que corresponde a una losa aligerada con casetones de poliestireno de 55 cm de canto, que cuenta con una capa superior e inferior de hormigón 5 cm, nervios de 12 cm cada 80 cm, y supone un volumen de hormigón de 225 l/m<sup>2</sup>.

Una vez se tiene el predimensionado de la losa habrá que tener en cuenta el tipo de condiciones ambientales a las que está expuesta la estructura, ya que se deberá comprobar que las capas superior e inferior son de suficiente dimensión para cumplir con el recubrimiento mínimo de las armaduras. No obstante, se hablará de esto más adelante cuando ya se hayan establecido los diámetros de las armaduras.

### **6.3. Predimensionado de los Pilares**

Para el modelado de los pilares se van a tomar las medidas reales del proyecto. En la bibliografía utilizada para este trabajo existen documentos que hablan de la estructura, incluyendo información de las dimensiones "aproximadas" de los pilares. Si bien no todos los pilares cumplen con estas medidas, se van a tomar como correctas para las secciones de mayor dimensión que tendrán que soportar grandes axiles. Éstas son las secciones de los pilares situados en las plantas inferiores del edificio. Dado que los esfuerzos axiles se van reduciendo en función de la altura del edificio, se propone una reducción de la dimensión de los pilares siguiendo la siguiente hipótesis:

Cubierta	}	90x80 cm
P25 (Tipo 1)		
P24 (Tipo 6)		
P23 (Tipo 5)		
P22 (Tipo 4)		
P21 (Tipo 3)		
P20 (Tipo 2)	}	100x80 cm
P19 (Tipo 1)		
P18 (Tipo 6)		
P17 (Tipo 5)		
P16 (Tipo 4)		
P15 (Tipo 3)		
P14 (Tipo 2)	}	110x80 cm
P13 (Tipo 1)		
P12 (Tipo 6)		
P11 (Tipo 5)		
P10 (Tipo 4)		
P09 (Tipo 3)		
P08 (Tipo 2)	}	120x80 cm
P07 (Tipo 1)		
P06 (Tipo 6)		
P05 (Tipo 5)		
P04 (Tipo 4)		
P03 (Tipo 3)		
P02 (Tipo 2)		
P01 (Tipo 1)		
P0 (P. Baja)		

La reducción de la sección de los pilares en función de la altura se realiza manteniendo la dimensión del lado menor de 80 cm. Se aprovecha la repetición de las tipologías en bloques de 6 plantas para realizar la reducción de la sección.

En las plantas de la 0 a la 6, se dispondrá la sección de mayores dimensiones, ya que es en éstas donde se concentran los mayores esfuerzos de axil que transmiten las 20 plantas superiores. Esta sección es de 120x80 cm.

Desde la 7 hasta la 12 se predimensionará con las medidas de 110x80 cm, donde aún habrá altos valores de axil, pero menores que en las inferiores.

De las plantas 13 a la 18 la sección será de 100x80 cm y, por último, de la 19 a la planta cubierta (26) la sección será de 90x80 cm. Estas últimas plantas soportan menos carga de axil, por lo que la sección de hormigón que trabaja a compresión puede ser menor que en plantas inferiores. Sin embargo, habrá que comprobar que soportan el cortante producido tanto por sismo como por el viento, que es más acentuado en plantas superiores.

Estas secciones de pilares serán las que se dispongan en el modelo de la estructura, pero no por ello serán las definitivas, ya que se trata de un predimensionado.

Fig. 27. Predimensionado de pilares

#### 6.4. Predimensionado de los Muros

Para el dimensionamiento de los muros de carga de este edificio se tomará la información recopilada sobre el proyecto.

Los muros estructurales se sitúan cerca de la fachada norte creando el núcleo de comunicaciones verticales que cuenta con dos escaleras, dos ascensores, un montacargas y los pasos de instalaciones. Estos muros presentan distintos espesores.

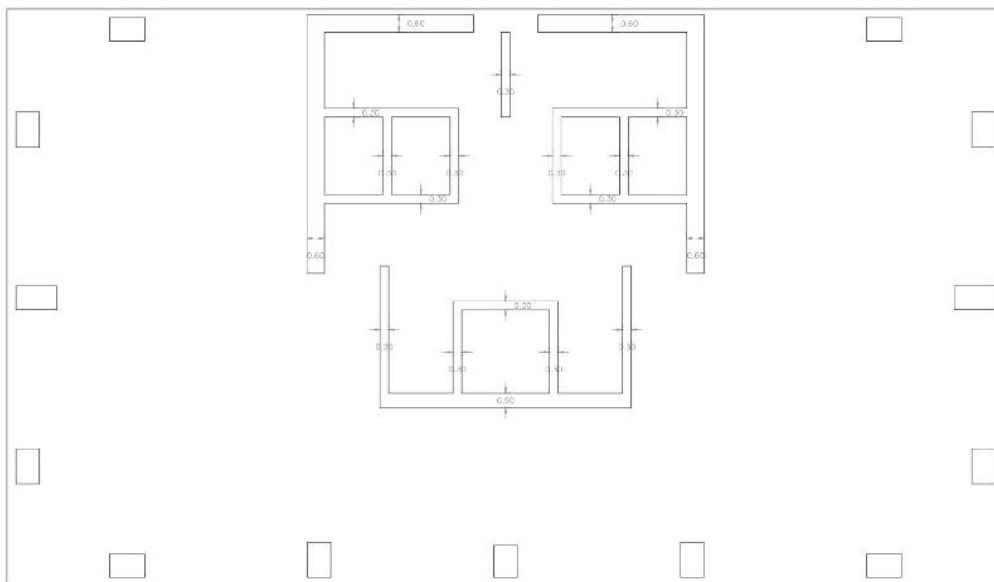


Fig. 28. Esquema espesores de muros estructurales

Los muros de mayor espesor presentan un ancho de 60 cm y son los que conforman el contorno de las cajas de escalera y los ascensores.

El muro situado más al sur de la planta presenta un espesor de 50 cm y sirve de contorno inferior para el hueco del montacargas.

El resto de los muros tienen un espesor de 30 cm debido a que son particiones de menor dimensión, pero dan rigidez al conjunto del núcleo de comunicaciones verticales.

## 6.5. Ábacos

Las acciones existentes en cada planta provocan sobre la losa dos tipos de solicitaciones principales: momento y cortante. El flector positivo alcanza su máximo valor en algún punto cercano al centro de vano y es absorbido por la acción conjunta de los nervios y de las capas de hormigón armado ubicadas por encima y por debajo de los bloques de poliestireno, trabajando a flexión. En esas zonas el cortante tiene una magnitud muy pequeña (es nulo en el punto de momento flector máximo). Por otra parte, el cortante alcanza sus valores máximos en las proximidades de los elementos estructurales verticales y la manera de absorber estos esfuerzos es a través de zonas macizadas alrededor del encuentro de los pilares y los muros con la losa.

Los ábacos planteados en el modelo oscilan entre los 22 y los 50 cm de espesor de orla alrededor de estos elementos, correspondiendo estos últimos a los de los pilares, y presentan la disposición mostrada en la Fig. 29.

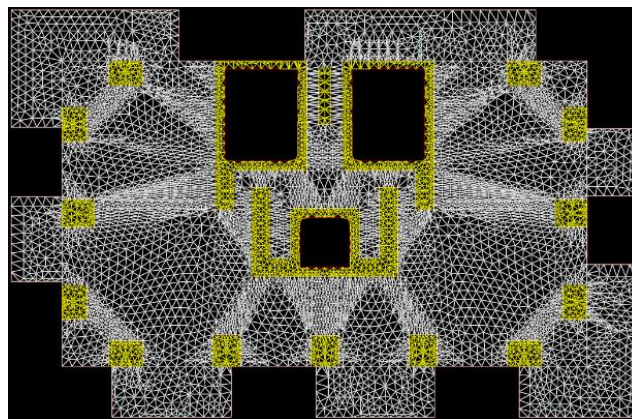


Fig. 29. Disposición de ábacos en planta

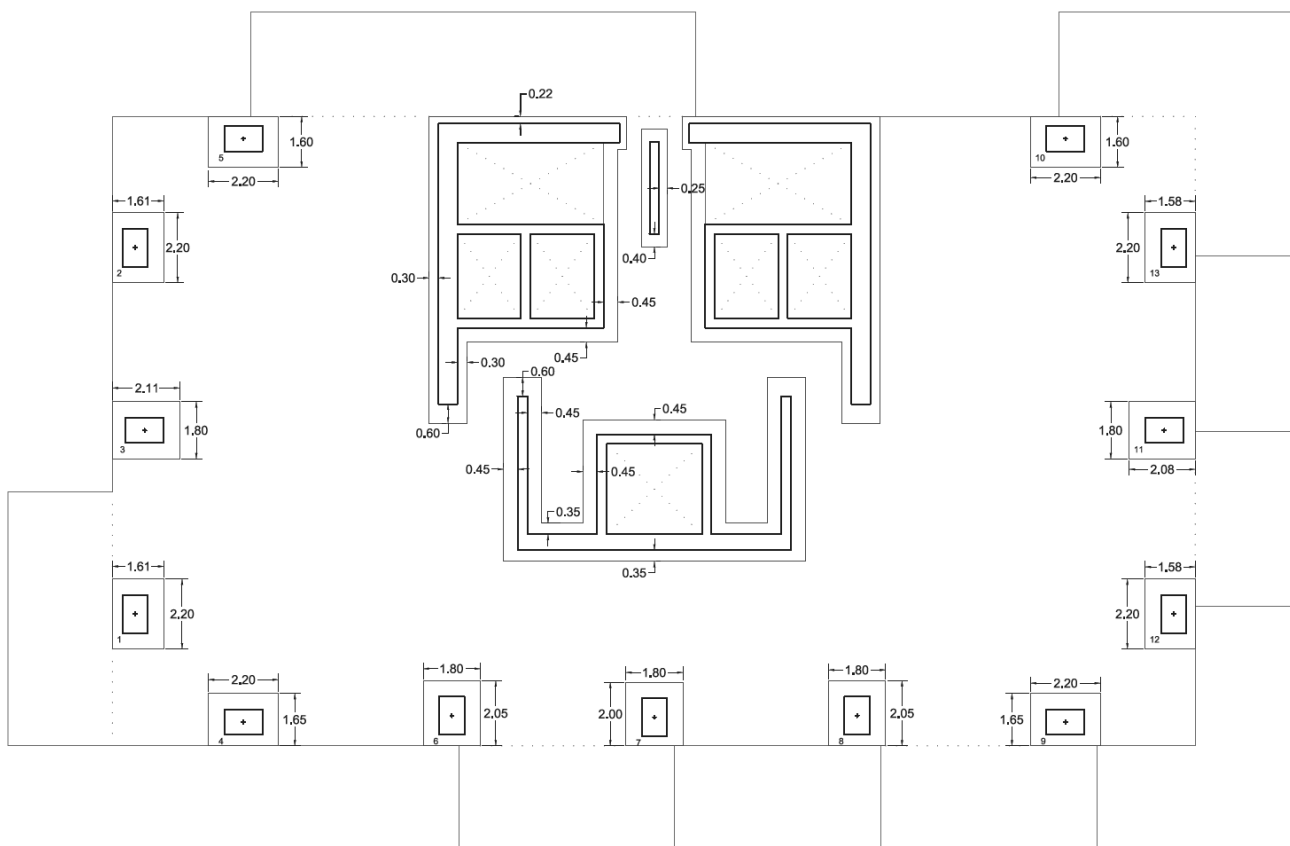


Fig. 30. Esquema dimensiones de ábacos



## 6.6. Modelos

Dado que las acciones gravitatorias entre plantas de la misma tipología presentan los mismos valores y que acciones como el viento, sismo o los axiles acumulados de las plantas superiores son absorbidos y transmitidos por los elementos estructurales verticales, se decide dimensionar las distintas tipologías de forjados con modelos simplificados. Estos modelos corresponden a cada una de las seis tipologías de planta y son calculados por separado, comprobando los puntos de máximo desplazamiento vertical en función de los ELS.

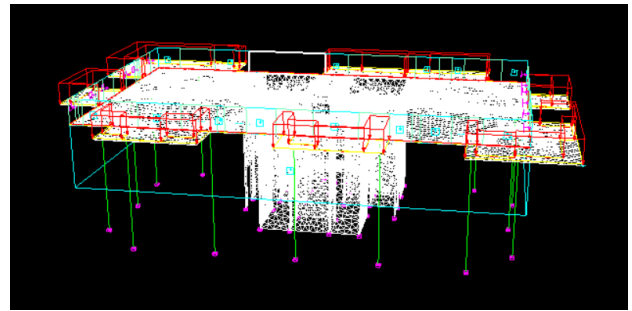


Fig. 31. Modelo de planta primera. Architrave

Por otra parte, para el cálculo de pilares y muros es necesario modelizar el conjunto del edificio ya que las secciones van variando, los esfuerzos axiles son más elevados en las plantas inferiores y tanto el viento como el sismo no son iguales en todas las plantas. En esta parte del modelado y cálculo ya no será necesario disponer los puntos de control que regulen la flecha, ya que las losas ya estarán correctamente dimensionadas.

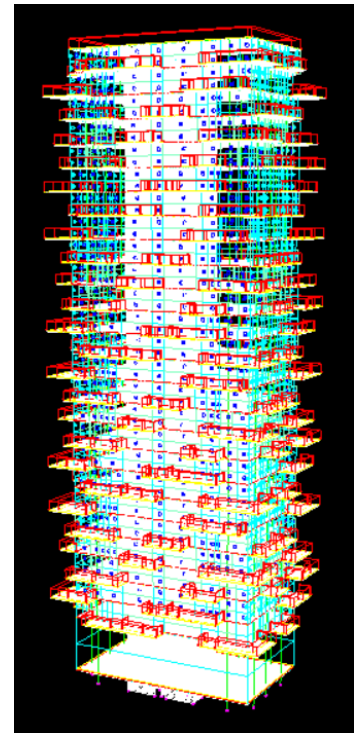


Fig. 32. Modelo de Torre E. Architrave

## 7. CÁLCULO DE LOSAS DE FORJADO

Previo al cálculo del armado de las losas, se ha decidido que el material empleado para estos elementos será un HA-30 y que las armaduras empleadas serán de acero B-500.

Tomando el Código Estructural como referencia, el entorno del edificio se puede clasificar como XC1, según la clase de exposición ambiental. Esto afecta al recubrimiento necesario de las armaduras, que como mínimo deberá ser de 30 mm.

Fig. 33. Tabla 27.1.a del Código Estructural  
Clases de exposición relativas al hormigón estructural

2. Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanentemente húmedo.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad del aire baja. (HR<65%) Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergido en agua no agresiva.
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterrados en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).
XC3	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad media o alta. (HR>65%) Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, protegidos de la lluvia.
XC4	Sequedad y humedad cíclicas.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia)

Tras un primer dimensionado del forjado de la planta primera se ha obtenido una armadura base superior de  $\varnothing 16$  con refuerzos de hasta  $\varnothing 25$  y una armadura base inferior de  $\varnothing 12$ . Dado que el recubrimiento mínimo es de 30 mm se considera que el espesor de la capa superior de la losa de 5 cm es insuficiente para garantizar una buena transmisión de los esfuerzos. Por ello se propone una nueva geometría de la losa que es la siguiente:

Caso	Tipo	Canto	Capa SUP.	Capa INF.	Ancho Nervio	Canto Cálculo	Peso Cálculo	Movimiento Máx. [-4'02 cm]	Vol. Hormigón
8	Losa Aligerada	55 cm	7 cm	5 cm	12 cm c 80 cm	46 cm	7'15 kN/m <sup>2</sup>	-3'99 cm	286 l/m <sup>2</sup>

Fig. 34. Tabla Excel: Estudio comparativo de forjados.

La nueva losa propuesta supone un mayor volumen de hormigón empleado y por tanto un mayor peso, pero mejora la rigidez de la pieza aumentando el canto de cálculo y reduciendo el movimiento máximo vertical, que ahora sí que cumple con el valor límite.

### 7.1. Método de Cálculo

Como se ha expuesto previamente, el modelado de la estructura se va realizar mediante el módulo de diseño de Architrave aplicado a AutoCAD, el cual permite crear todo tipo de estructuras en 3D. Una vez modelada la estructura se procede al programa de cálculo de Architrave, desde donde se ha de calcular la estructura, dimensionar soportes y vigas y exportar los planos.

A diferencia del dimensionamiento de vigas, zunchos, pilares u otros, el correspondiente a las losas se realiza desde el módulo de diseño de AutoCAD, por ello se debe abrir el archivo .dxf generado con el nombre de planta.

El proceso a seguir consta de los siguientes pasos:

- Bases de cálculo: En un primer paso se debe determinar el tipo de hormigón (HA-30), el tipo de acero (B500), el canto de la losa (550 mm), el recubrimiento nominal (30 mm) y asignar estas propiedades al contorno de la losa disponiendo los huecos correspondientes.
- Malla base: Una vez determinados los parámetros de materialidad y geometría, se procede a dimensionar un armado como malla base. El archivo extraído del módulo de cálculo presenta la forma de la Fig. 35, donde está el contorno de la losa con una serie de líneas que corresponden a los valores del momento de flexión tanto en el eje X como en el Y. Estos momentos son los que hay que absorber con la armadura. El objetivo de la malla base es la disposición de una armadura a lo largo de toda la losa que absorba la mayor parte de los esfuerzos, quedando las zonas donde los momentos de flexión sean extremos.
- Malla de refuerzo: Los momentos en los pilares próximos a voladizos solicitados presentan unos valores significativos. Armar toda la losa en función de estos puntos sería un desperdicio de acero, por lo que en estas zonas se colocan las armaduras de refuerzo, que son conjuntos de barras dispuestos en estas zonas determinadas con el fin de absorber los esfuerzos que no es capaz la armadura base.

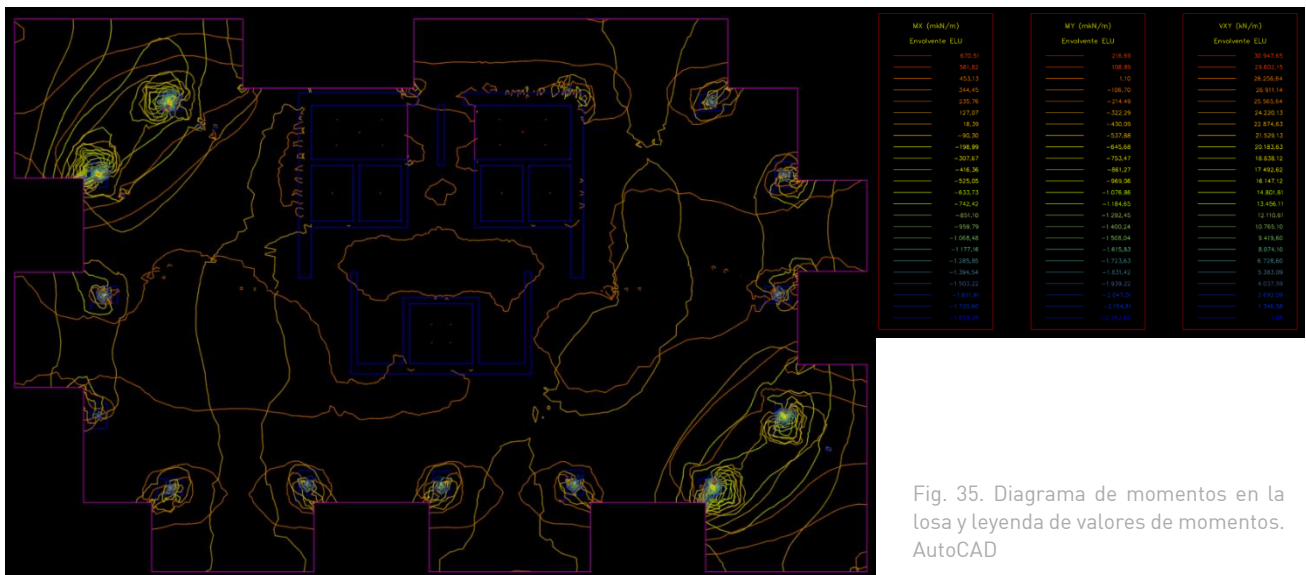


Fig. 35. Diagrama de momentos en la losa y leyenda de valores de momentos. AutoCAD

Como se observa, la losa presenta curvas de diferentes colores que corresponden a distintos valores de momento de flexión actuante sobre la losa. El objetivo del proceso es absorber estos esfuerzos mediante la armadura base y las armaduras de refuerzo.

El resultado de este proceso es la obtención de los planos de armado que indicarán la cantidad, el tipo y la disposición de las barras de acero que sean necesarias.

Como se ha comentado anteriormente, la torre E presenta tipologías de planta repetidas por bloques de seis. Debido a que los esfuerzos horizontales son absorbidos por los elementos estructurales verticales, el armado de las losas de misma tipología será el mismo independientemente de su altura. En este trabajo se han dimensionado los diversos tipos de losa que se pueden encontrar en el edificio: losa de planta baja, las seis tipologías de losas con voladizos y la losa de cubierta.

Los planos de armado de las diferentes losas se encuentran adjuntos en el Anexo II, con la información del replanteo, armadura base y armaduras de refuerzo.

La disposición de pilares y muros, junto con los voladizos que aparecen en las distintas plantas provoca que la losa trabaje principalmente sometida a momentos flectores negativos. Como se puede observar en los resultados obtenidos del armado, esta forma de trabajo hace que la cuantía de la malla base inferior sea muy pequeña, por tanto, no es necesaria una capa inferior de hormigón mayor a los 5 cm dispuestos.

## 7.2. Ensayo Alternativo

Con el fin de comparar resultados y proponer posibles mejoras en la estructura calculada, se va a estudiar una alternativa estructural.

Dado que la dimensión de la losa viene condicionada por los voladizos más desfavorables y los esfuerzos que aparecen en el resto de ella son bastante más pequeños, se va a proponer la incorporación de cuatro vigas (dos por voladizo) que apoyadas en dos pilares tendrán el objetivo de sustentar parte del voladizo, disminuyendo así los esfuerzos a los que se ve sometida la losa en estos puntos tal y como se puede observar en la Fig. 36. Las vigas propuestas para esta alternativa dispondrán de un canto de 55 cm al igual que la losa y un ancho de 80 cm que es el espesor del último pilar en el que son apoyadas.

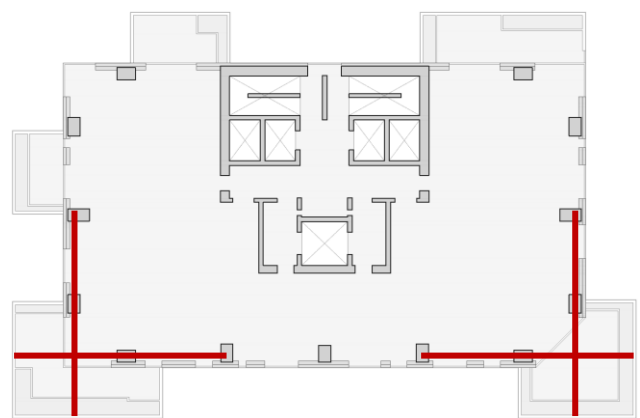


Fig. 36a. Esquema localización de las vigas de refuerzo

Una vez incorporado al modelo y obtenida la nueva estructura se compararán los puntos de control de deformación dispuestos en ambos voladizos con el valor obtenido en la anterior estructura que es de 3'99 cm en el punto más desfavorable.

Tras procesar el cálculo en el programa Architrave se observa que es necesario redimensionar los tramos en voladizo de las cuatro vigas debido a fallos tanto en ELU como en ELS, siendo necesarios cantos en torno a los 80 cm. Una vez redimensionados los tramos indicados obtiene que el punto de deformación más desfavorable es de 3'44 cm.

Con estos resultados se puede observar una reducción de la flecha máxima en el punto más desfavorable de 0'55 cm. Las vigas dispuestas presentan una sección considerable y, junto a la gran dimensión del voladizo y las cargas que en él aparecen, se ven sometidas a grandes esfuerzos no compensables con el canto inicial de 55 cm. Si bien podrían suponer una disminución en las solicitaciones existentes en la losa reduciendo la cuantía necesaria de armadura en ella, no se considera que esta solución sea la óptima debido al aumento de hormigón, aumento de la cantidad de acero correspondiente al armado de las propias vigas y las limitaciones proyectuales que podría suponer el canto dispuesto.

Sin embargo, esta alternativa podría ser estudiada más a fondo combinándola con una posible reducción de los ábacos de los pilares en los que apoyan las vigas y del espesor de la propia losa la cual se ha visto favorecida por la colaboración de las vigas a la hora de absorber los esfuerzos de los voladizos.

En un segundo ensayo se ha estudiado la disposición indicada en la Fig. 36.2, donde aparecen tres vigas paralelas en la dirección del voladizo apoyadas cada una en un punto intermedio.

En esta configuración se ha decidido reducir el canto de la losa a 40 cm, disminuyendo así el peso propio de ésta, cuyo valor representa más del 80% de la flecha total. La consecuente pérdida de rigidez se ve compensada por las nuevas vigas cuyas dimensiones son de 100x40 cm.

Con el fin de compensar el giro existente en las vigas debido al voladizo, se ha decidido macizar la zona marcada en azul para generar movimientos ascendentes en los extremos disminuyendo la flecha final.

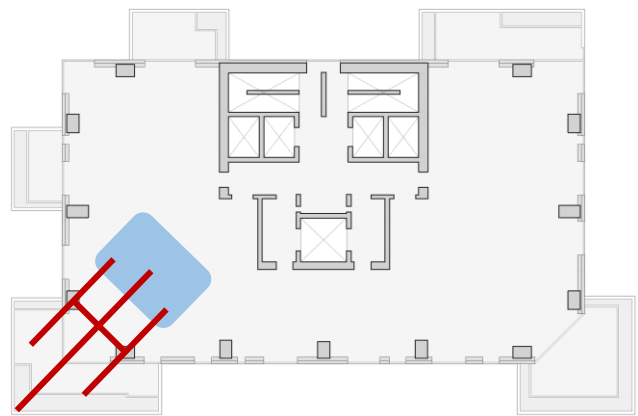


Fig. 36b. Esquema localización de las vigas de refuerzo

Esta nueva solución presenta un buen comportamiento frente a los esfuerzos aplicados y solventa los problemas de resistencia con tan sólo 40 cm de canto. En cuanto a la deformación sobrepasa los límites según la normativa, pero esta diferencia es de unos pocos milímetros, por lo que se considera que este sistema podría ser refinado llegando a cumplir con los valores límites.

Con todo esto se puede afirmar que esta segunda alternativa es una solución que, pudiendo cumplir con los límites estructurales marcados por la normativa empleada con un mayor desarrollo, supone una mejora en distintos aspectos. Reduce los esfuerzos aplicados sobre la losa gracias al nuevo canto de 40 cm, que pasa a tener un valor de peso propio de 4'6 kN/m<sup>2</sup>. Esta reducción del canto también supone el uso de un menor volumen de hormigón, consumiendo alrededor de 180 l/m<sup>2</sup>, una mejora significativa frente a los resultados obtenidos con otras soluciones estructurales.

## 8. CÁLCULO DE PILARES

En el cálculo de pilares se debe trabajar con el modelo completo del edificio, donde se incluyen los esfuerzos tanto de viento en dos direcciones como de sismo. Este primero se aplica desde el módulo de diseño de Architrave mediante la herramienta "viento en fachadas", la cual dispone las acciones del viento en las distintas áreas de reparto existentes siguiendo las funciones obtenidas previamente en la estimación de acciones del viento.

Por otra parte, para incluir las acciones del sismo en el cálculo de la estructura se debe realizar un cálculo espectral además del estático, que corresponde al resto de hipótesis. En el módulo de cálculo de Architrave se debe crear un espectro de respuesta según la NCSE-02, donde se introducirán los datos obtenidos previamente en la estimación de las acciones de sismo.

Una vez introducidos los datos, se debe incluir este espectro de respuesta en las hipótesis de cálculo y ejecutar un proceso de cálculo modal y espectral, obteniendo los resultados de los pilares.

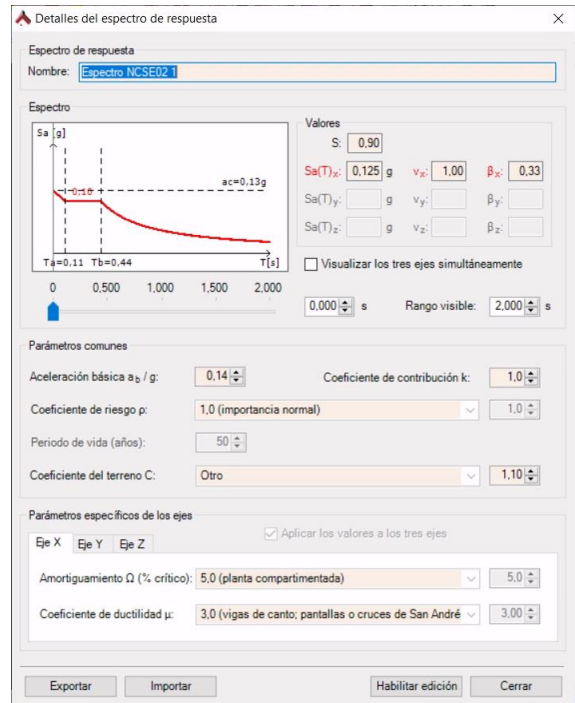


Fig. 37. Herramienta espectros de respuesta en módulo de cálculo Architrave

### 8.1. Método de Cálculo

Una vez se han establecido correctamente las hipótesis de cálculo y se ha procedido al propio cálculo de la estructura, el programa Architrave dimensiona las armaduras de los pilares dispuestos y crea una lista con los pilares que no cumplen frente a los esfuerzos actuantes.

En este caso el programa ha determinado que algunos de los pilares de las plantas inferiores no cumplen a resistencia ni a pandeo, por lo que se debe aumentar su sección.

Dado que se requiere de más sección para poder armar los pilares que fallan a resistencia y pandeo, se decide establecer una sección de 120x90 cm en estos, procediendo a rearmar y comprobando que cumplen frente a la normativa.

Los resultados de los armados de los pilares del edificio se incluyen en el Anexo III del trabajo.

## 9. CÁLCULO DE MUROS

Para el cálculo del armado en muros se debe trabajar, al igual que en el caso de los pilares, con el modelo completo del edificio y todas sus hipótesis de cálculo. El proceso para obtener los diagramas cambia respecto al apartado anterior, ya que se debe trabajar sobre el mismo programa de Architrave con el apartado de análisis.

Para la visualización de las solicitaciones el programa ofrece una serie de opciones. En el caso del armado de los muros se debe trabajar con la envolvente de los ELU y se deben visualizar las solicitaciones de los elementos finitos correspondientes a las tensiones de la membrana (S) y las solicitaciones para dimensionado (M) en los ejes X e Y.

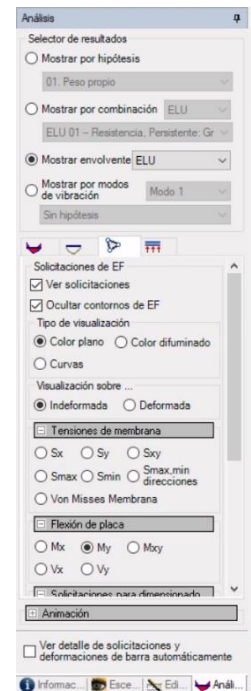


Fig. 38. Visualización de solicitaciones sobre elementos finitos. Architrave

### 9.1. Método de Cálculo

Una vez obtenidos los diagramas de esfuerzos actuantes sobre los muros a calcular, se procederá a determinar la armadura a colocar en función de los valores obtenidos. Para este proceso se emplearán una serie de tablas y gráficos presentes en el Anexo E del Manual de usuario de Architrave. Estos gráficos varían en función del espesor del muro a armar y el tipo de acero que se vaya a disponer. En este caso el acero con el que se va a trabajar es un acero B-500s y el espesor varía según su posición. Para los muros de 60 cm se tomará como referencia el gráfico correspondiente al espesor de 50 cm que es el más alto proporcionado por el manual empleado.

Para la obtención de la armadura vertical se tendrá en cuenta la solicitación para dimensionado ( $M_y$ ) y la tensión de membrana en la dirección Y ( $S_y$ ). Con estos valores se determinará la curva superior más próxima de la gráfica que indicará la armadura por cara por metro de muro.

El mismo proceso servirá para el armado horizontal que vendrá determinado por las solicitaciones para dimensionado ( $M_x$ ) y la tensión de membrana en la dirección X ( $S_x$ ).

Para la elaboración ordenada de los armados de los muros se procede a numerarlos conforme indica la imagen inferior:

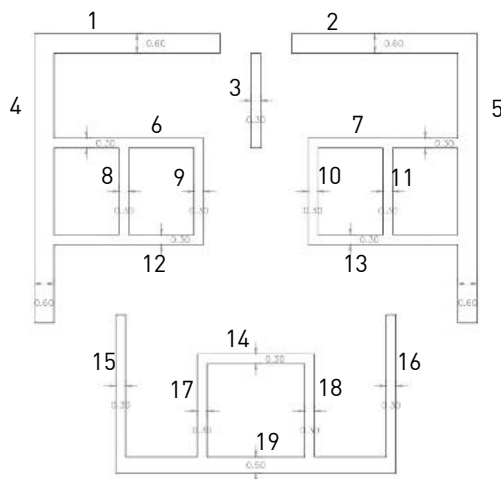


Fig. 39. Enumeración de muros



Como se ha dicho anteriormente el anexo E del manual de usuario de Architrave proporciona una serie de gráficos para el dimensionado de la armadura de los muros. En este caso se van a utilizar dos gráficos: el correspondiente al espesor de 50 cm para los muros de 60 y 50 cm, y el correspondiente al espesor de 30 cm para los de esta dimensión. Ambos gráficos deberán corresponder al tipo de materiales escogidos en el proyecto, que en este caso son hormigón armado HA-30 y barras de acero B-500s. [10]

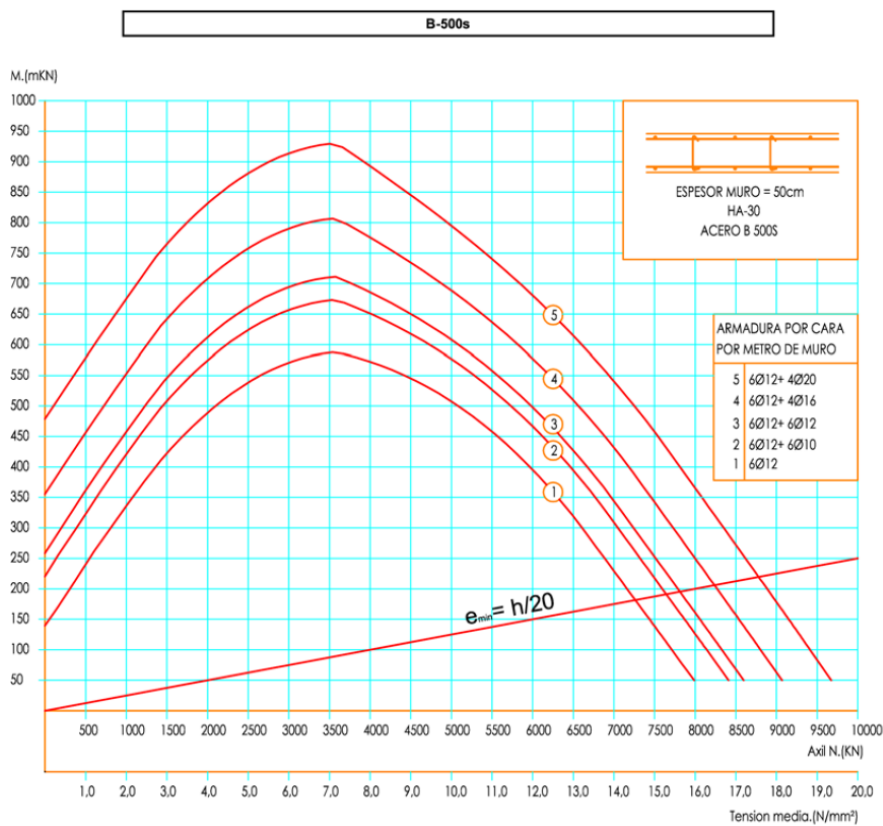


Fig. 40. Gráfico para armado de muros [50 cm]

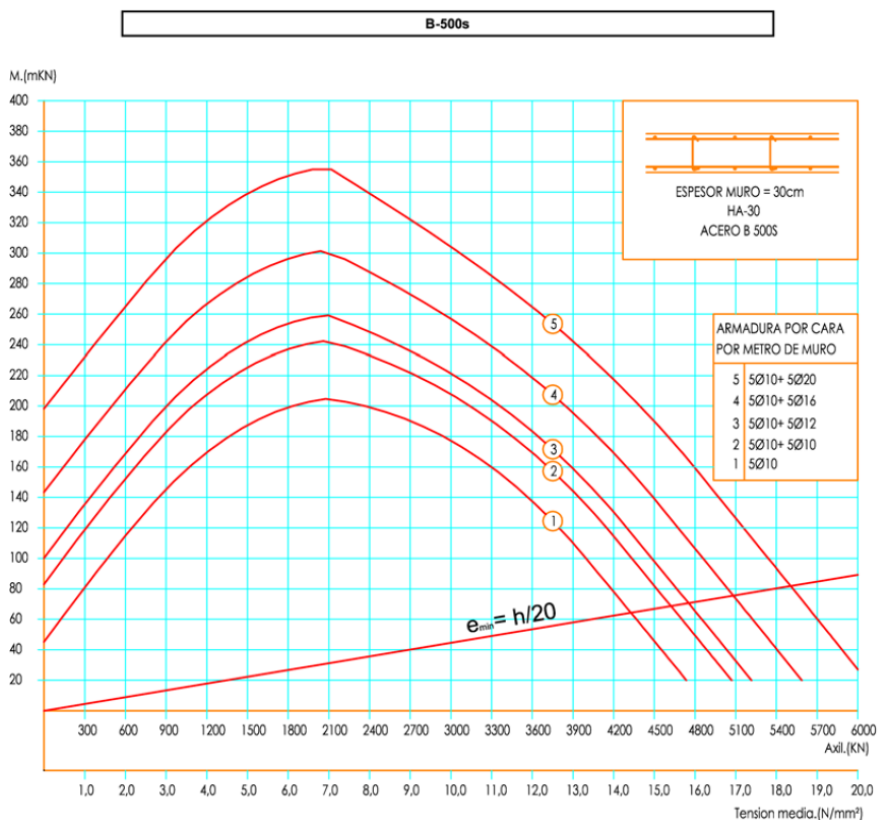


Fig. 41. Gráfico para armado de muros [30 cm]

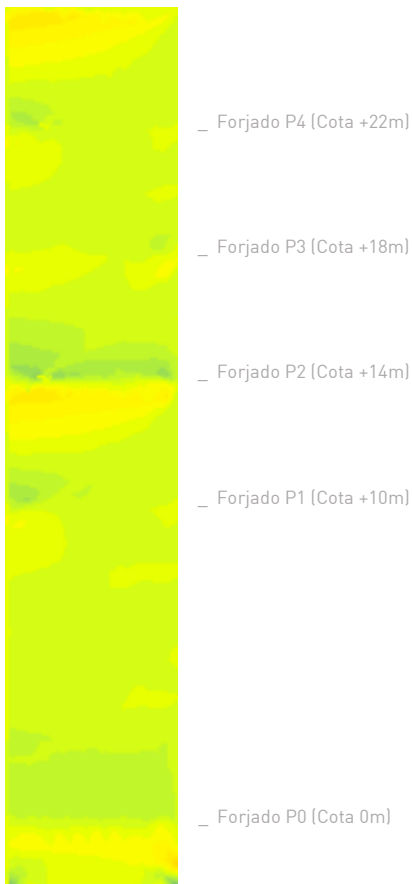


Fig. 42. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado My. Architrave

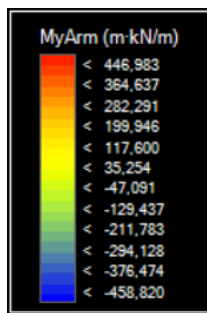


Fig. 43. Leyenda. Solicitaciones de dimensionado My.



Fig. 44. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Sy. Architrave

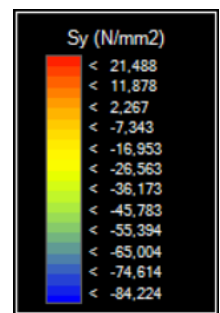


Fig. 45. Leyenda. Tensiones de membrana Sy.

El muro 1 presenta un espesor de 60 cm, por lo que se recurrirá al gráfico correspondiente a 50 cm.

El armado no tiene por qué ser continuo, por lo que se dividirá en plantas ajustándose en cada cota a las solicitaciones actuantes. Para determinar el armado vertical se debe atender a los valores más críticos del muro según las leyendas de color.

A partir de estos valores se determinará la armadura con ayuda del correspondiente gráfico para armado de muros de la forma indicada en la imagen de la derecha. Dado que la curva inmediatamente superior es la 5, el armado vertical que corresponde será de 6Ø12 + 4Ø20 por metro de cada cara del muro.

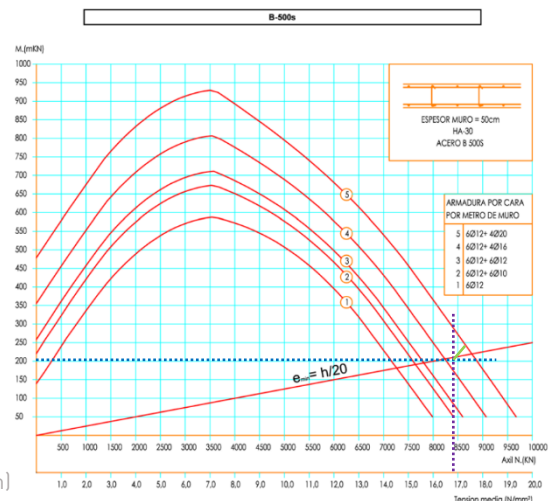


Fig. 46. Ejemplo obtención de la armadura del muro 1 (Nivel 0-2 m)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P4	22 - 26	199'94	11'87			6Ø12	
P3	18 - 22	129'43	11'87			6Ø12	
P2	14 - 18	211'78	11'87			6Ø12	
P1	10 - 14	199'94	11'87			6Ø12	
P0	5 - 10	129'43	11'87			6Ø12	
P0	0 - 5	129'43	11'87			6Ø12	
P -1	-2 - 0	199'94	16'95			6Ø12 + 4Ø20	

Fig. 47. Tabla parcial de solicitaciones y armados por cara por metro de muro. Muro 1



Fig. 48. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Mx. Architrave

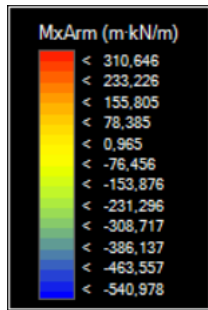


Fig. 49. Leyenda. Solicitaciones de dimensionado Mx.

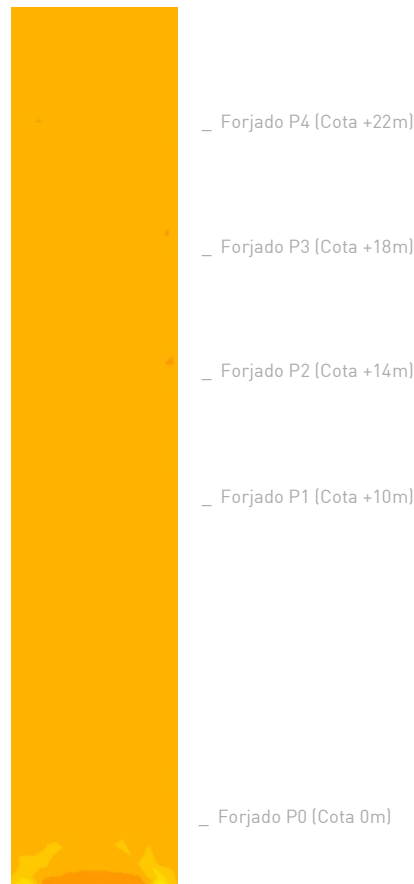


Fig. 50. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Sx. Architrave

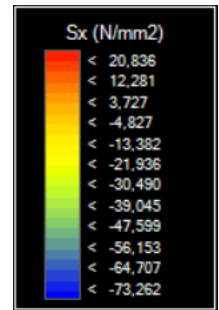


Fig. 51. Leyenda. Tensiones de membrana Sx.

Como en el caso de las armaduras verticales, en las armaduras horizontales también se separará el edificio por plantas para una mejor optimización del material. Para determinar el armado horizontal se emplea el mismo método que en el caso anterior.

En algunos diagramas aparecen en los límites del muro pequeños puntos más intensos que la mayor parte. Estos valores no se tienen en cuenta ya que sólo aparecen en una pequeña zona en los límites del muro debido a la concentración de tensiones derivadas del final de este.

Dado que la curva inmediatamente superior es la 1, el armado horizontal que corresponde será de 6Ø12 por metro de cada cara del muro.

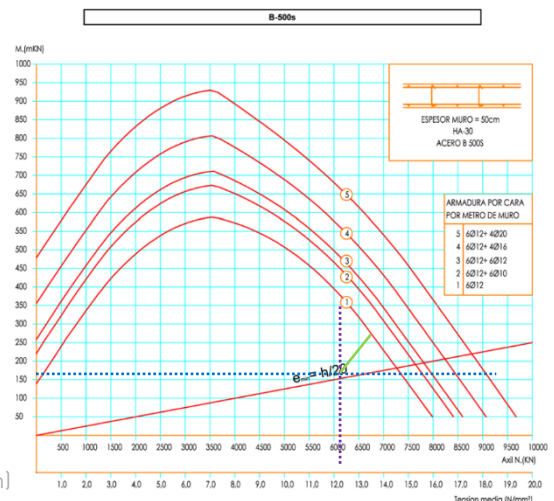


Fig. 52. Ejemplo obtención de la armadura del muro 1 (Nivel 0-2 m)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm²)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm²)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P4	22 - 26	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	199'94	16'95	155'80	12'28	6Ø12 + 4Ø20	6Ø12

Fig. 53. Tabla parcial de solicitaciones y armados por cara por metro de muro. Muro 1

Este método aplicado a los primeros niveles del muro 1 se debe llevar a cabo en todas las alturas del edificio en todos los muros. Las tablas con las solicitaciones y los resultados de las armaduras necesarias por cara por metro de muro se adjuntan en el Anexo IV de este trabajo.

## 10. CÁLCULO DE CIMENTACIÓN

### 10.1. Modelo y Predimensionado

Al igual que en el caso de los pilares y muros, para el dimensionamiento y cálculo de la cimentación se debe trabajar con el modelo completo de la estructura incluyendo las acciones horizontales de viento y sismo.

Para el modelado se debe utilizar la herramienta existente en el módulo de Architrave diseño, que te permite la inserción de apoyos espaciales. Esta herramienta permite la selección del tipo de apoyo (zapata aislada centrada, zapata aislada de medianería, zapata aislada de esquina, zapata corrida, ...) y el predimensionado de sus lados y canto.

En este caso el predimensionado se ha hecho determinando la relación entre los lados de la zapata y fijando el canto mínimo en 60 cm.

Se ha decidido emplear zapatas aisladas centradas como apoyo en la base de los pilares, ya que se entiende que el edificio está diseñado para situarse en un solar según la tipología de bloque aislado, donde no existen medianeras que condicionen los límites de ocupación de este. Por otra parte, como apoyo en la base de los muros se han dispuesto zapatas corridas.

Según indica la NCSE-02, los elementos de la cimentación deben ser enlazados al menos en dos direcciones con los elementos contiguos mediante vigas de hormigón armado o, en el caso de que  $a_c$  sea menor a  $0'16g$ , se podrá considerar como elemento de atado la solera si esta está al nivel de las zapatas o apoyada en su cara superior, es continua alrededor del pilar en todas as direcciones, tiene un espesor no menor de 15 cm ni de  $1/50$  de la luz entre pilares y es capaz de resistir el esfuerzo de tracción y compresión igual a la carga sísmica horizontal transmitida en cada apoyo.

Para ello se han dispuesto una serie de vigas en el perímetro de la cimentación que unen las zapatas aisladas de las bases de los pilares.

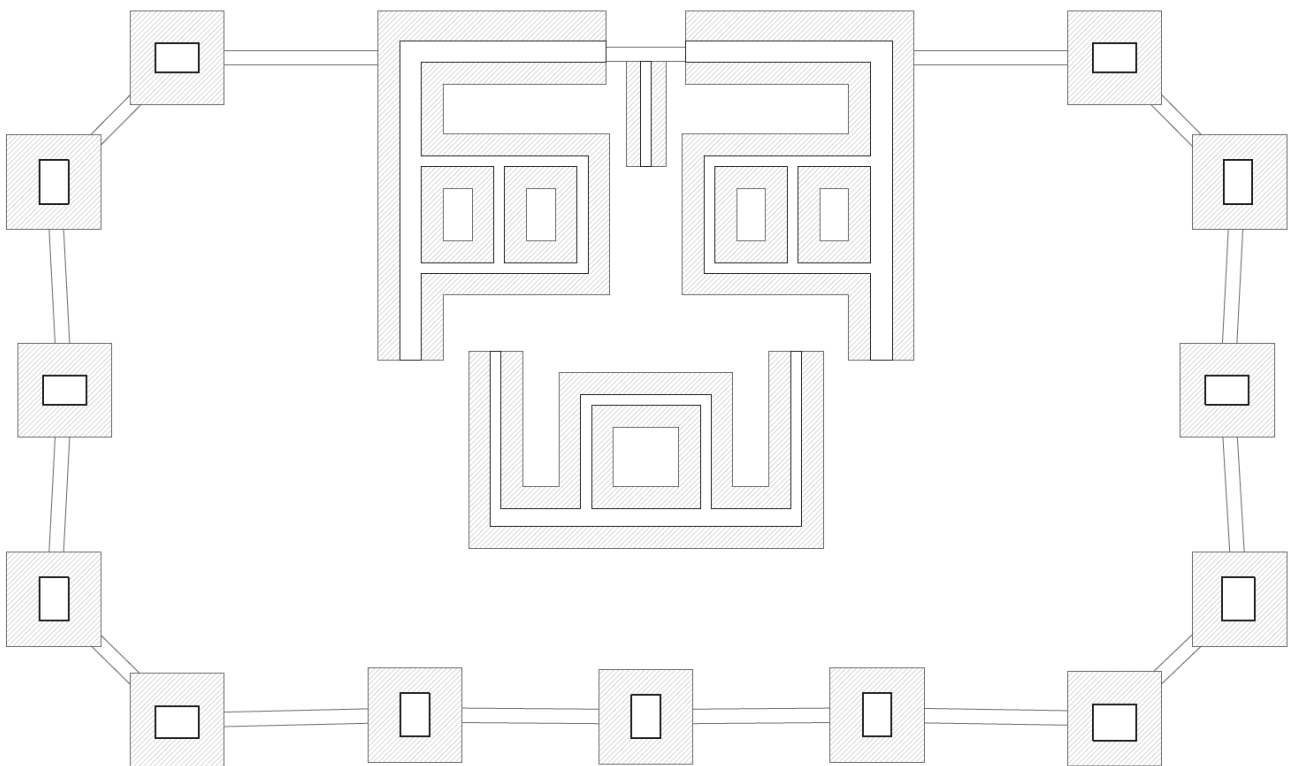


Fig. 54. Plano esquema de la cimentación

## 10.2. Cálculo de la Cimentación

Antes de realizar el cálculo y dimensionado de estos elementos, se deberán determinar una serie de parámetros en el módulo de cálculo de Architrave. Estos parámetros son: el tipo de suelo, la tensión admisible, el peso específico y el coeficiente de balasto  $k_{30}$ .

Estos valores se determinan a partir de las características del terreno ya obtenidas en el apartado de evaluación de acciones sísmicas. En el apartado de tipo de suelo, Architrave muestra dos opciones: granular o cohesivo. Aunque nuestro suelo es de tipo rocoso, dispondremos uno de tipo granular ya que se asemeja más que el cohesivo. La tensión admisible del terreno es un dato obtenido en el apartado de sismo y su valor es  $2.000 \text{ kN/m}^2$ . El peso específico de la roca caliza es de aproximadamente  $27 \text{ kN/m}^3$ . En el caso del coeficiente de balasto  $k_{30}$ , el valor correspondiente a rocas sanas indicado por el CTE DB SE-C es mayor a  $5.000 \text{ MN/m}^3$ , sin embargo, el programa limita este valor a  $1.000 \text{ MN/m}^3$ . [11]

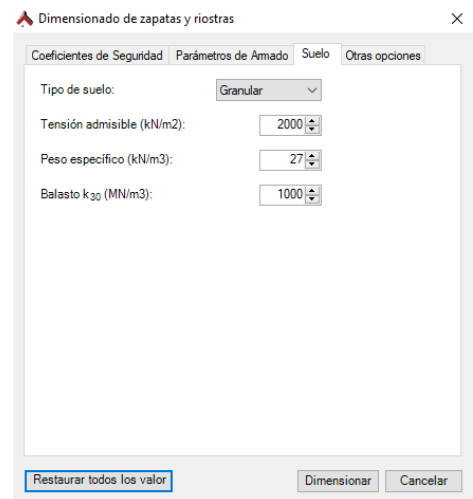


Fig. 55. Herramienta Dimensionado de zapatas y riostras. Architrave

Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto,  $K_{30}$

Tipo de suelo	$K_{30}$ (MN/m <sup>3</sup> )
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

Fig. 56. Extraído del CTE: Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto,  $K_{30}$

Los planos obtenidos del módulo de cálculo de Architrave no son los finales, ya que sobre ellos se debe trabajar con el fin de ajustarlos a la realidad y darle sencillez constructiva, a la vez que se deben tomar decisiones con estos mismos objetivos. En este caso se ha decidido simplificar las zapatas situadas bajo los muros que están unidos entre sí, diseñando una losa continua bajo estos que supone facilitar las obras de excavación de la cimentación.

Para diseñar correctamente estas losas se debe tener en cuenta los resultados obtenidos del programa. Las losas equivalentes deben tener la misma superficie total que las zapatas a las que está sustituyendo, ya que si esta superficie difiere de la original podrían aparecer asientos diferenciales en la cimentación. Debe respetar lo máximo posible los vuelos de las zapatas dimensionados en el cálculo y a su vez deben tener una armadura capaz de absorber los esfuerzos más desfavorables que puedan existir en el conjunto de las zapatas.

Siguiendo estos criterios de diseño se ha propuesto la solución a la cimentación incluida en el Anexo V.



## 11. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo enfocado en el Bosco Verticale, se ha llevado a cabo una investigación y recopilación de información sobre el proyecto y su estructura, aprendiendo sobre los sistemas empleados en su construcción, además de proponer una alternativa estructural.

Respecto al proyecto original se han recogido las intenciones del arquitecto a la hora de hacer una arquitectura sostenible, donde el elemento verde cobra una especial importancia debido al gran número de especies contempladas en él, su inusual situación en el edificio y el desafío estructural que éste crea, ya que supone un gran aumento de los esfuerzos existentes en las zonas de mayor deformabilidad: los balcones en voladizo. Se ha visto que el estudio, junto con asesoramiento externo, han dado solución a este aspecto incorporando un sistema de losas macizas postesadas, sustentadas por una serie de muros de hormigón armado y trece pilares situados en el contorno de la planta. Una buena solución que permite adoptar un canto mínimo de 28 cm. Teniendo en cuenta la superficie media de las plantas del edificio (838 m<sup>2</sup> excluyendo los huecos de instalaciones, ascensores y escaleras) y el espesor de 28 cm de la losa, se puede determinar que este sistema emplea una media de 234'64 m<sup>3</sup> de hormigón por planta.

En cuanto a la alternativa estructural propuesta, se ha realizado un cambio del sistema de la losa, incorporando una losa aligerada con casetones de poliestireno. Este cambio ha supuesto un aumento de canto de 28 cm a 55 cm que es requerido en este nuevo sistema para cumplir con la deformabilidad máxima. Con este nuevo sistema el volumen de hormigón medio por planta es de 268'34 m<sup>3</sup>.

Con estos datos se puede afirmar que el sistema existente de losa maciza postesada es una solución más adecuada. El uso de una menor cantidad de hormigón, además de mejorar la sostenibilidad, reduce el peso del propio forjado mejorando el comportamiento estructural. Por otra parte, la reducción del canto del forjado es considerable, por lo que en el aspecto proyectual permite disponer de espacios de más altura.

La solución obtenida para los pilares, si bien no hay información suficiente del proyecto original para poder hacer una comparación a fondo, se puede considerar que es una buena solución según los coeficientes de aprovechamiento. Estos se aproximan a la unidad, lo que significa que no están excesivamente sobredimensionados. Observando estos resultados se puede afirmar que la hipótesis planteada para la reducción de sección de los pilares en función de la altura es ajustada. Sin embargo, siempre se puede precisar más estudiando planta a planta los requerimientos estructurales.

Al igual que en el caso de los pilares, la información sobre los muros estructurales del proyecto original era escasa, por lo que se tomaron los espesores base en toda su altura. Una vez obtenidos los resultados se puede observar que existe un sobredimensionamiento en estos. Prácticamente en la totalidad de las alturas de los muros de la estructura calculada, la armadura obtenida del cálculo ha sido la mínima propuesta por los gráficos con los que se ha trabajado. Esto ha sido debido a las reducidas solicitaciones que en ellos aparecían.

Una propuesta para su optimización sería el estudio planta a planta de una posible reducción del espesor de los muros. Esto supondría un ahorro de hormigón haciendo de éste un proyecto más sostenible, a cambio de un aumento en las solicitaciones actuantes sobre dichos muros, que llevarían consigo un aumento de la armadura necesaria por metro.

La cimentación original de este proyecto y sus condiciones son muy distintas a la hipótesis empleada en el cálculo de la cimentación de este trabajo. El proceso de diseño y cálculo en el caso del proyecto original requirió numerosos estudios sísmicos por la afectación de los túneles del metro y medidores a tiempo real mientras se ejecutaba la construcción de éste. Por otra parte, en la propuesta de cálculo de la cimentación incluida en este trabajo no se han tenido en cuenta estos condicionantes y el emplazamiento del edificio era distinto, por lo que no son comparables entre ellas.

En cuanto a los resultados obtenidos se puede decir que es una solución razonable para el proyecto. Al disponer de un terreno con buenas características resistentes, la superficie de las zapatas aisladas no es muy alta, por lo que no sería conveniente emplear una losa de cimentación. En el caso de querer optimizar la cimentación, se podría realizar un estudio más detallado de los esfuerzos existentes en la losa bajo los muros, ya que podría reducirse la armadura en aquellas zonas donde los esfuerzos no fuesen máximos.

Para concluir, en la parte más personal, este trabajo me ha servido para aprender sobre el Bosco Verticale y descubrir nuevos sistemas constructivos que desconocía anteriormente como el postesado. A través de este proyecto he profundizado más en la tipología del jardín vertical y su historia hasta la actualidad, pasando por proyectos de gran importancia.

En los aspectos técnicos he aprendido y adquirido nuevas habilidades en el manejo del programa informático Architrave, tanto en diseño como en cálculo, trabajando con elementos finitos que, bajo mi punto de vista, me serán de gran utilidad en mi formación postgrado y en mi futuro profesional.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

### 12.1. Bibliografía Documental

- [1] Objetivos de Desarrollo Sostenible [Consulta: 29-06-2022]. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [2] Giacomello, E. (2015). A New Urban Forest Rises in Milan. Recuperado de: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/2099-a-new-urban-forest-rises-in-milan.pdf>
- [3] Giacomello, E. and Valagussa, M. (2015). Vertical reenery: Evaluating the High-Rise Vegetation of the Bosco Verticale, Milan. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Chicago. Recuperado de: [https://store.ctbuh.org/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=32](https://store.ctbuh.org/index.php?controller=attachment&id_attachment=32)
- [4] Buzzoni, L. (ARUP) Bosco Verticale. Engineering a forest in the sky. Recuperado de: <https://www.arup.com/projects/bosco-verticale>
- [5] Código Técnico de la Edificación [Consulta: 15-07-2022]. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/>
- [6] Documento Básico SE [Consulta: 15-07-2022]. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>
- [7] Documento Básico SE-AE [Consulta: 15-07-2022]. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>
- [8] Global Wind Atlas [Consulta: 08-07-2022]. Recuperado de: <https://globalwindatlas.info/>
- [9] GeoWeb del IVE [Consulta: 08-07-2022]. Recuperado de: <http://www.five.es:8080/geoweb/>
- [10] Manual de Usuario de Architrave [Consulta: 25-07-2022]. Recuperado de: <https://www.architrave.es/producto/manual/2011-1/>
- [11] Documento Básico SE-C [Consulta: 20-08-2022]. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-C.pdf>

### 12.2. Libros

- [12] Boeri, S. (2015). Bosco Verticale. Anthos (Zurich), 54(3), 42-. <https://doi.org/10.5169/seals-595285>
- [13] Giacomello, E. (2015). Bosco Verticale, Milan: A New Urban Forest Rises in Milan. CTBUH Journal, 1, 12-18.
- [14] Woodman, E. (2015). Bosco Verticale by Stefano Boeri Architetti. The Architects' Journal.
- [15] Woodman, E. (2015). Building study: Bosco Verticale, Stefano Boeri, Architetti. Architects' Journal (London), 241(8), 30-43.

### 12.3. Programas Informáticos

- [16] 2022 Autodesk, Inc. AutoCAD 2021. Available from: <https://www.autodesk.es/products/autocad/>
- [17] Perez-García, A; Alonso Durá, A; Gómez-Martínez, F; Alonso Avalos, J.M; Lozano Lloret, P. Architrave 2019 [online]. 2019. Valencia (Spain). Universitat Politècnica de València. 2019. Available from: [www.architrave.es](http://www.architrave.es)

## 13. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 01. Bosco Verticale. Torres D (80 m) y E (110 m)

<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>

Fig. 02. Stefano Boeri

<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/about/>

Fig. 03. Esquema ventajas medioambientales

[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next_project=no)

Fig. 04. Sistema de cuidado de la vegetación

[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next_project=no)

Fig. 05. Esquema sistemas de energía renovables

[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7c97e58ece8c420003ae-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-detail?next_project=no)

Fig. 06. Esquema estructural Bosco Verticale

Giacomello, E. and Valagussa, M. (2015) *Vertical Greenery: Evaluating the High-Rise Vegetation of the Bosco Verticale, Milan*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Chicago. ISBN: 978-0-939493-42-5

Fig. 07. Fotografía detalle de vainas en el forjado durante la obra

<https://www.arup.com/projects/bosco-verticale>

Fig. 08. Volumetría del proyecto sobre los túneles del metro de Milán

Giacomello, E. and Valagussa, M. (2015) *Vertical Greenery: Evaluating the High-Rise Vegetation of the Bosco Verticale, Milan*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat: Chicago. ISBN: 978-0-939493-42-5

Fig. 09. Tabla 4.1. Coeficientes parciales ( $\gamma$ )

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

Fig. 10. Tabla 4.2. Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>

Fig. 11. Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos (CTE)

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Fig. 12. Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos (CTE)

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Fig. 13. Esquema sistema de cerramiento vertical opaco

Elaboración propia

Fig. 14. Tabla C5. Peso Propio de Elementos Constructivos (CTE)

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Fig. 15. Esquema sistema de cubierta

Elaboración propia

Fig. 16. Esquema sistema de maceteros

[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7ce6e58ece8c420003b1-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-section?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti/564e7ce6e58ece8c420003b1-bosco-verticale-stefano-boeri-architetti-section?next_project=no)

Fig. 17. Tabla 3.1. Valores de las sobrecargas de uso

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Fig. 18. Imagen emplazamiento en Alicante

Imagen extraída de Google Earth Pro

Fig. 19. Mapa de intensidad del régimen de vientos. Global Wind Atlas

<https://globalwindatlas.info/>

Fig. 20. Tabla Excel: Cálculo de cargas de Viento según CTE  
Elaborado por: Agustín Pérez-García

Fig. 21. Tabla Excel: Cálculo de cargas de Viento según CTE  
Elaborado por: Agustín Pérez-García

Fig. 22. Figura del Eurocódigo 1. Sobrecarga de nieve en Italia  
UNE-EN 1991-1-2:2019

Fig. 23. Información Básica del Suelo Fuente: Instituto Valenciano de la Edificación  
<http://www.five.es:8080/geoweb/>

Fig. 24. Forjado tipo "Bubbledeck"  
[http://www.bubbledeck.com.ar/tecnologia\\_concepto](http://www.bubbledeck.com.ar/tecnologia_concepto)

Fig. 25. Losa aligerada con casetones de poliestireno  
Elaboración propia

Fig. 26. Tabla Excel: Estudio comparativo de forjados.  
Elaboración propia

Fig. 27. Predimensionado de pilares  
Elaboración propia

Fig. 28. Esquema espesores de muros estructurales  
Elaboración propia

Fig. 29. Disposición de ábacos en planta  
Elaboración propia

Fig. 30. Esquema dimensiones de ábacos  
Elaboración propia

Fig. 31. Modelo de planta primera. Architrave  
Elaboración propia

Fig. 32. Modelo de Torre E. Architrave  
Elaboración propia

Fig. 33. Tabla 27.1.a del Código Estructural. Clases de exposición relativas al hormigón estructural  
Elaboración propia

Fig. 34. Tabla Excel: Estudio comparativo de forjados.  
Elaboración propia

Fig. 35. Diagrama de momentos en la losa y leyenda de valores de momentos. AutoCAD  
Elaboración propia

Fig. 36a. Esquema localización de las vigas de refuerzo  
Elaboración propia

Fig. 36b. Esquema localización de las vigas de refuerzo  
Elaboración propia

Fig. 37. Herramienta espectros de respuesta en módulo de cálculo Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 38. Visualización de solicitaciones sobre elementos finitos. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 39. Enumeración de muros  
Elaboración propia

Fig. 40. Gráfico para armado de muros (50 cm)  
Anexo E. Manual de Usuario Architrave

Fig. 41. Gráfico para armado de muros (30 cm)  
Anexo E. Manual de Usuario Architrave

Fig. 42. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado My. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 43. Leyenda. Solicitaciones de dimensionado My.  
Captura del programa Architrave

Fig. 44. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Sy. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 45. Leyenda. Tensiones de membrana Sy.  
Captura del programa Architrave

Fig. 46. Ejemplo obtención de la armadura del muro 1 (Nivel 0-2 m)  
Anexo E. Manual de Usuario Architrave

Fig. 47. Tabla parcial de solicitaciones y armados por cara por metro de muro. Muro 1  
Elaboración propia

Fig. 48. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Mx. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 49. Leyenda. Solicitaciones de dimensionado Mx.  
Captura del programa Architrave

Fig. 50. Muro 1. Solicitaciones para dimensionado Sx. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 51. Leyenda. Tensiones de membrana Sx.  
Captura del programa Architrave

Fig. 52. Ejemplo obtención de la armadura del muro 1 (Nivel 0-2 m)  
Anexo E. Manual de Usuario Architrave

Fig. 53. Tabla parcial de solicitaciones y armados por cara por metro de muro. Muro 1  
Elaboración propia

Fig. 54. Plano esquema de la cimentación  
Elaboración propia

Fig. 55. Herramienta Dimensionado de zapatas y riostras. Architrave  
Captura del programa Architrave

Fig. 56. Extraído del CTE: Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto,  $K_{30}$   
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-C.pdf>

ANEXO I

PLANTAS DEL EDIFICIO



# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

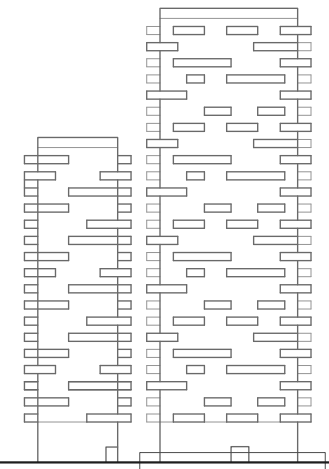
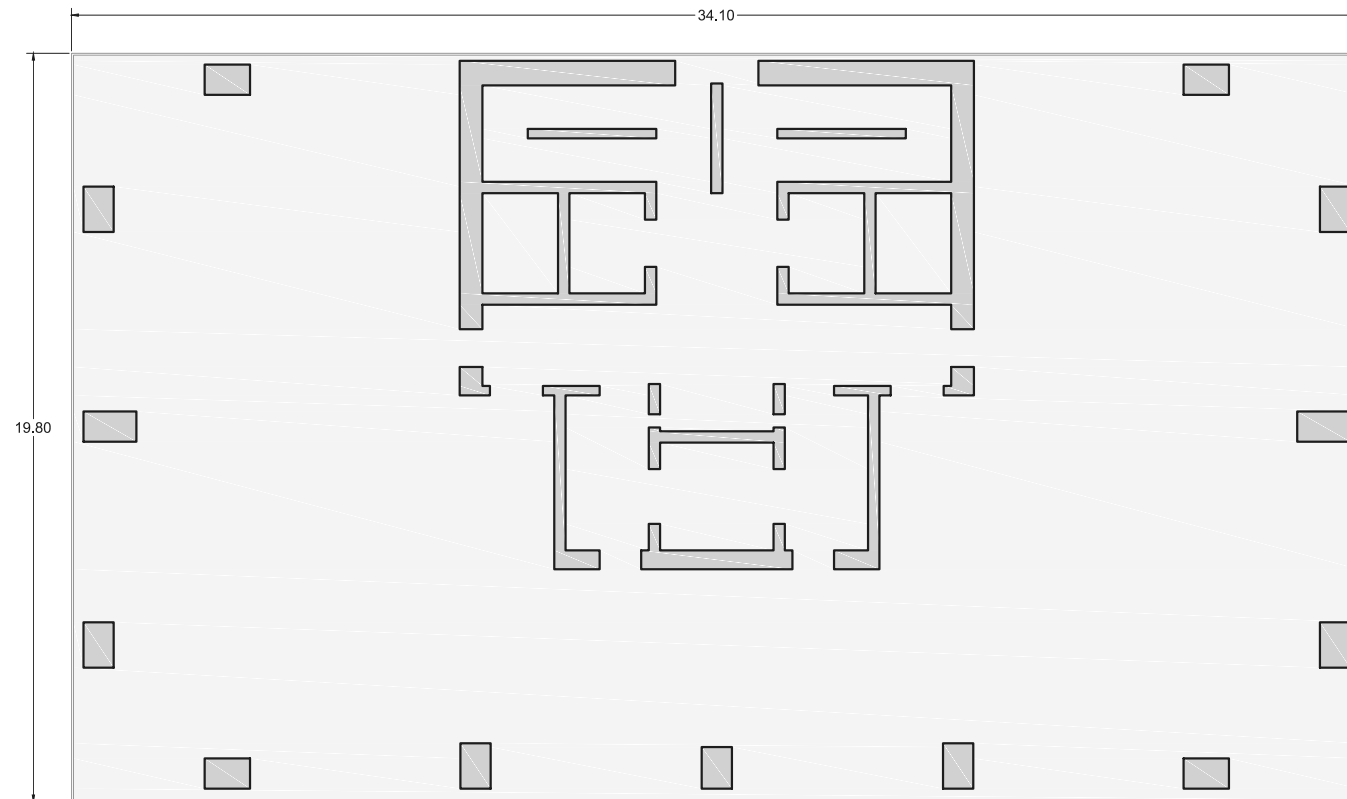
Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA BAJA



ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/8

PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

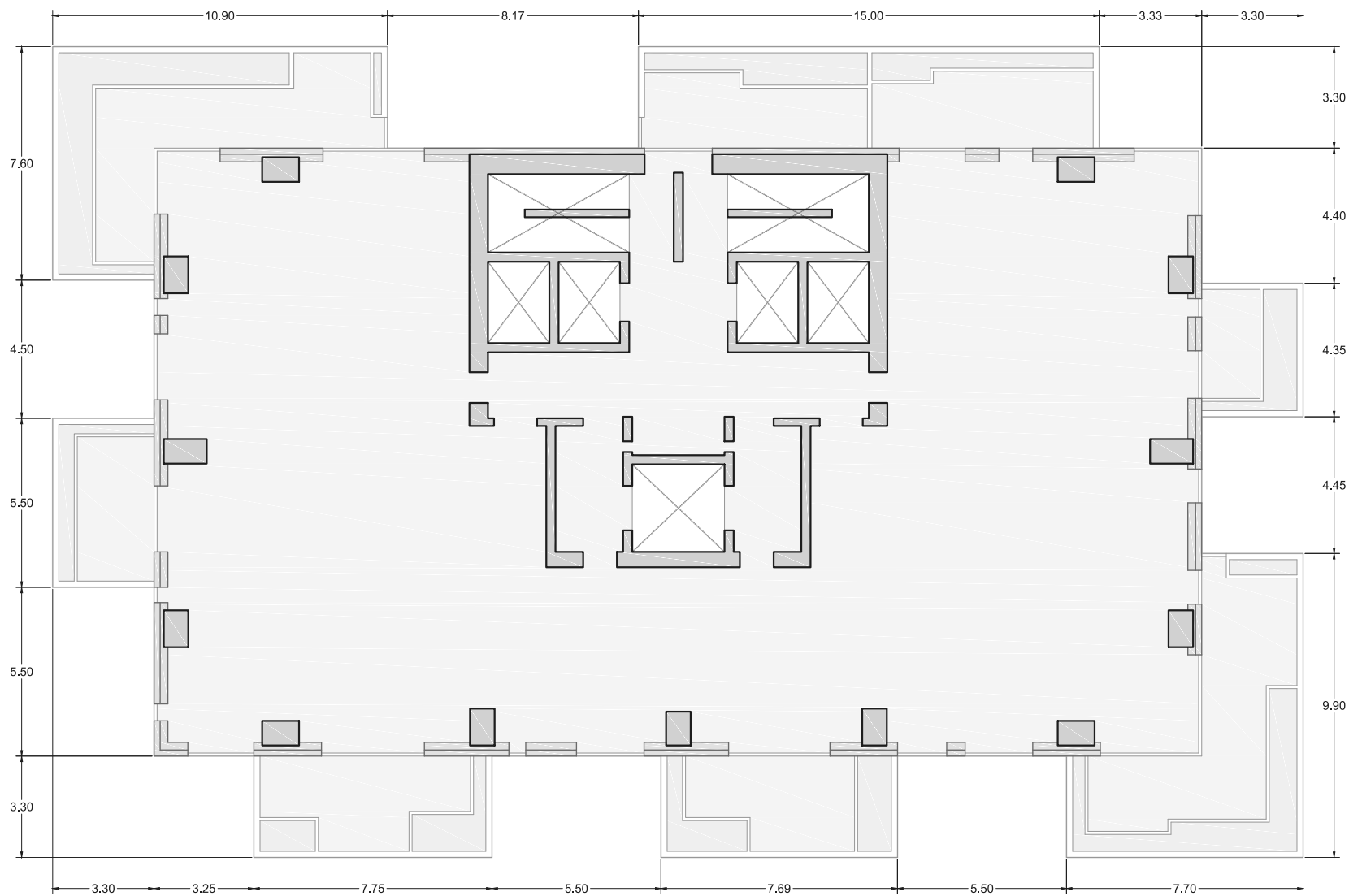
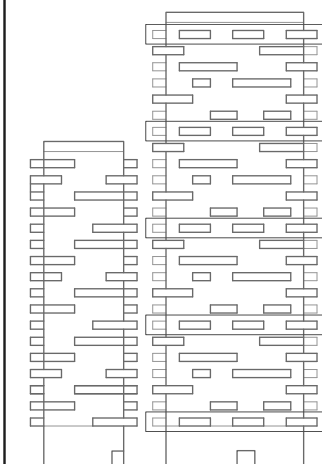
Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA 1, 7, 13, 19 y 25



ESCALA

1/200

Nº PLANO

2/8

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

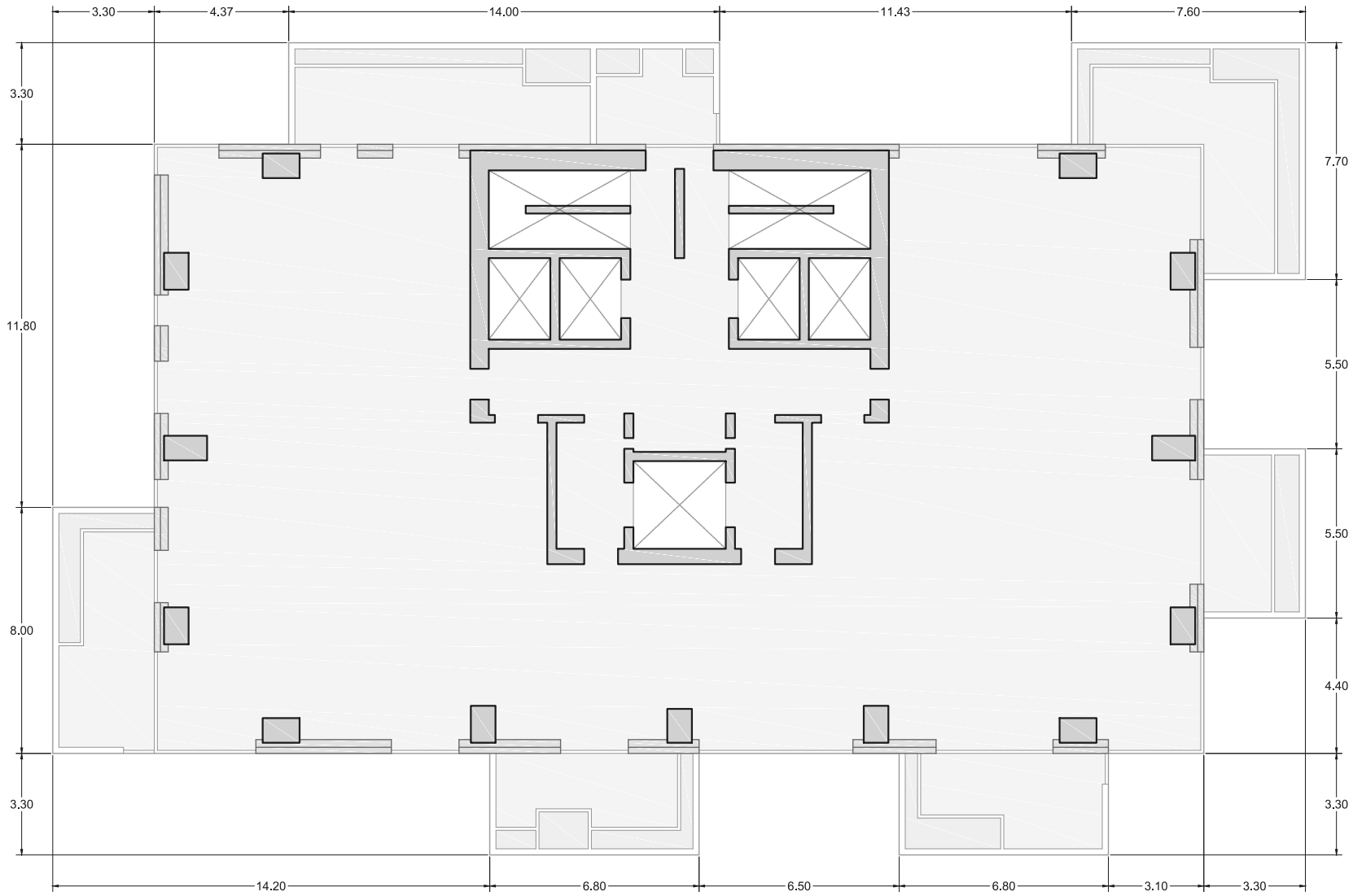
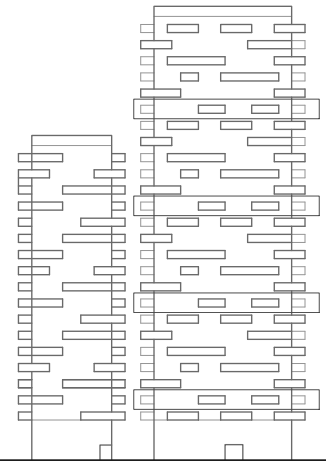
Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA 2, 8, 14 y 20



ESCALA

1/200

Nº PLANO

3/8

PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

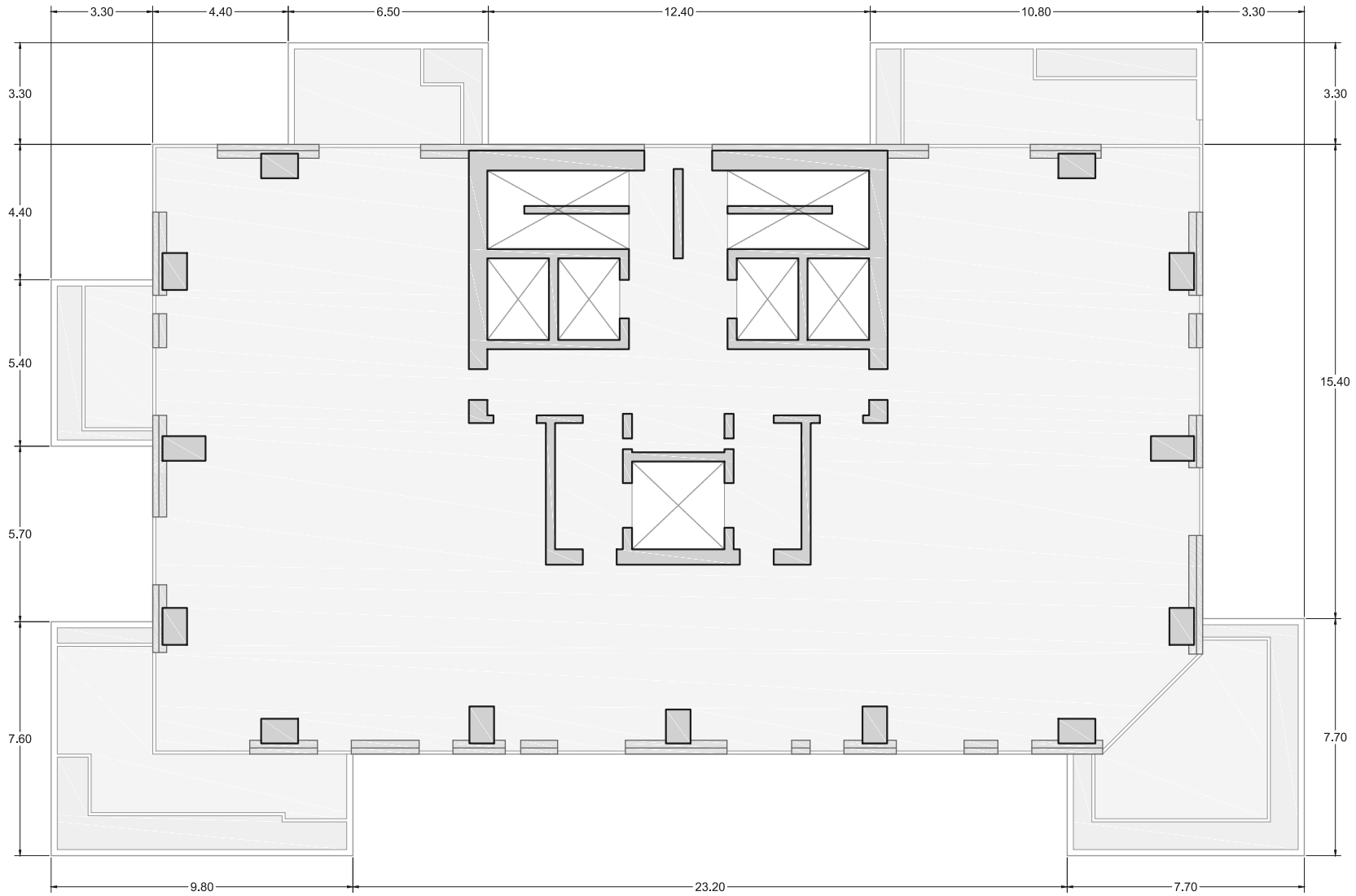
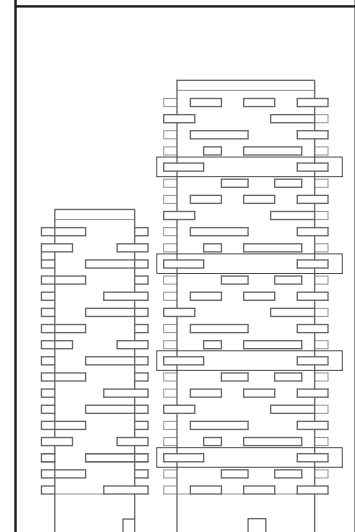
PROMOTOR  
Porta Nuova Isola

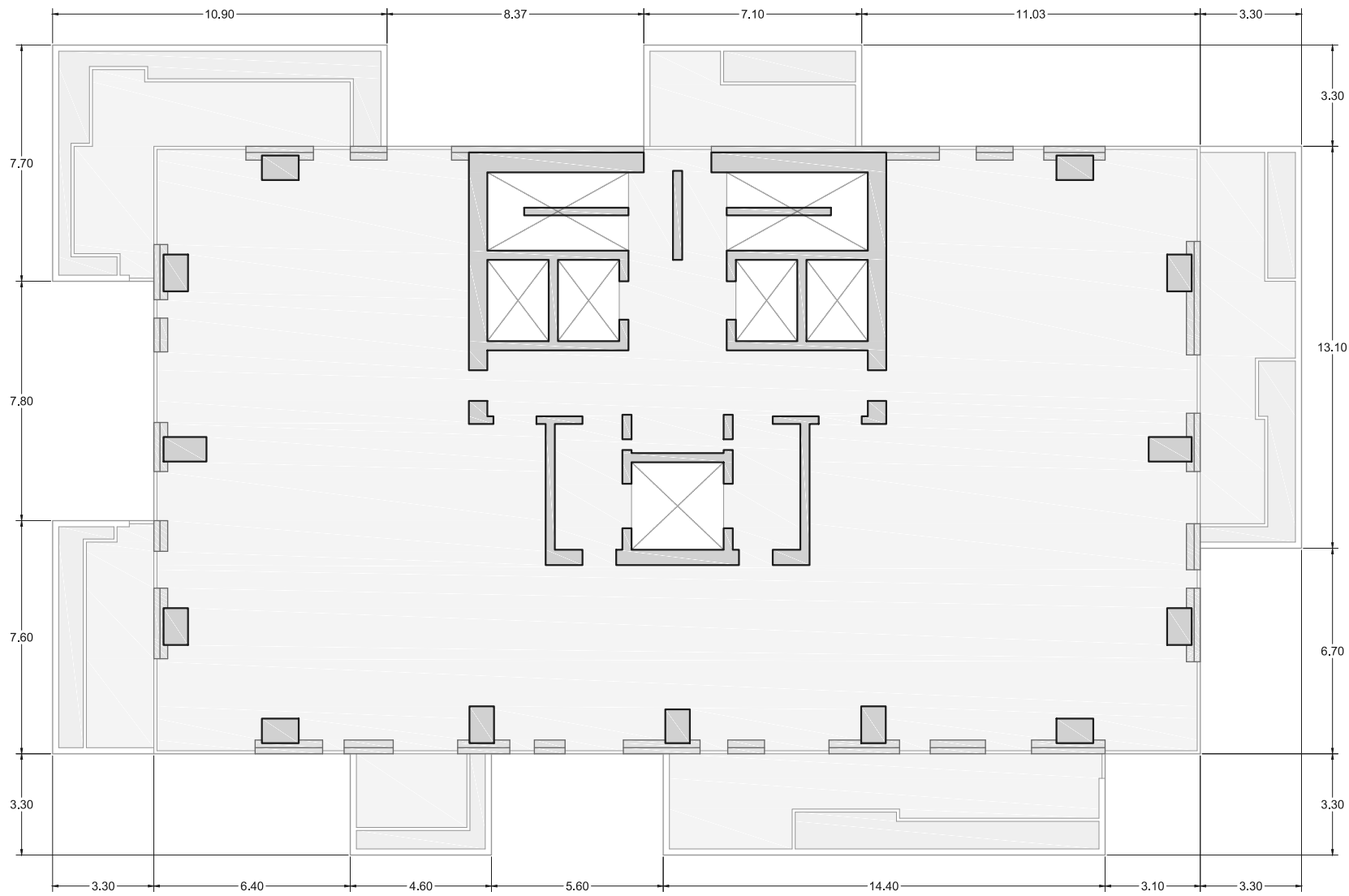
EMPLAZAMIENTO  
Milán, Italia

ARQUITECTO(S)  
Boeri Studio

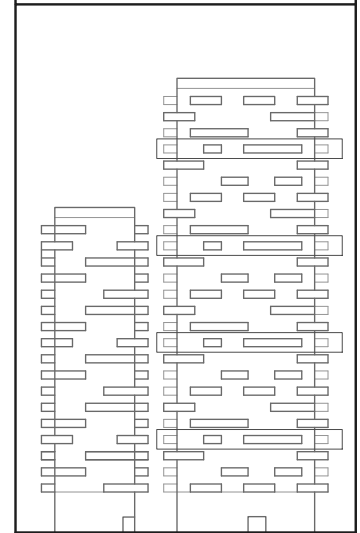
FECHA  
10.10.2014

CONTENIDO  
PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA 3, 9, 15 y 21





PROYECTO	<b>BOSCO VERTICALE</b>
PROMOTOR	Porta Nuova Isola
EMPLAZAMIENTO	Milán, Italia
ARQUITECTO(S)	Boeri Studio
FECHA	10.10.2014
CONTENIDO	PLANTAS EDIFICIO PLANTA 4, 10, 16 y 22



ESCALA	1/200	Nº PLANO	5/8
--------	-------	----------	-----

PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

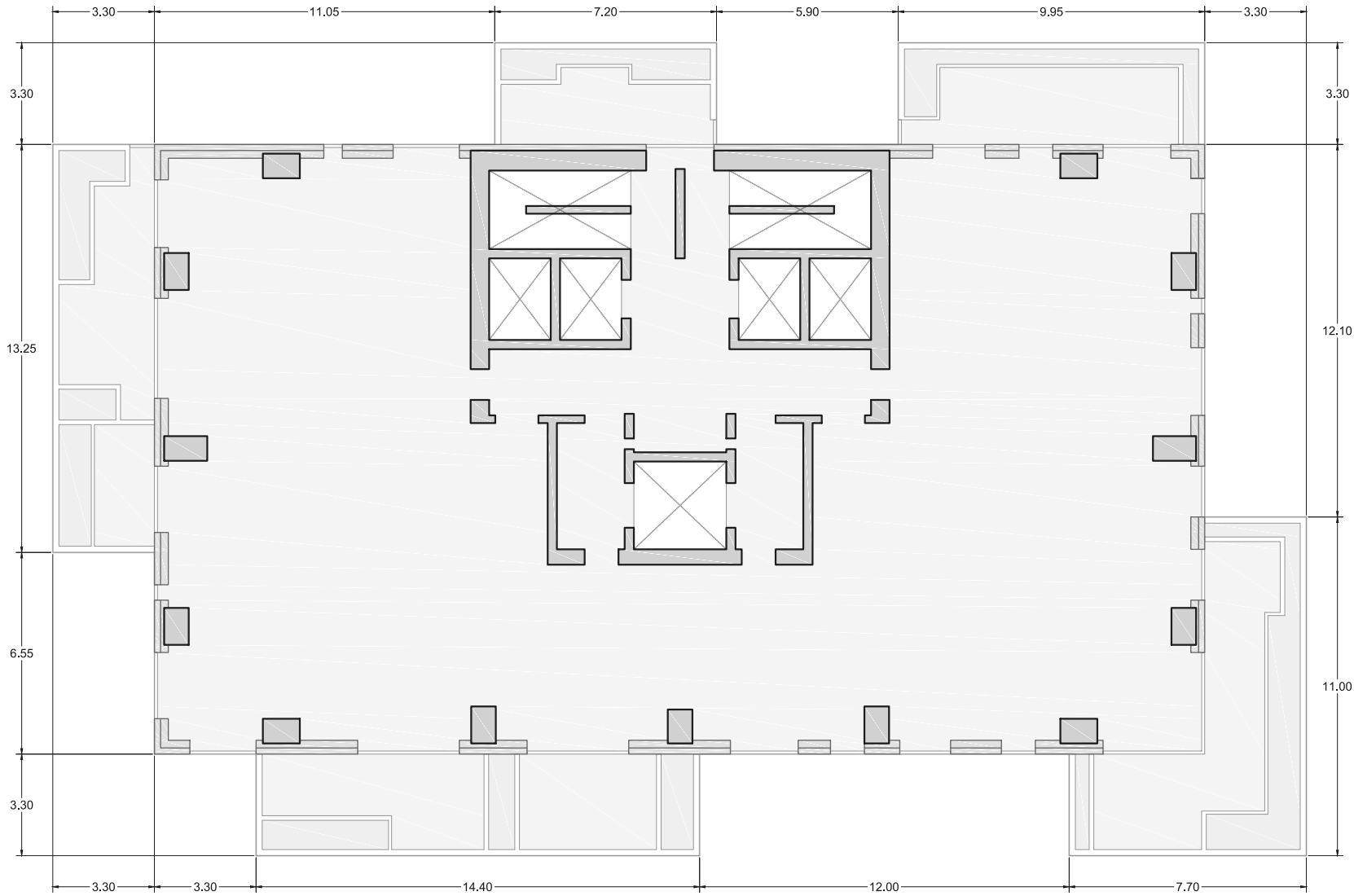
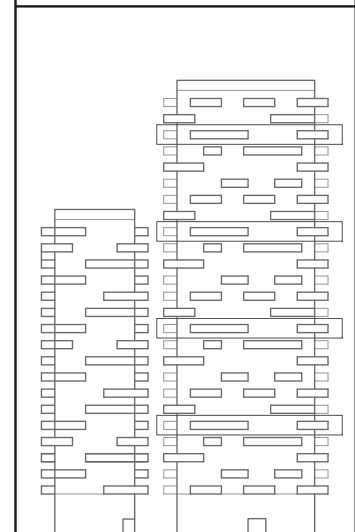
PROMOTOR  
Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO  
Milán, Italia

ARQUITECTO(S)  
Boeri Studio

FECHA  
10.10.2014

CONTENIDO  
PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA 5, 11, 17 y 23





# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

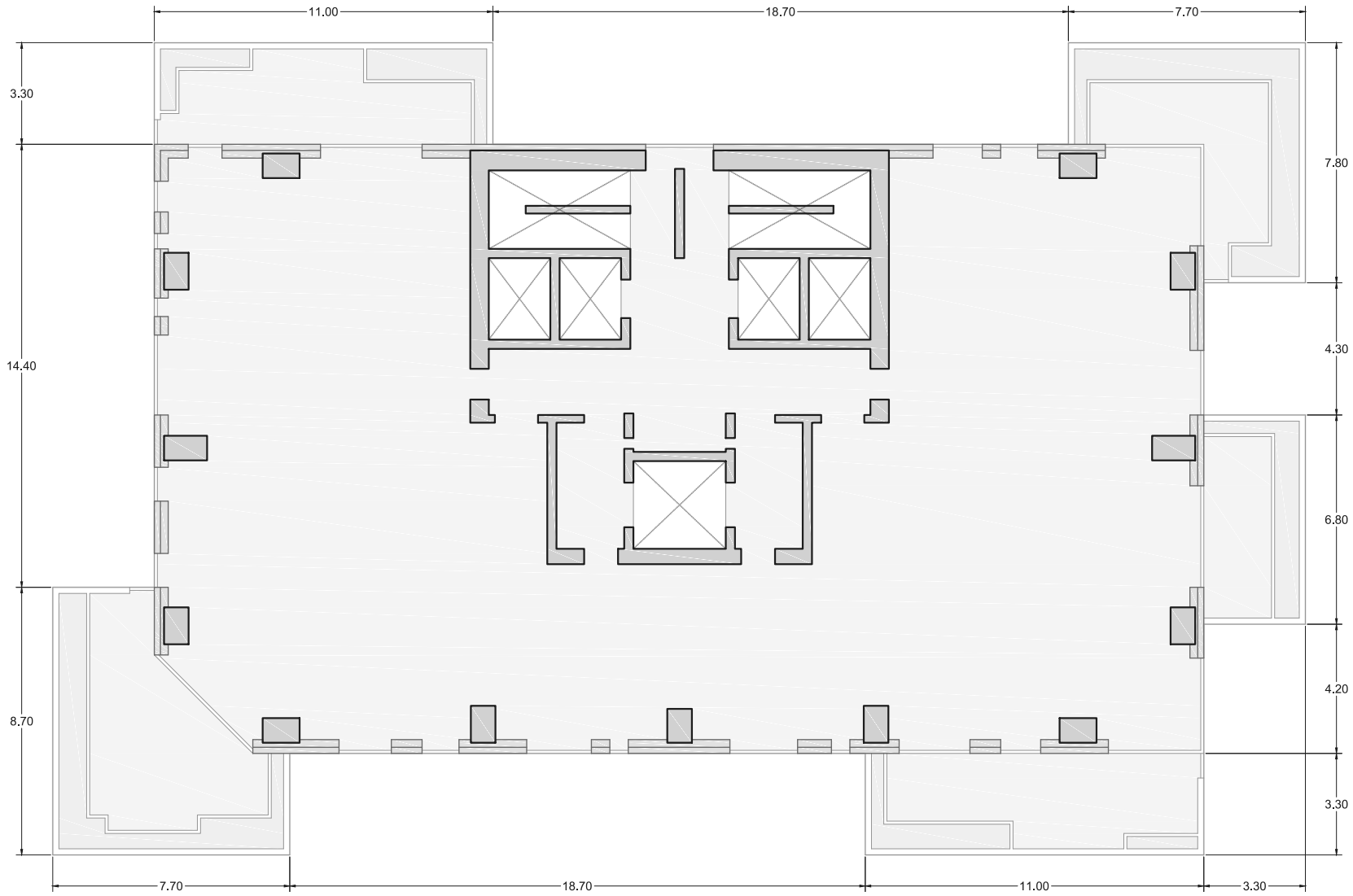
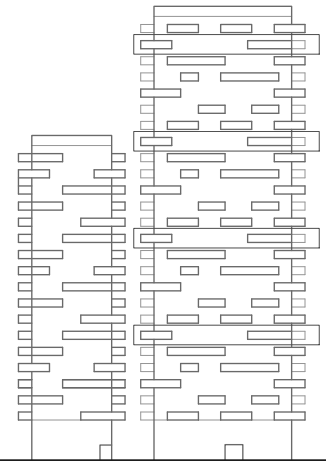
Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

PLANTAS EDIFICIO  
PLANTA 6, 12, 18 y 24

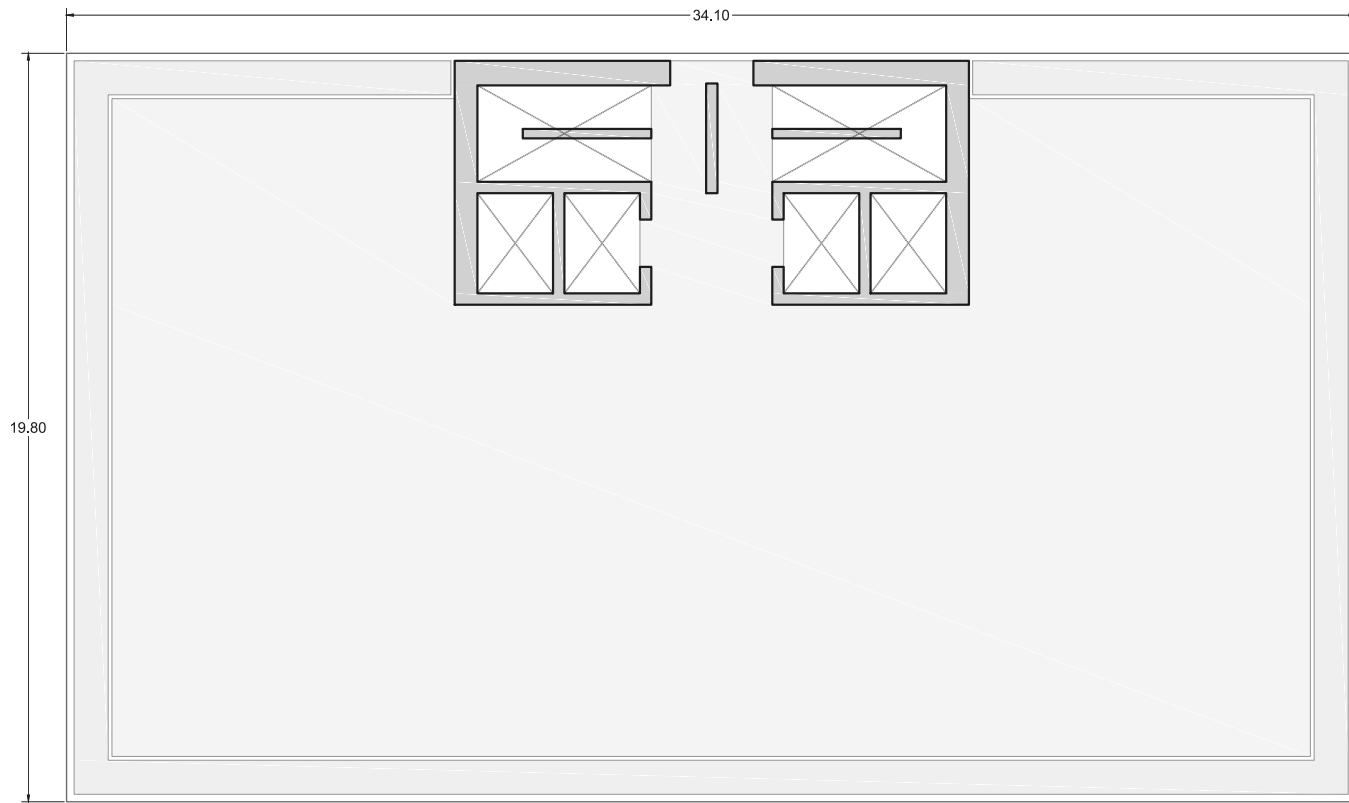


ESCALA

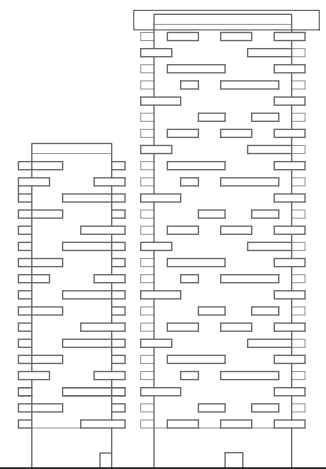
1/200

Nº PLANO

7/8



PROYECTO	<b>BOSCO VERTICALE</b>
PROMOTOR	Porta Nuova Isola
EMPLAZAMIENTO	Milán, Italia
ARQUITECTO(S)	Boeri Studio
FECHA	10.10.2014
CONTENIDO	PLANTAS EDIFICIO PLANTA 26



ANEXO II

PLANOS DE ARMADO DE LOSAS

# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

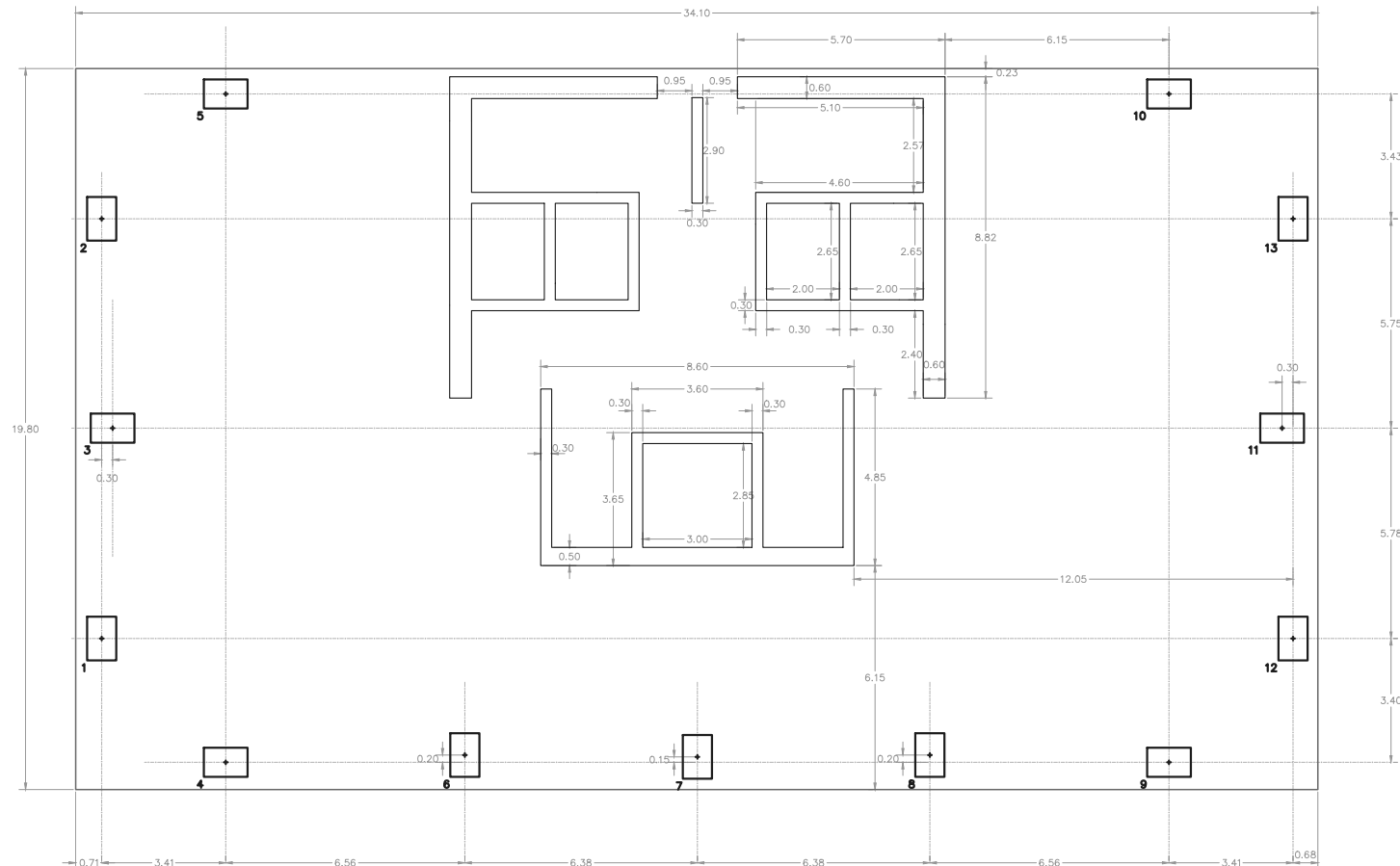
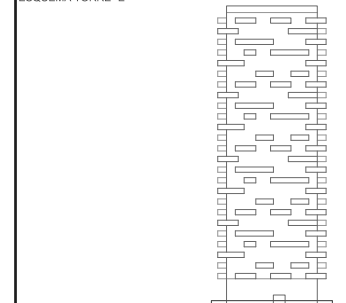
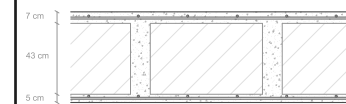
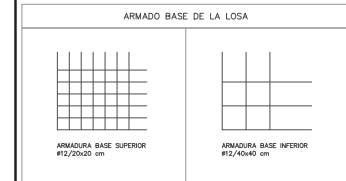
Boeri Studio

10.10.2014

Plano de Replanteo Forjado P0

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctm (N/mm <sup>2</sup> )	α largo duración	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500

Cable de la base 500 mm con Recubrimiento 35 mm  
 Hombros 10x30  
 Cof. integración hormigón 1.50  
 Área 1.850  
 Cof. integración acero 1.15



# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

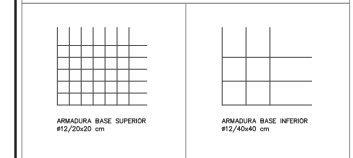
Refuerzo Armado Superior Forjado P0

INFORMACIÓN MATERIALES

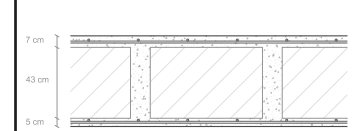
HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctd (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Capa de la base 500 mm  
 Recubrimiento 25 mm  
 Hormigón HA-30  
 Conf. inferior en hormigón 1.50  
 Área 1.850  
 Conf. inferior en acero 1.15

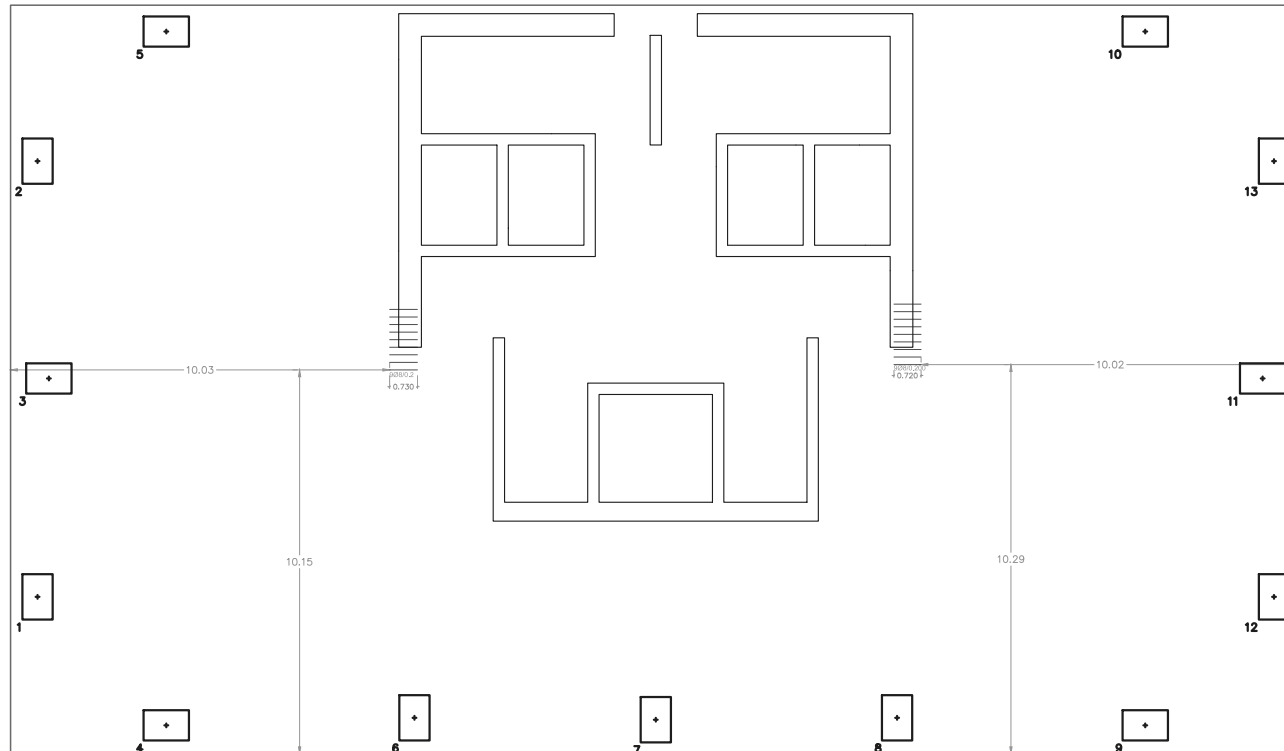
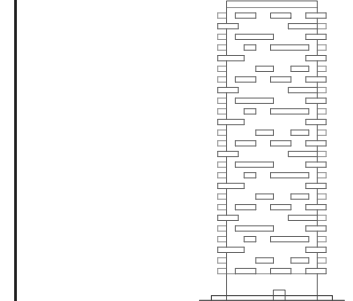
ARMADO BASE DE LA LOSA



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

2/2

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

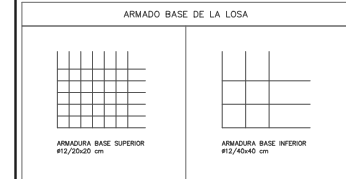
CONTENIDO

Plano de Replanteo  
Forjado Tipo 1 (P1, 7, 13, 19, 25)

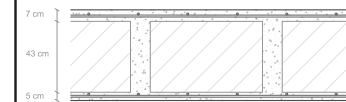
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctm (N/mm <sup>2</sup> )	α largo duración	γc	Acero arm. p/tenes	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500

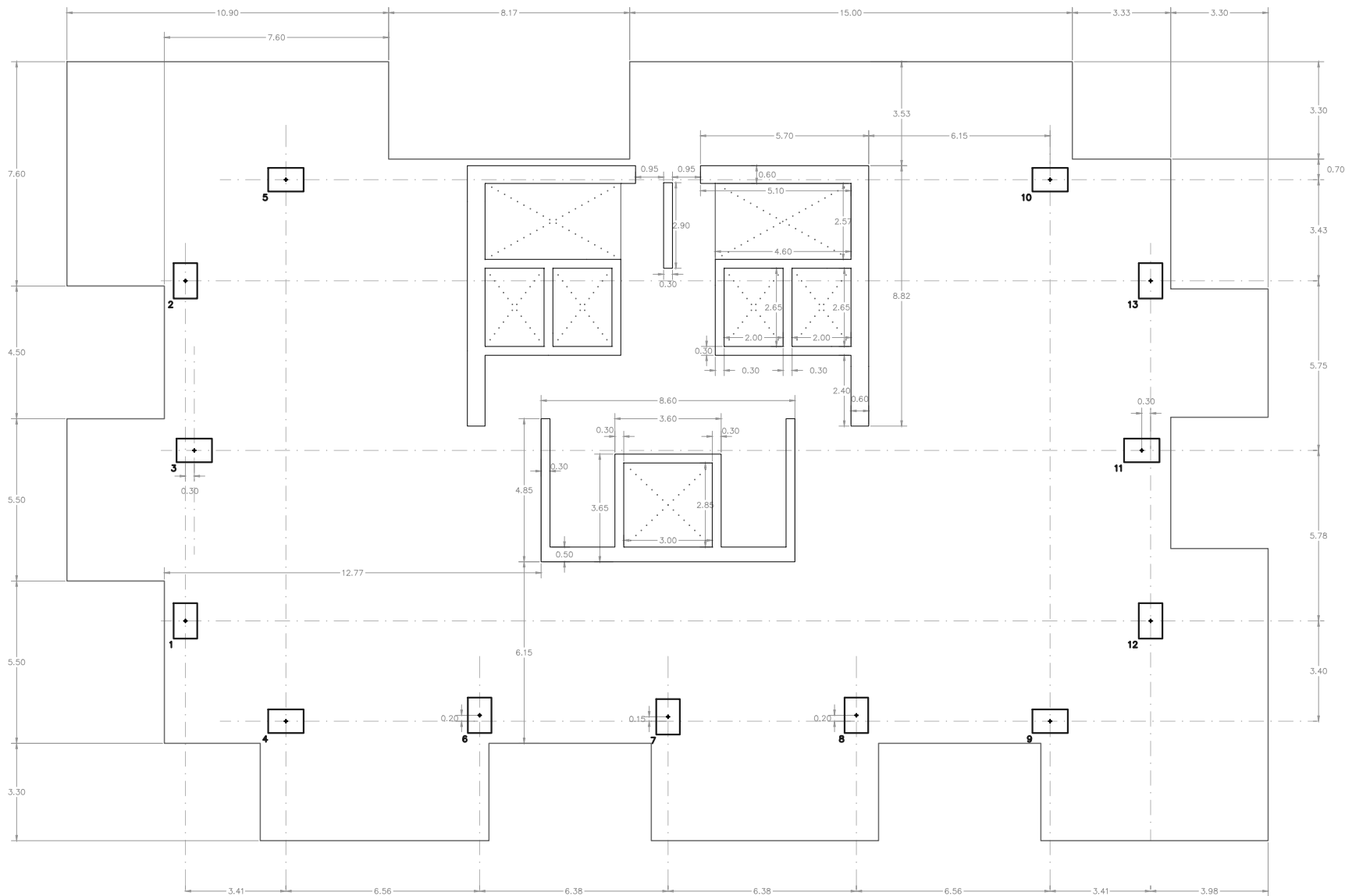
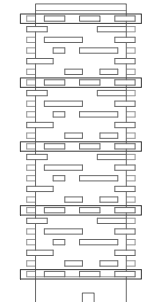
Coste de la base 500 mm  
Recubrimiento: 35 mm  
Hormigón: HA-30  
Cofre: intemperado hormigón 1.50  
Cofre: #12/20  
Acero: B500  
Cofre: intemperado acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/3

# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

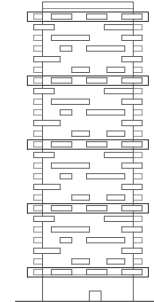
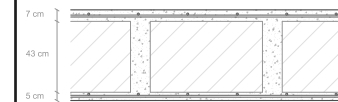
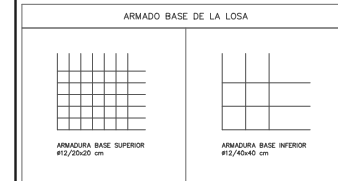
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo Armado Superior  
Forjado Tipo 1 (P1, 7, 13, 19, 25)

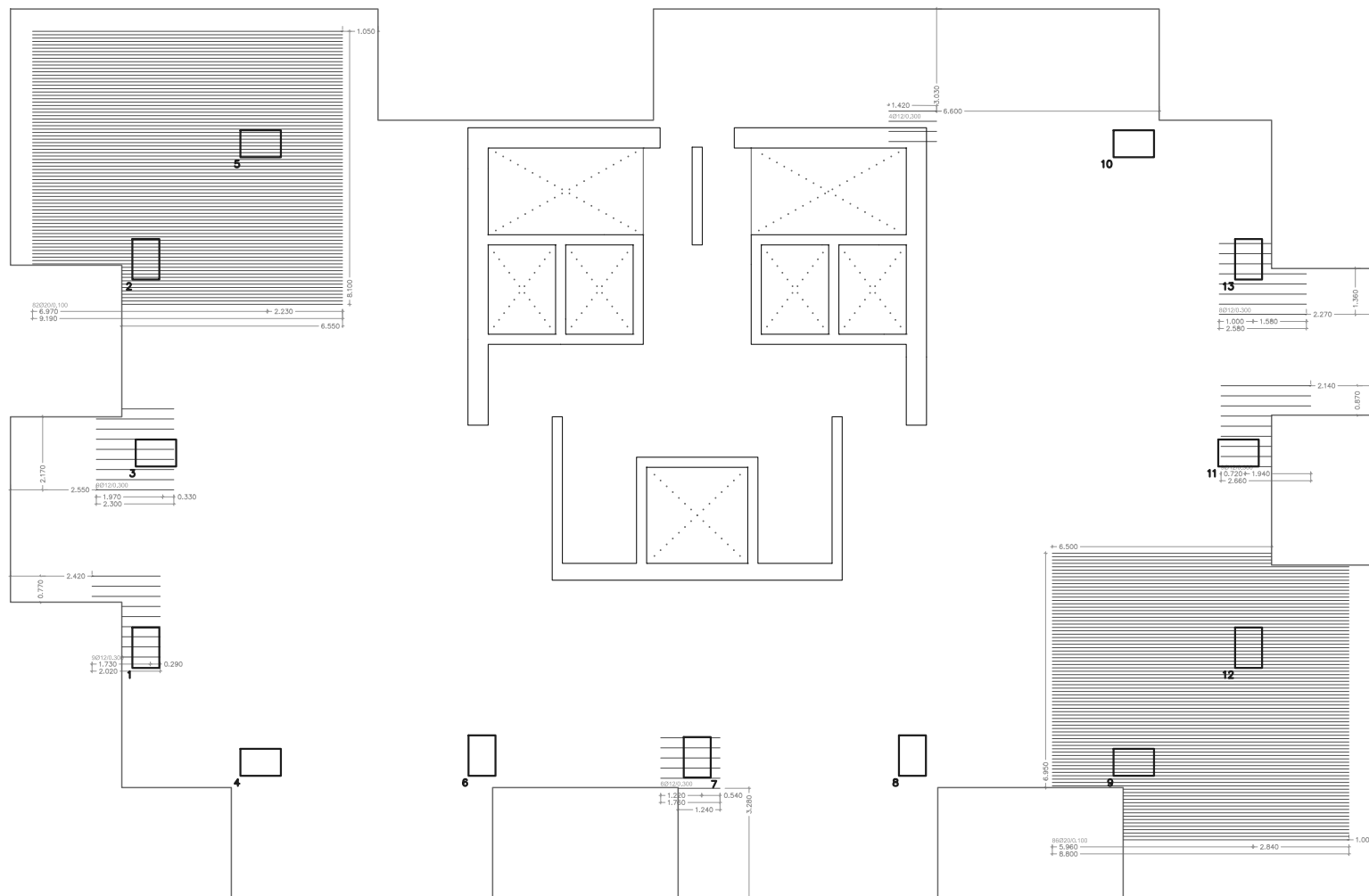
HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctd (N/mm <sup>2</sup> )	α largo duración	γc	Acero arm. p/tenes	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50	1,50	B500	B500
						1,15

Clase de la base 500 mm con  
Recubrimiento 25 mm  
Hormigón HA-30  
Clas. inyección hormigón 1.50  
Clas. 4/8 0.25  
Acero B500  
Clas. inyección acero 1.15



1/200

2/3





# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

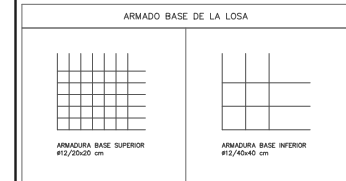
CONTENIDO

Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 1 (P1, 7, 13, 19, 25)

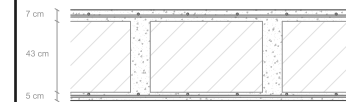
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α largo duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. p/tenes	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

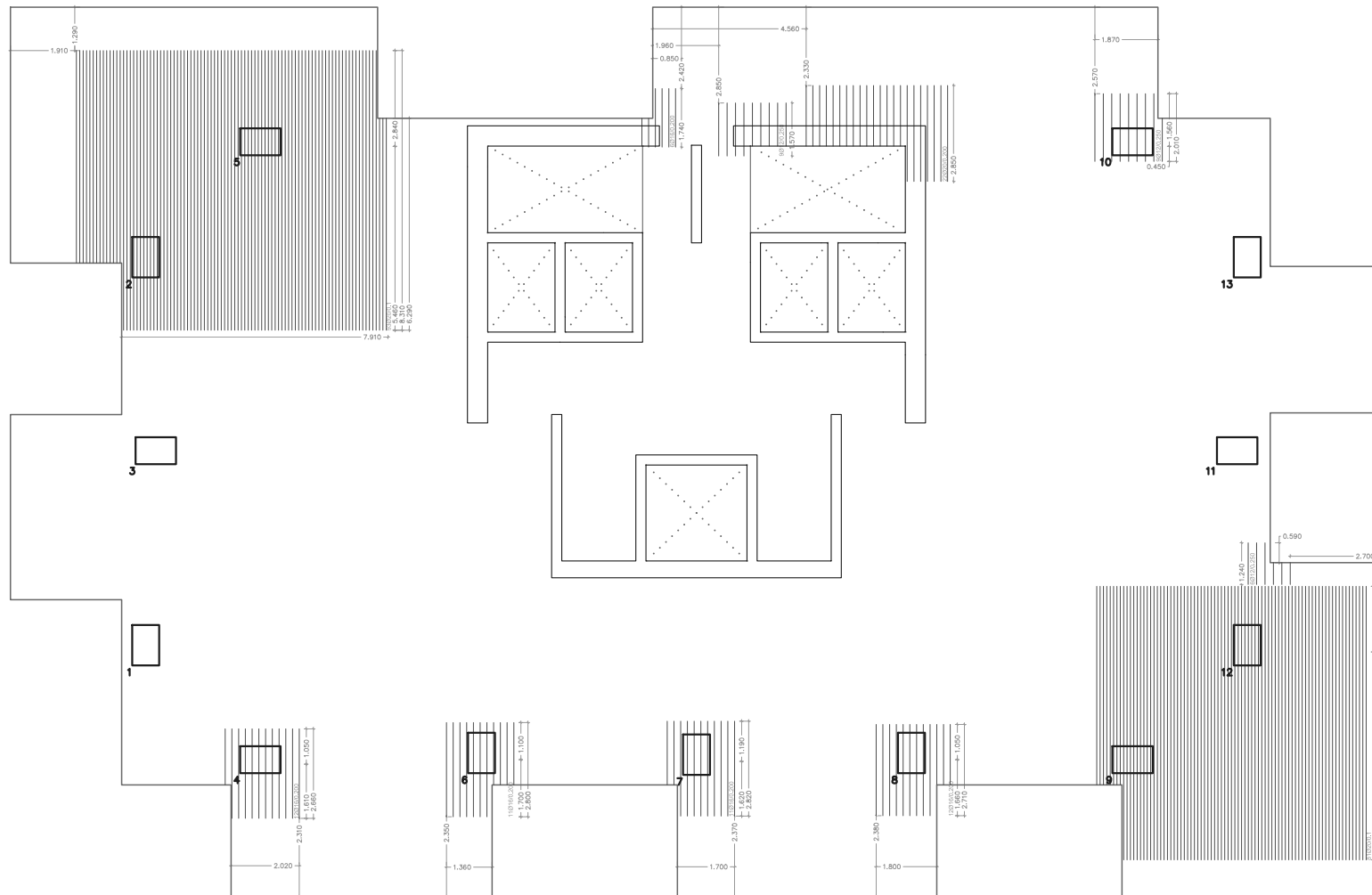
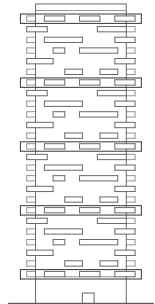
Cable de la base 500 mm con Recubrimiento = 20 mm Espesor 14-20 Cof. inferior en hormigón 1.50 Cof. sup. 0.25 Area = B500 Cof. inferior acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

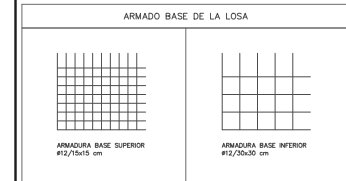
CONTENIDO

Plano de Replanteo  
Forjado Tipo 2 (P2, 8, 14, 20)

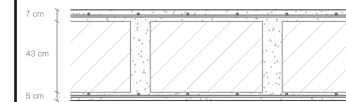
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctm (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. p/techo	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50	1,50	B500	B500

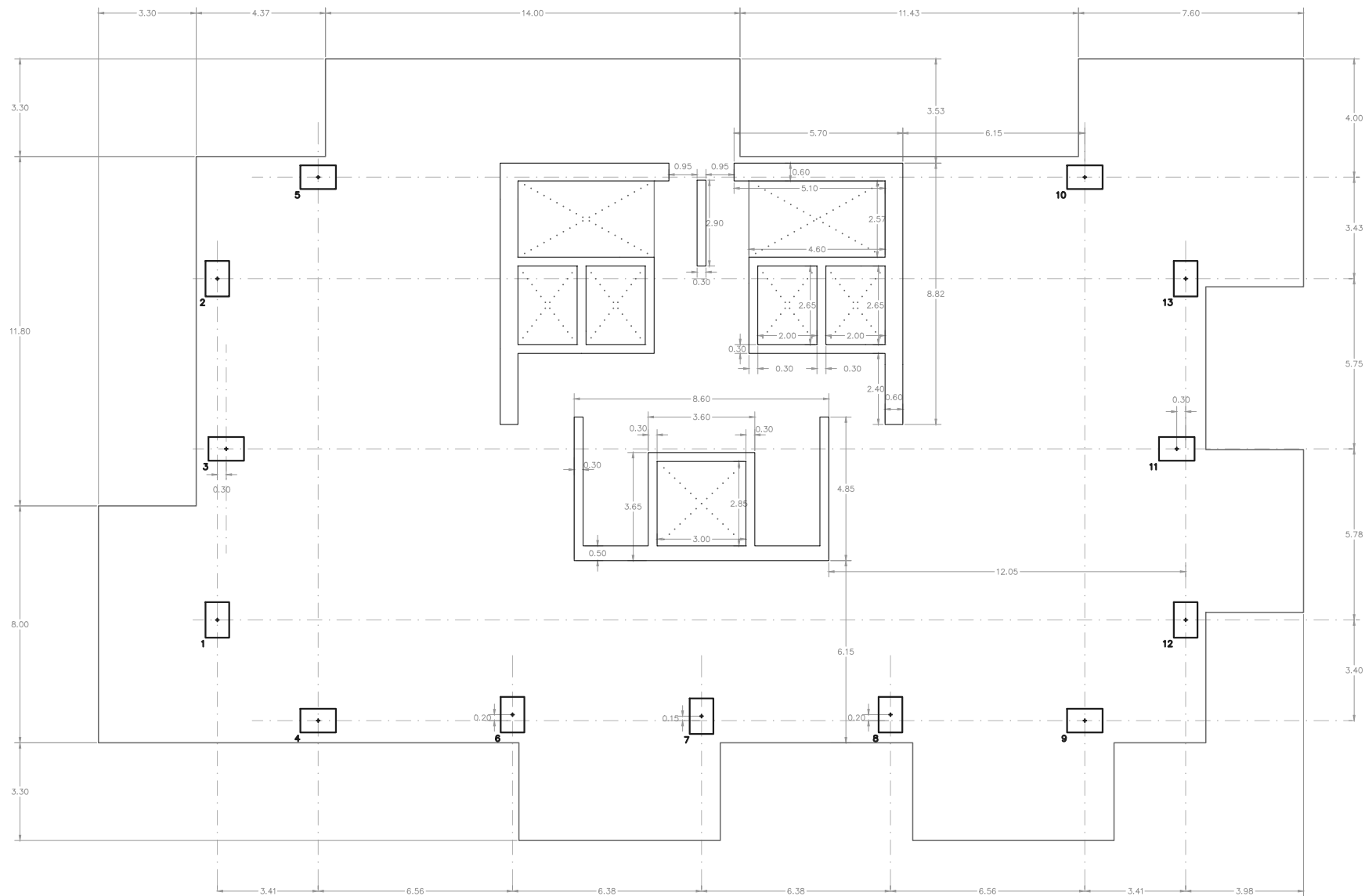
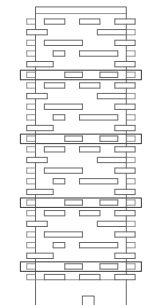
Coste de la base 500 mm  
Reemplazo: 35 mm  
Hormigón: 14-20  
Coste: información hormigón 1.50  
Acero: #12  
Coste: información acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/3

# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

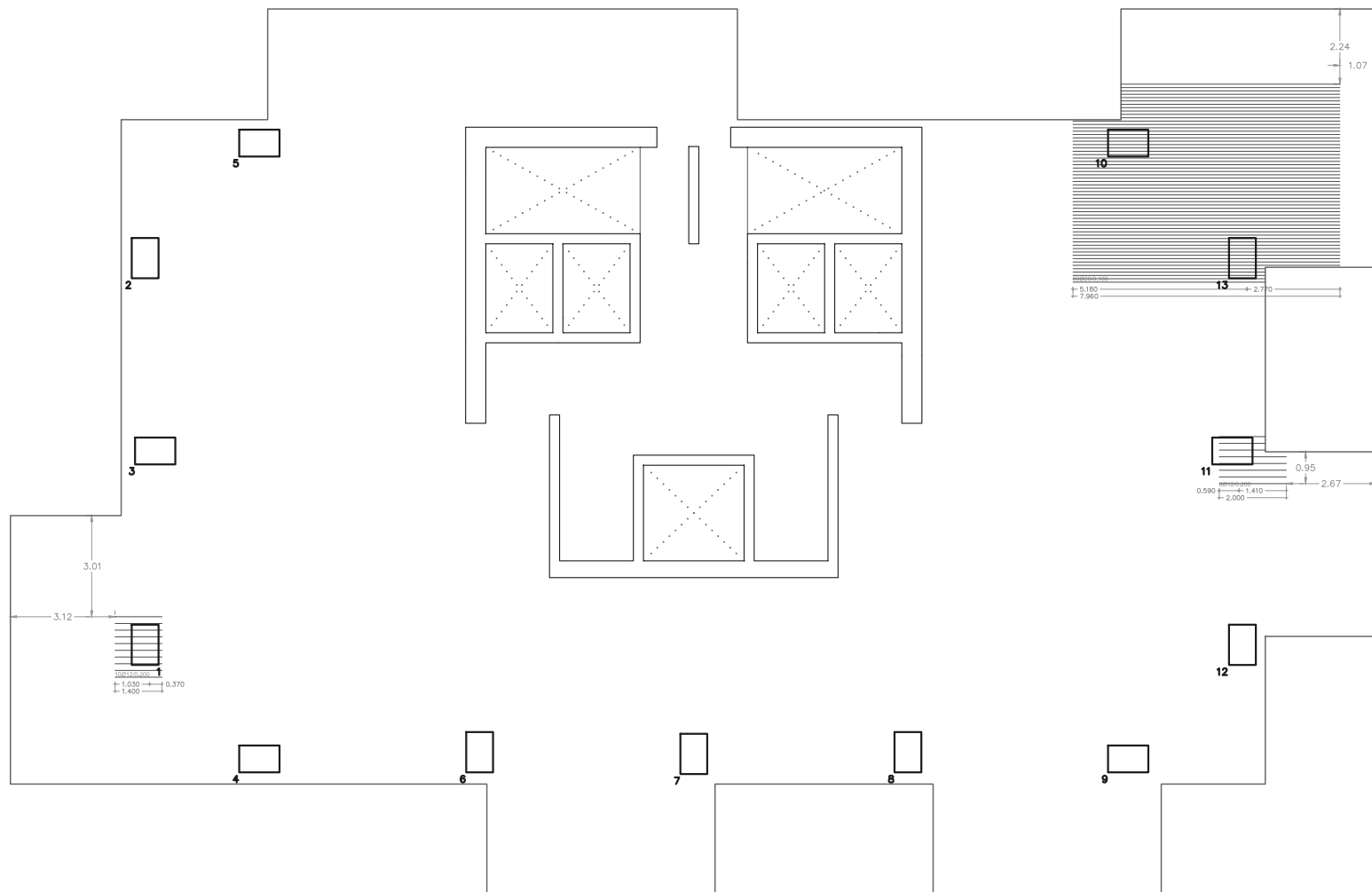
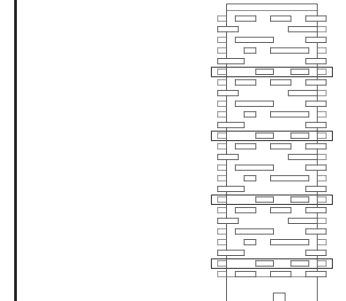
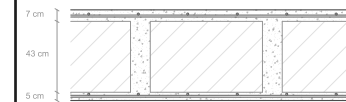
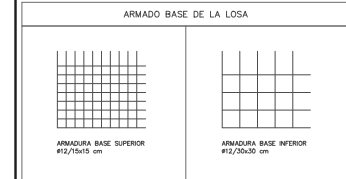
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo Armado Superior  
Forjado Tipo 2 (P2, 8, 14, 20)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Cable de la base 500 mm  
Recubrimiento: 35 mm  
Hormigón HA-30  
Cof. inferior en hormigón 1.50  
Cof. #12/15x5  
Acero B500  
Cof. inferior en acero 1.15



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

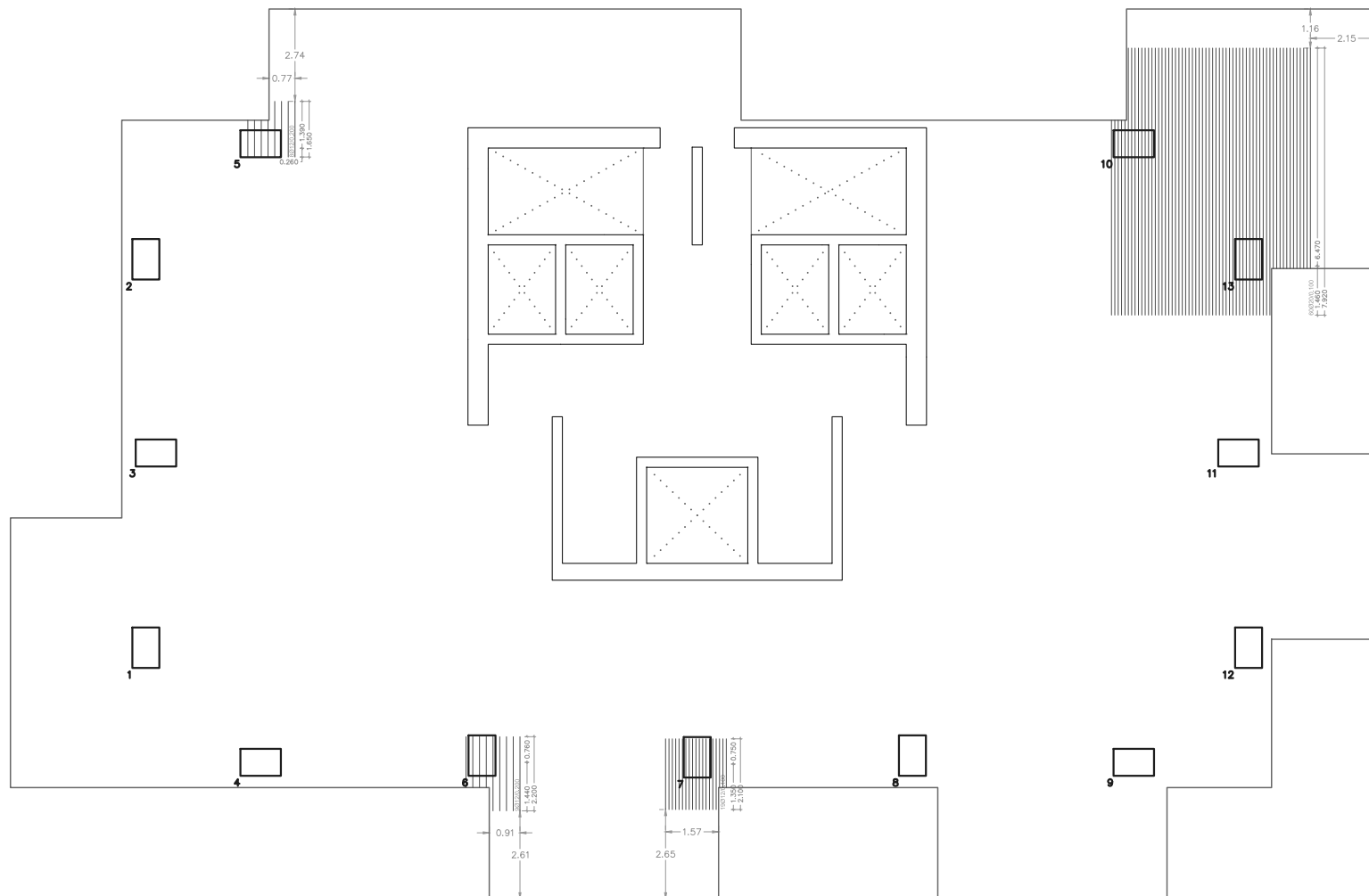
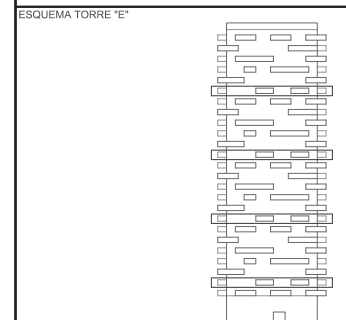
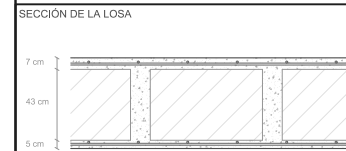
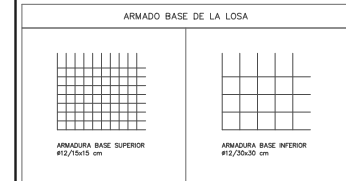
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 2 (P2, 8, 14, 20)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. p/tece	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Caja de la base 500 mm  
 Recubrimiento: 35 mm  
 Hombros: 10-30  
 Conf. interacción hormigón: 1.50  
 Área: B500  
 Conf. interacción acero: 1.15



# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

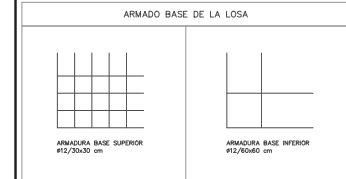
CONTENIDO

Plano de Replanteo  
Forjado Tipo 3 (P3, 9, 15, 21)

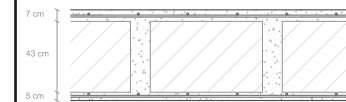
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>yk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>td</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>ctd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Acero arm. p/techo	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50	8500	B500	1,15

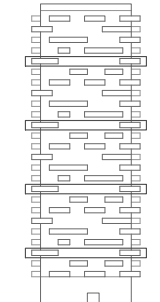
Coste de la losa 500 mm  
Replanteo: 35 mm  
Hormigón: 14-20  
Def. interacción hormigón: 1.50  
Def. f<sub>yk</sub>: 0.85  
Acero: B500  
Def. interacción acero: 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"

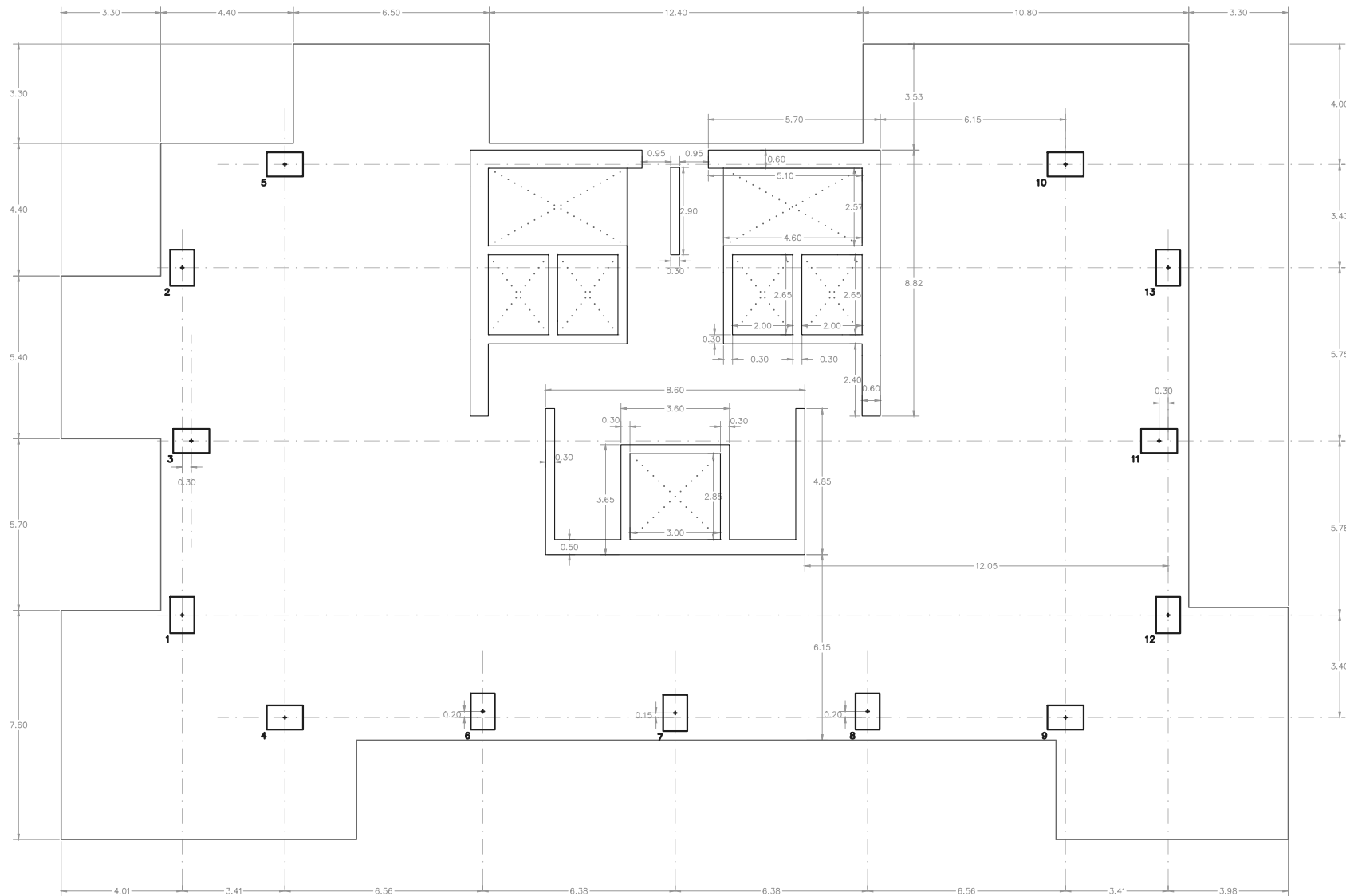


ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/3



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

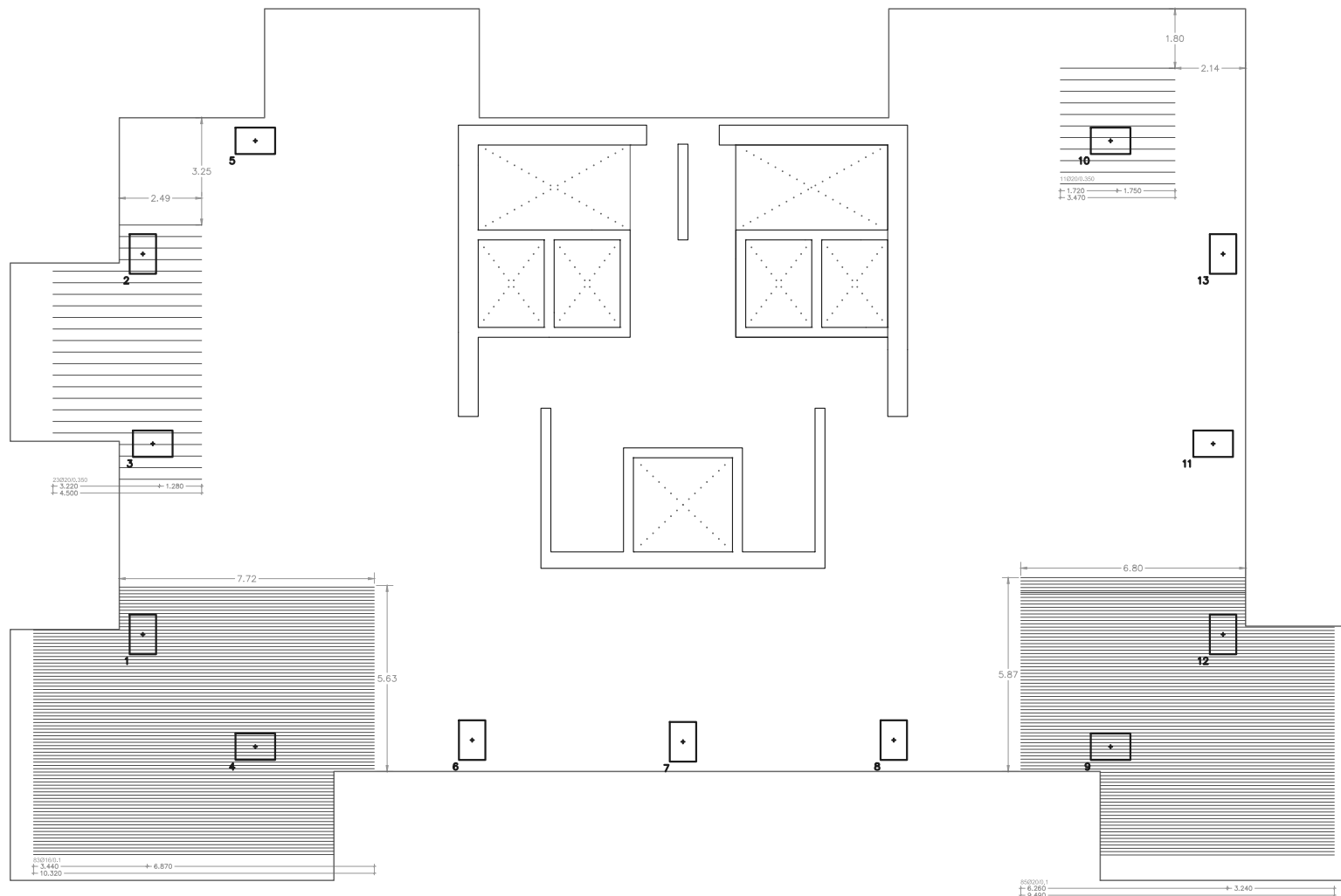
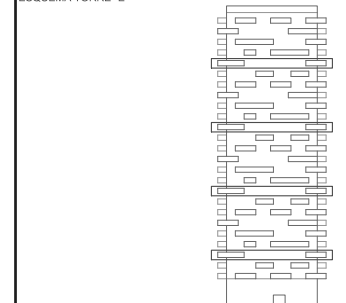
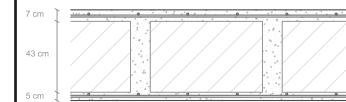
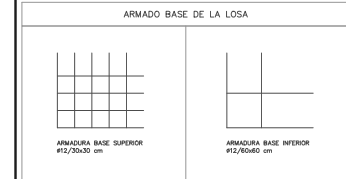
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo Armado Superior  
Forjado Tipo 3 (P3, 9, 15, 21)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fyk (N/mm <sup>2</sup> )	α	γc	Acero arm. diámetro	ys
HA30	30,00	1,00	1,50		B500 B500	1,15

Cable de la base 500 mm  
Recubrimiento: 35 mm  
Hormigón: HA-30  
Cable: interacción hormigón 1.50  
Cable: #12, 0.25  
Acero: B500  
Cable: interacción acero 1.15



PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

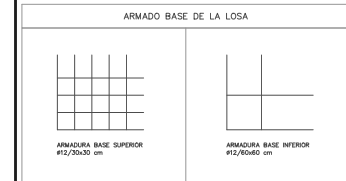
CONTENIDO

Refuerzo de Armado Superior  
Forjado Tipo 3 (P3, 9, 15, 21)

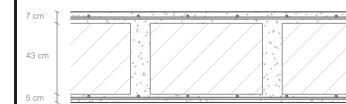
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	σ largo	γ <sub>c</sub>	Acero arm. p/ene	Acero arm. v/ene	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

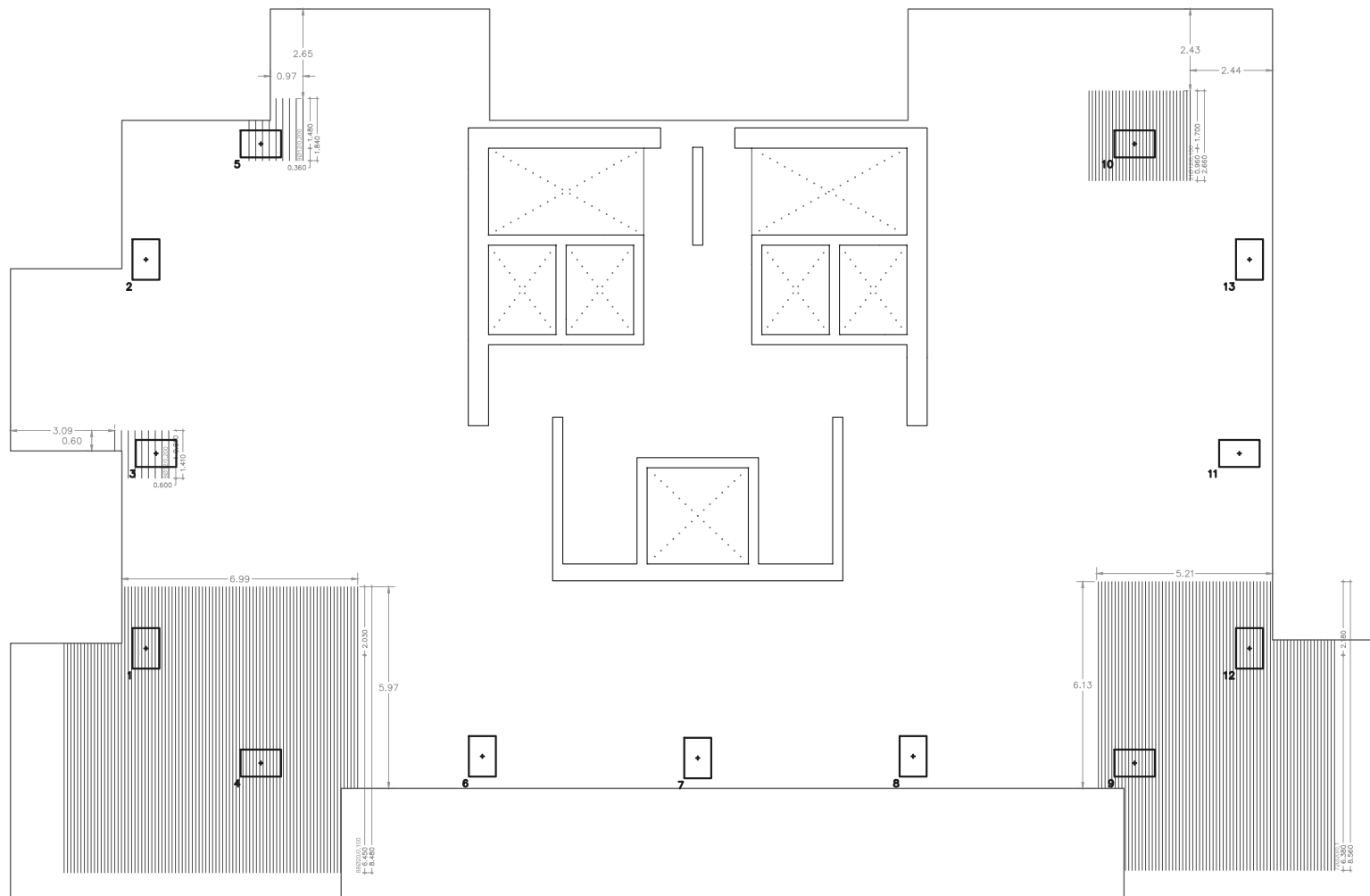
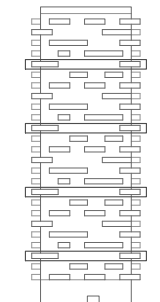
Coste de la base 800 mm  
Requerimiento: 30 mm  
Hormigón: HA-30  
Conf. inferior: hormigón 1.50  
Conf. v/ene: B500  
Conf. inferior: acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

3/3



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

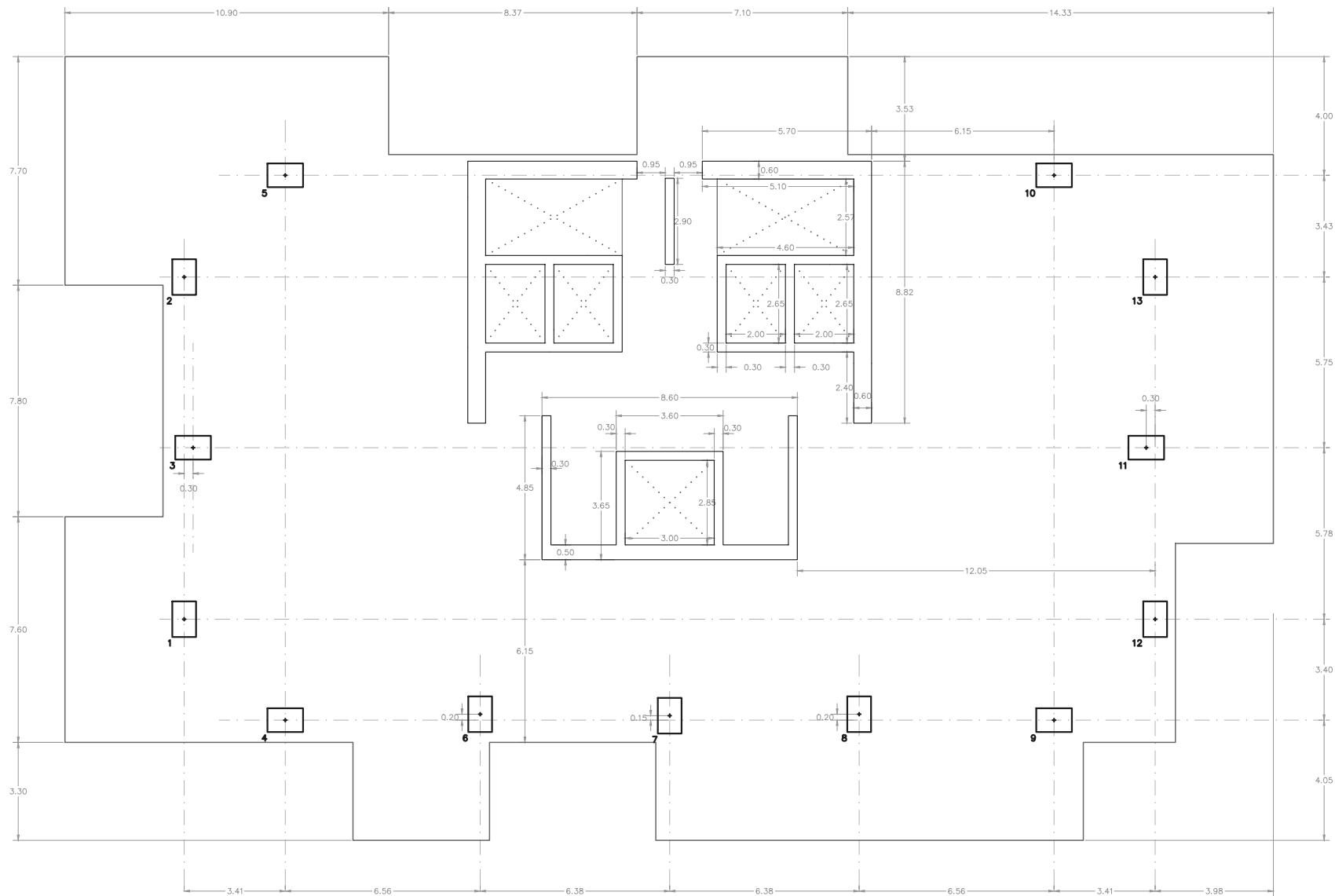
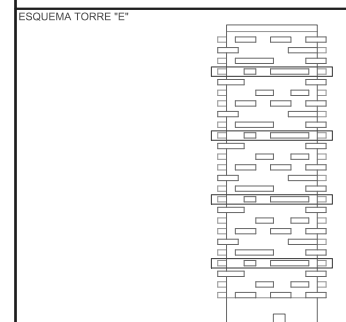
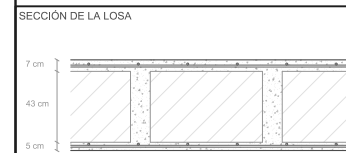
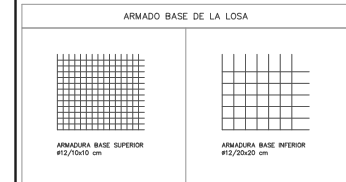
Boeri Studio

10.10.2014

Plano de Replanteo  
Forjado Tipo 4 (P4, 10, 16, 22)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. p/teles	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Coste de la base 500 mm  
Recubrimiento: 35 mm  
Hormigón: HA-30  
Cofre: malla de hormigón 1.50  
Cofre: #12/20x20  
Acero: B500  
Cofre: malla de acero 1.15



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

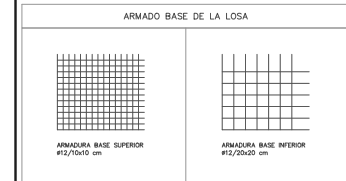
Boeri Studio

10.10.2014

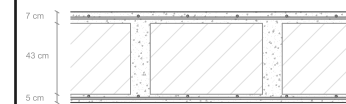
Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 4 (P4, 10, 16, 22)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctd	α largo	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

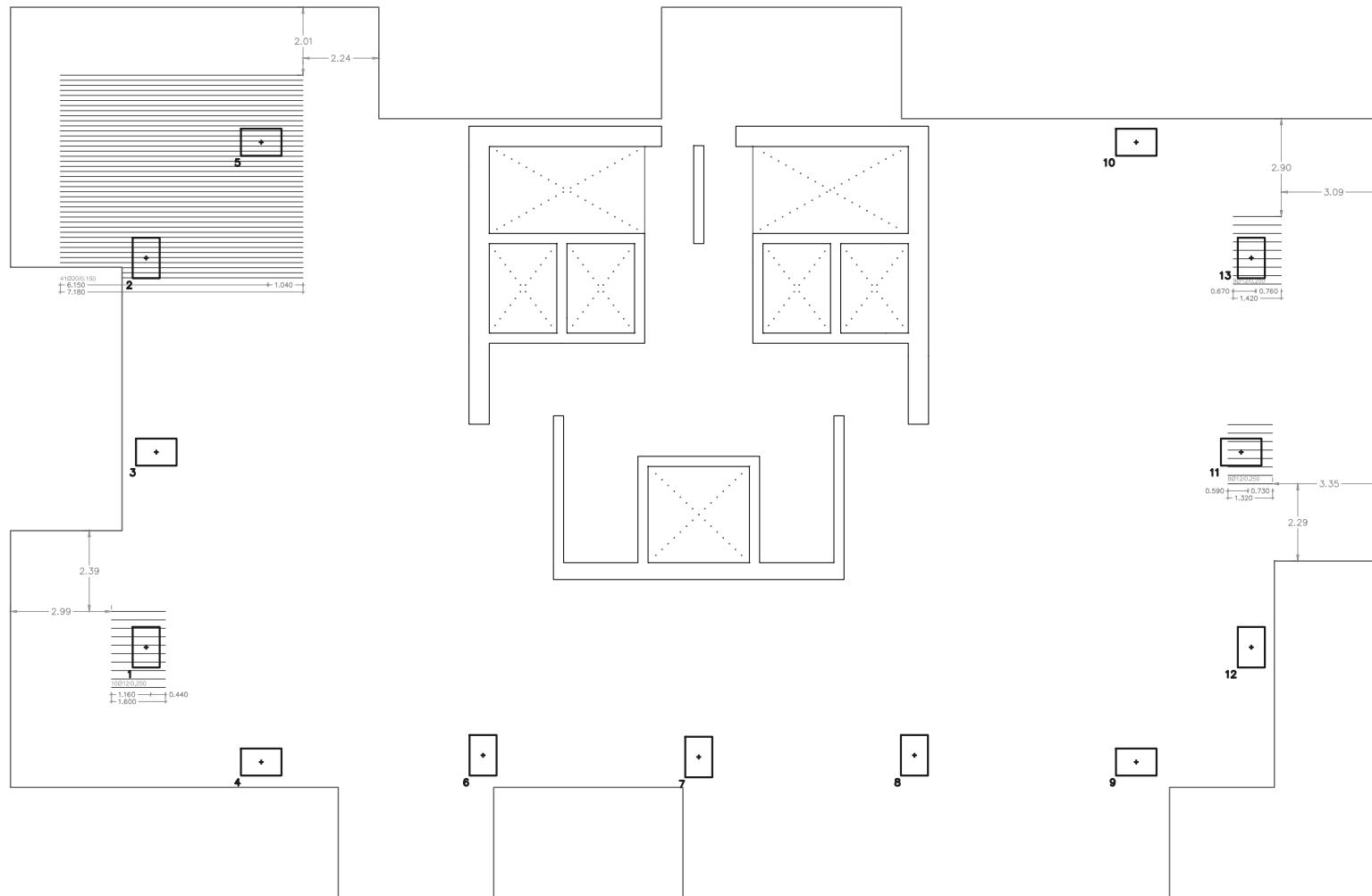
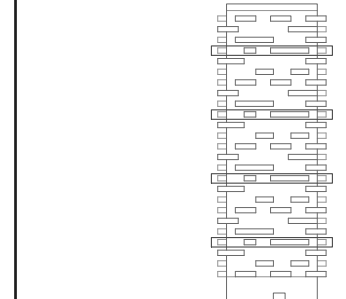
Capa de la losa 90 mm  
 Recubrimiento 25 mm  
 Hormigón HA-30  
 Conf. inferior en hormigón 1.50  
 Área: B500  
 Conf. inferior acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

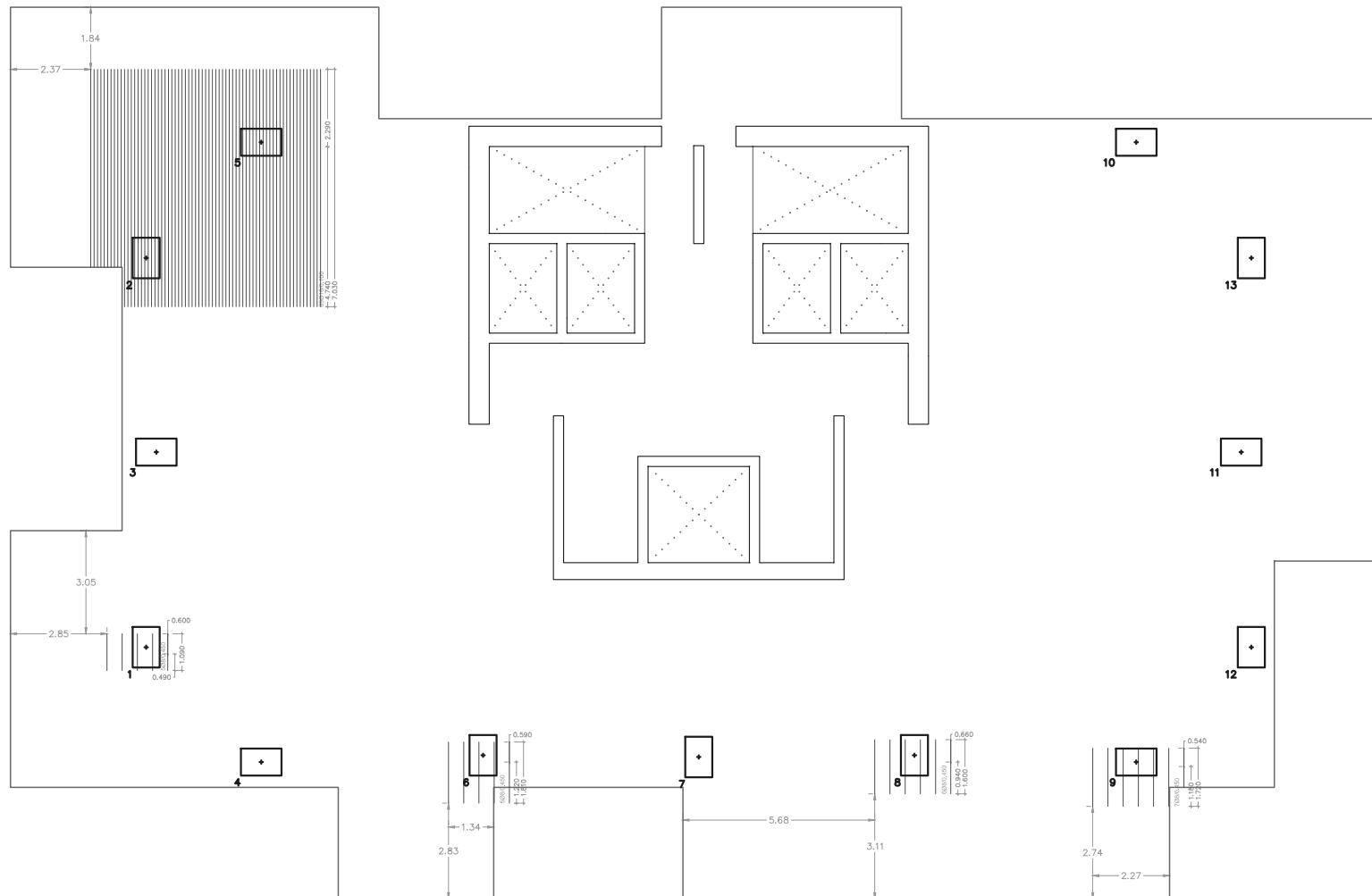
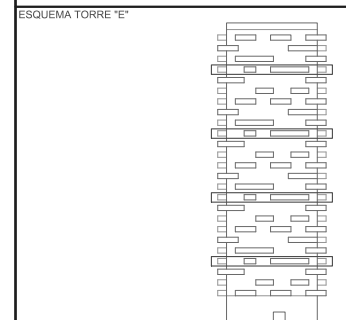
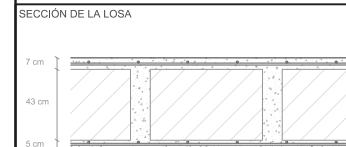
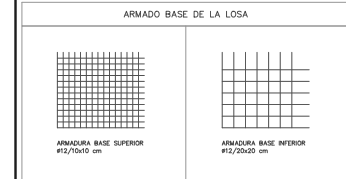
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 4 (P4, 10, 16, 22)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γ <sub>c</sub>	Acero arm. barras	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Caja: de la base 500 mm  
 Recubrimiento: 35 mm  
 Hombros: 90-30  
 Cof. inferior: hormigón 1.50  
 Área: 40 x 0.35  
 Área: 850  
 Cof. inferior: acero 1.15



# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

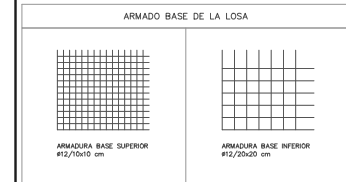
CONTENIDO

Plano de Replanteo  
Forjado Tipo 5 (P5, 11, 17, 23)

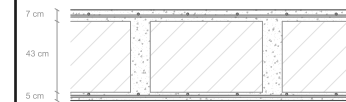
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctd (N/mm <sup>2</sup> )	γc	Acero arm. barras	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

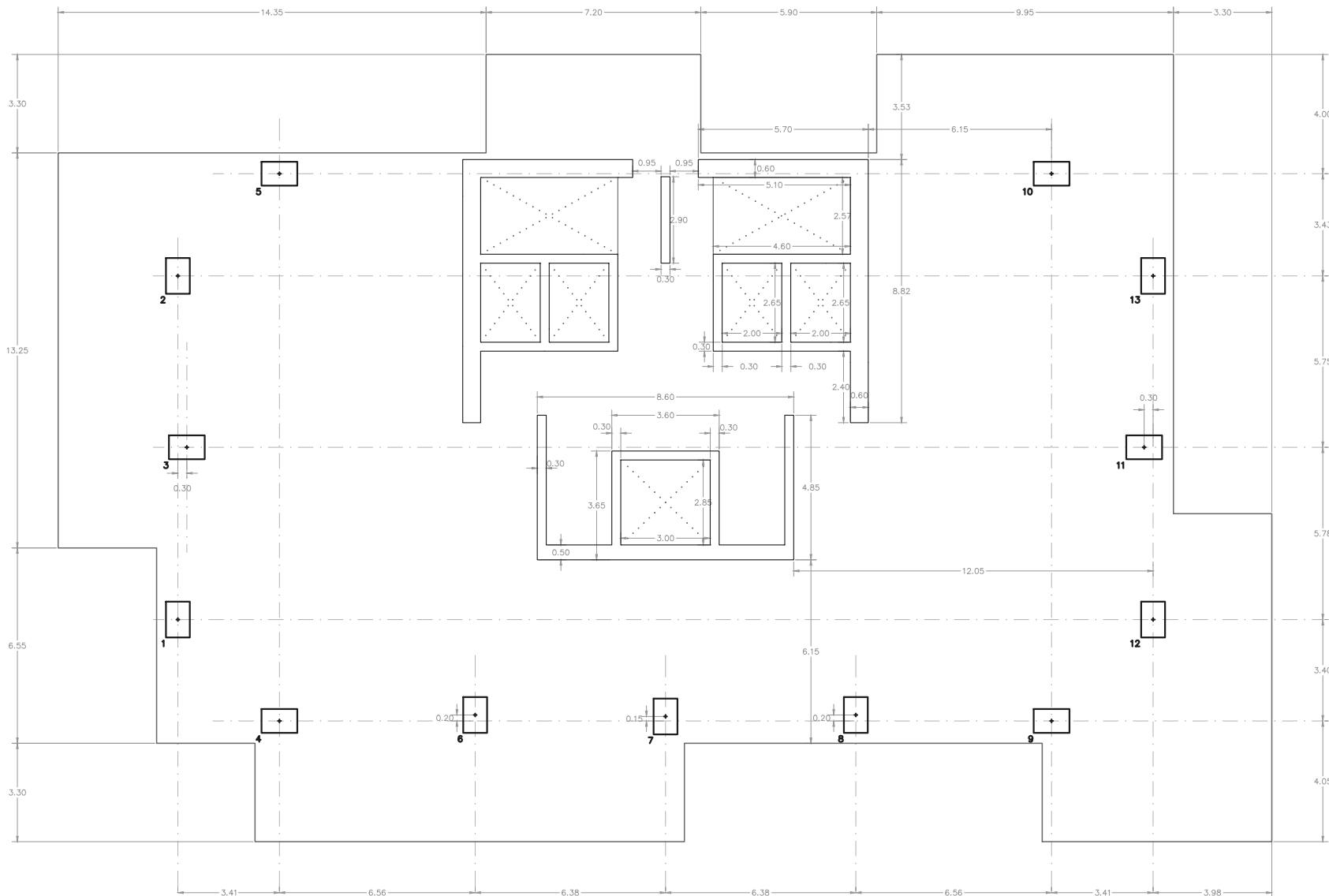
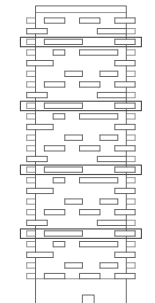
Coste de la losa 500 mm  
Requerimiento: 35 mm  
Hormigón: 140-30  
Cant. inmersión hormigón: 1.50  
Cant. #12: 0.25  
Acero: B500  
Cant. inmersión acero: 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/3

# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

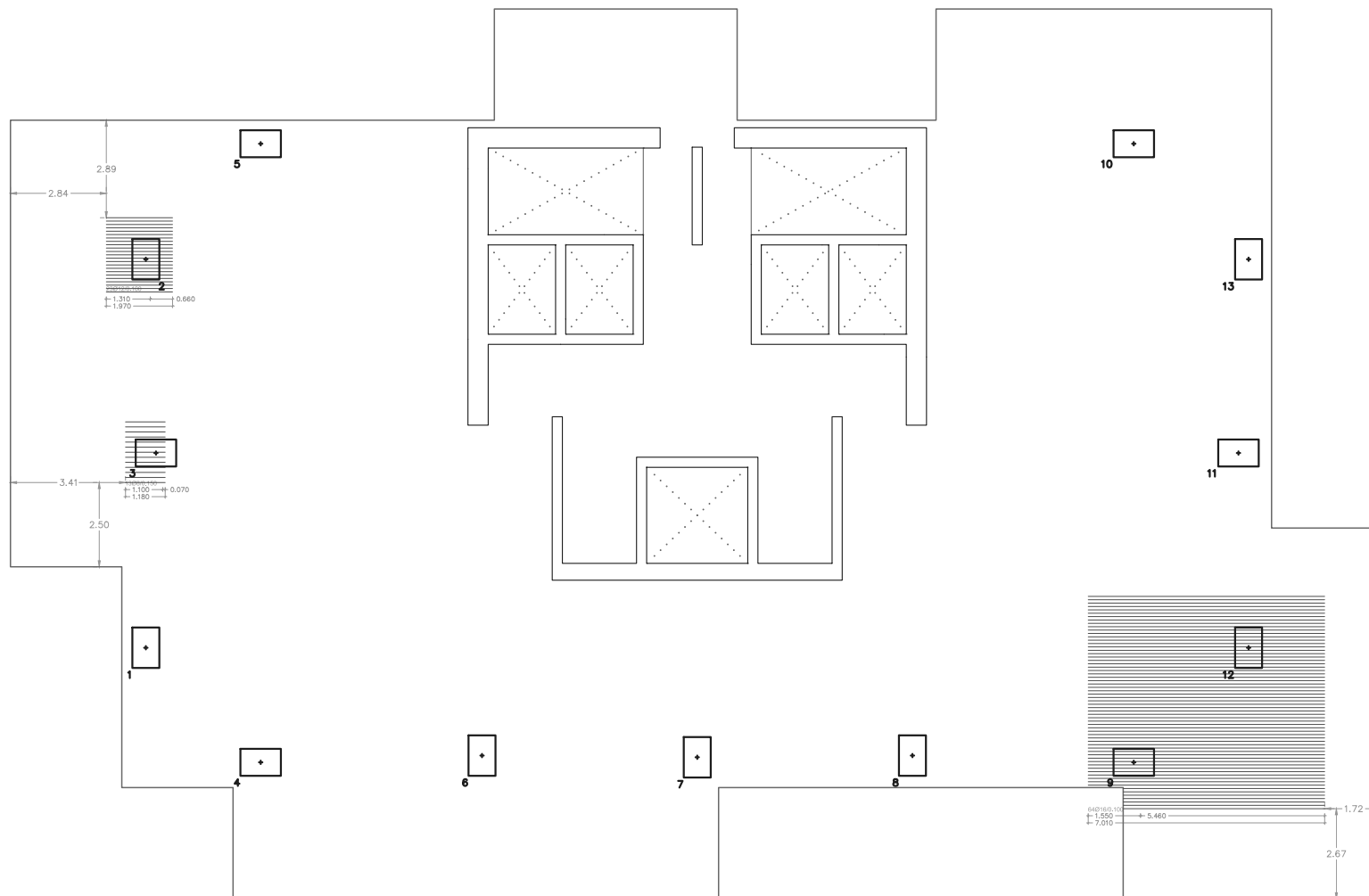
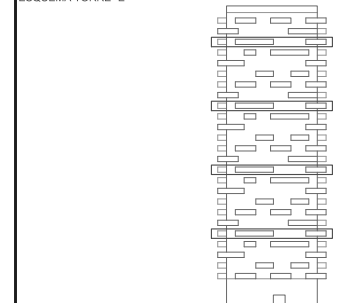
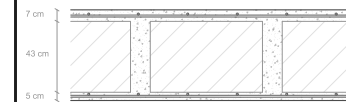
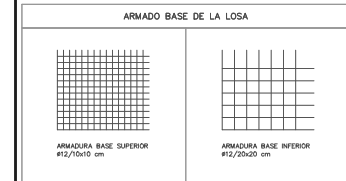
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo Armado Superior  
Forjado Tipo 5 (P5, 11, 17, 23)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	σ largo	γ <sub>c</sub>	Acero arm. p/ten.	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Clase de la base B50 mm  
Requisito: 30 mm  
Normativa: N1-21  
Conf. inferior: hormigón 1.50  
Conf. inf. B50  
Acero: B500  
Conf. inferior: acero 1.15



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

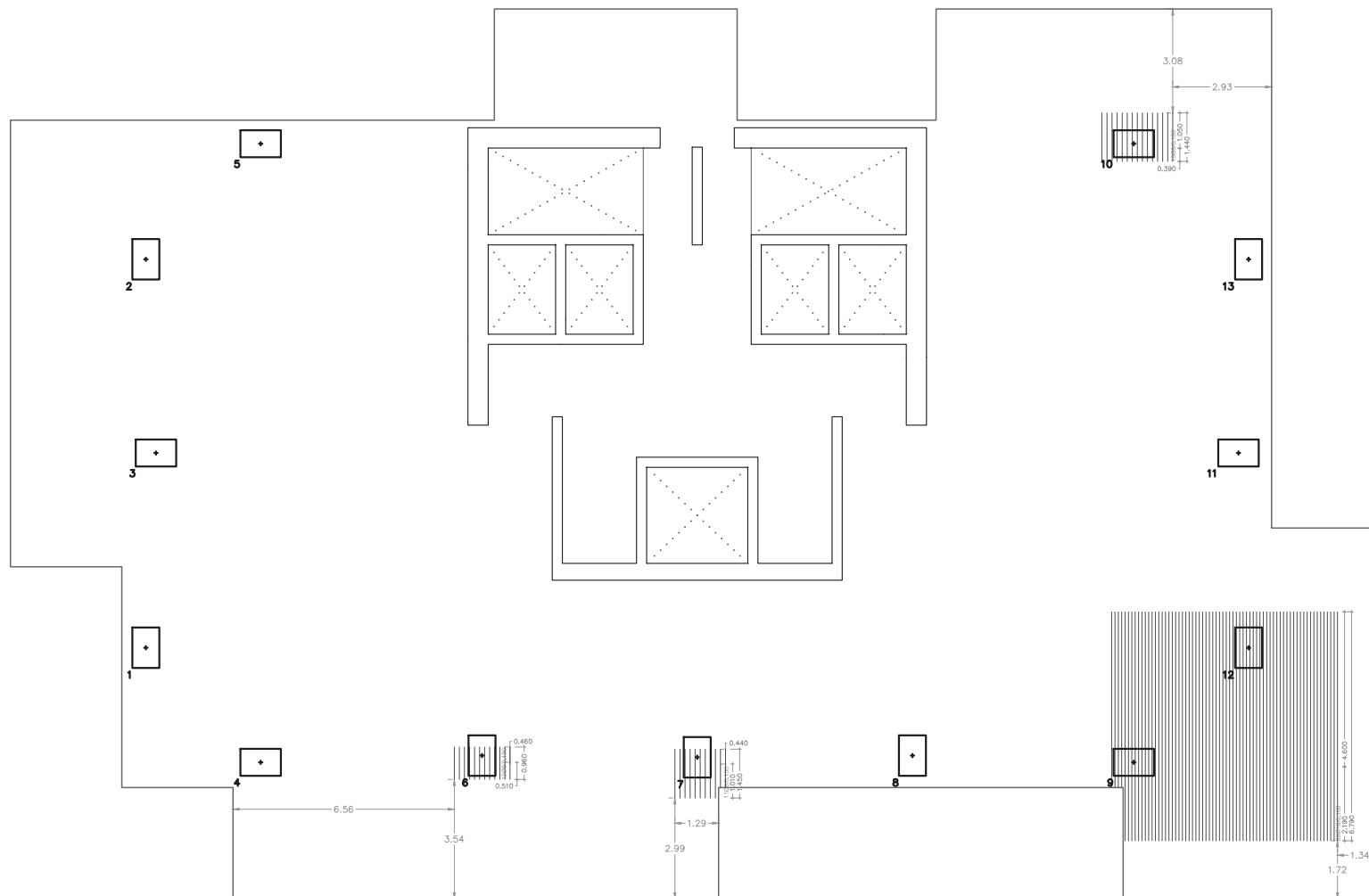
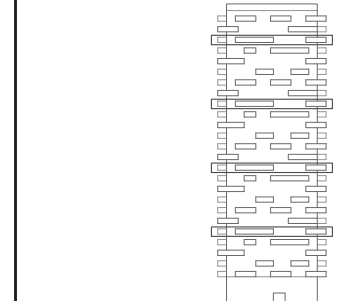
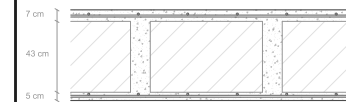
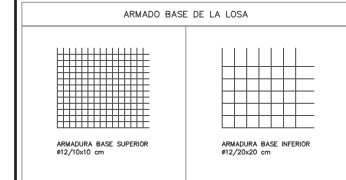
Boeri Studio

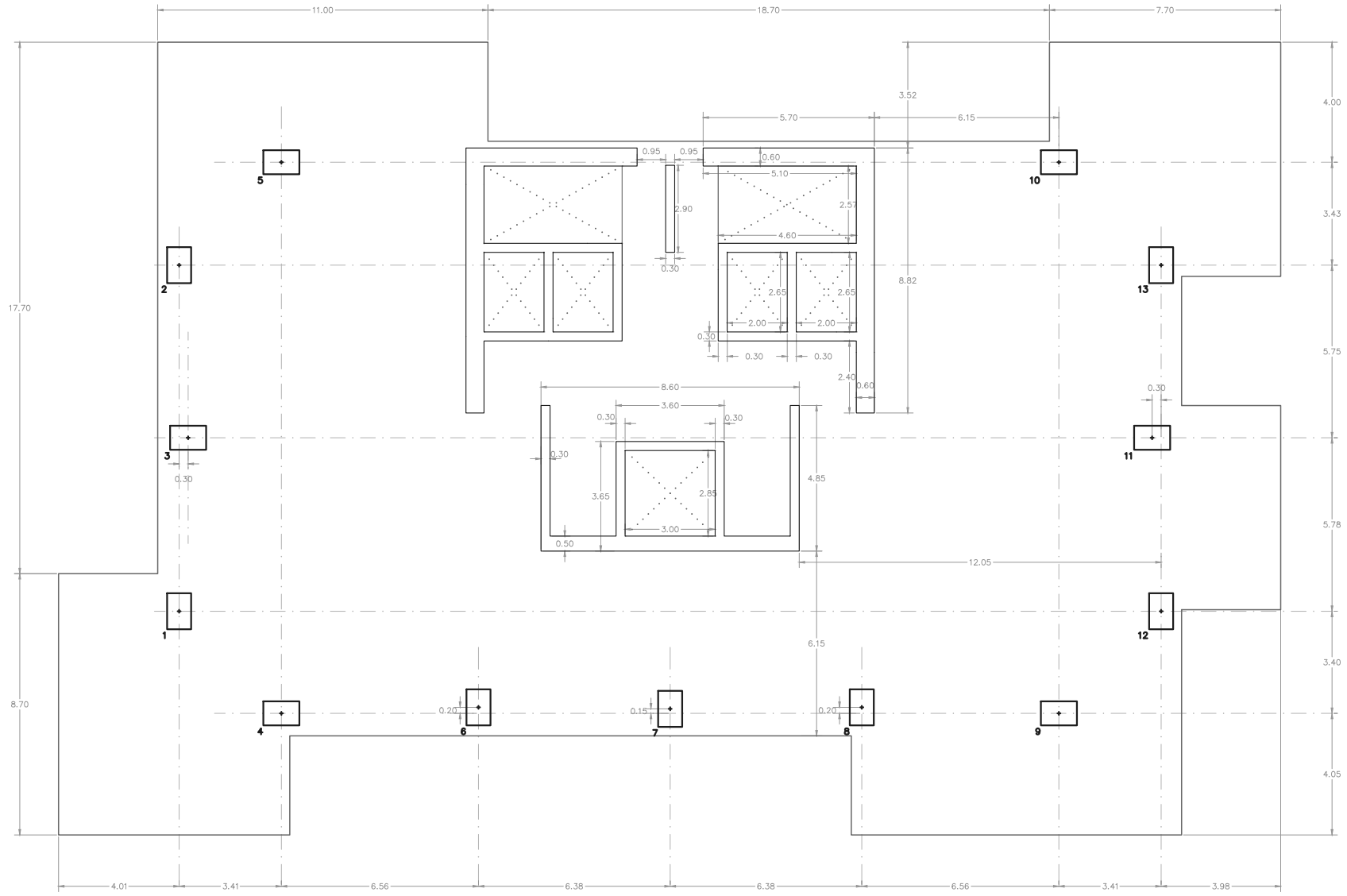
10.10.2014

Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 5 (P5, 11, 17, 23)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. p/ene.	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Cables de la base Ø50 mm  
 Recubrimiento: 30 mm  
 Normativa: NTC-08  
 Conf. inferior de hormigón: 1.50  
 Área: 1850  
 Conf. inferior de acero: 1.15





PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

Plano de Replanteo Forjado Tipo 6 (P6, 12, 18, 24)

INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fil. (N/mm <sup>2</sup> )	σ largo (N/mm <sup>2</sup> )	γ <sub>c</sub>	Acero adm. p/ene.	Acero adm. v/ene.	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Cables de la base Ø50 mm  
 Recubrimiento: 30 mm  
 Normativa: EN-120  
 Conf. interacción horizontal: 1.50  
 Conf. 4th: 0.25  
 Área: 8000  
 Conf. interacción: acero 1.15

ARMADO BASE DE LA LOSA

ARMADURA BASE SUPERIOR  
#12/20x20 cm

ARMADURA BASE INFERIOR  
#12/40x40 cm

SECCIÓN DE LA LOSA

ESQUEMA TORRE "E"

ESCALA 1/200 Nº PLANO 1/3



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

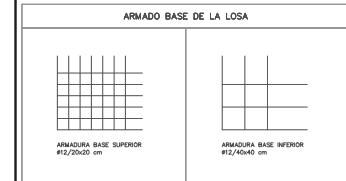
Boeri Studio

10.10.2014

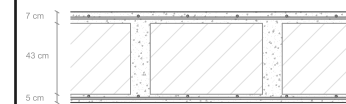
Refuerzo Armado Superior Forjado Tipo 6 (P6, 12, 18, 24)

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fyk (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. barras	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500
						1,15

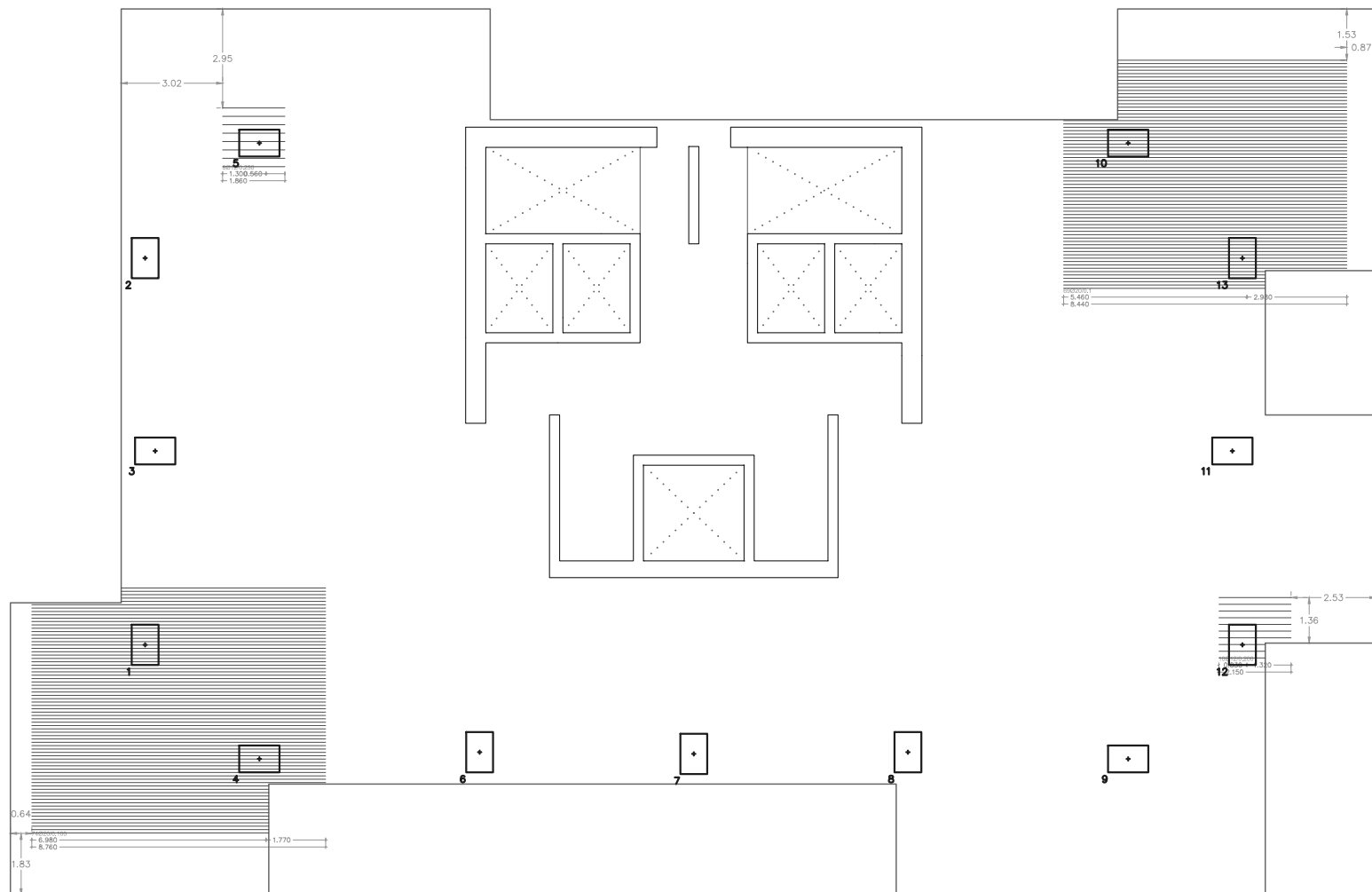
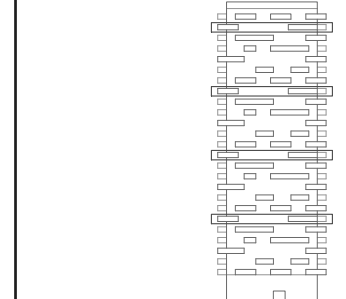
Cable de la base 500 mm  
 Recubrimiento: 35 mm  
 Hombros: 10-30  
 Conf. interacción hormigón: 1.50  
 Área: #12  
 Área: #18  
 Conf. interacción acero: 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



# BOSCO VERTICALE

Porta Nuova Isola

Milán, Italia

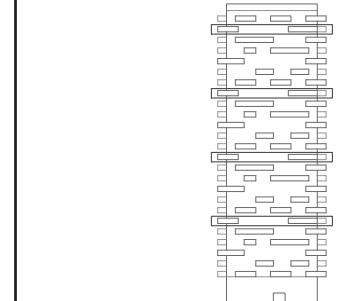
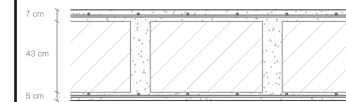
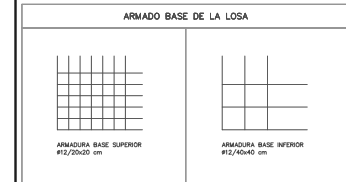
Boeri Studio

10.10.2014

Refuerzo de Armado Superior Forjado Tipo 6 (P6, 12, 18, 24)

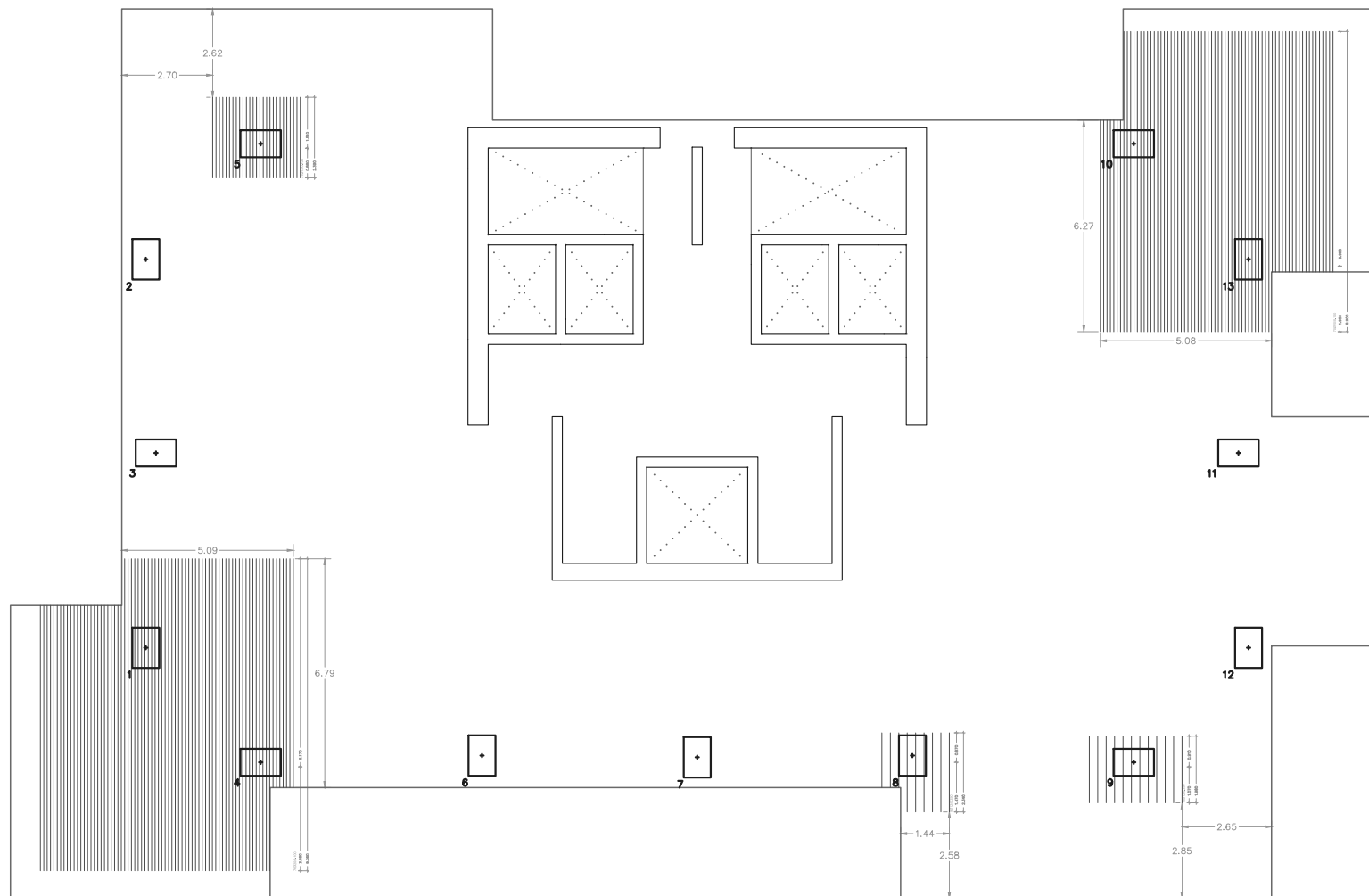
HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctd (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500

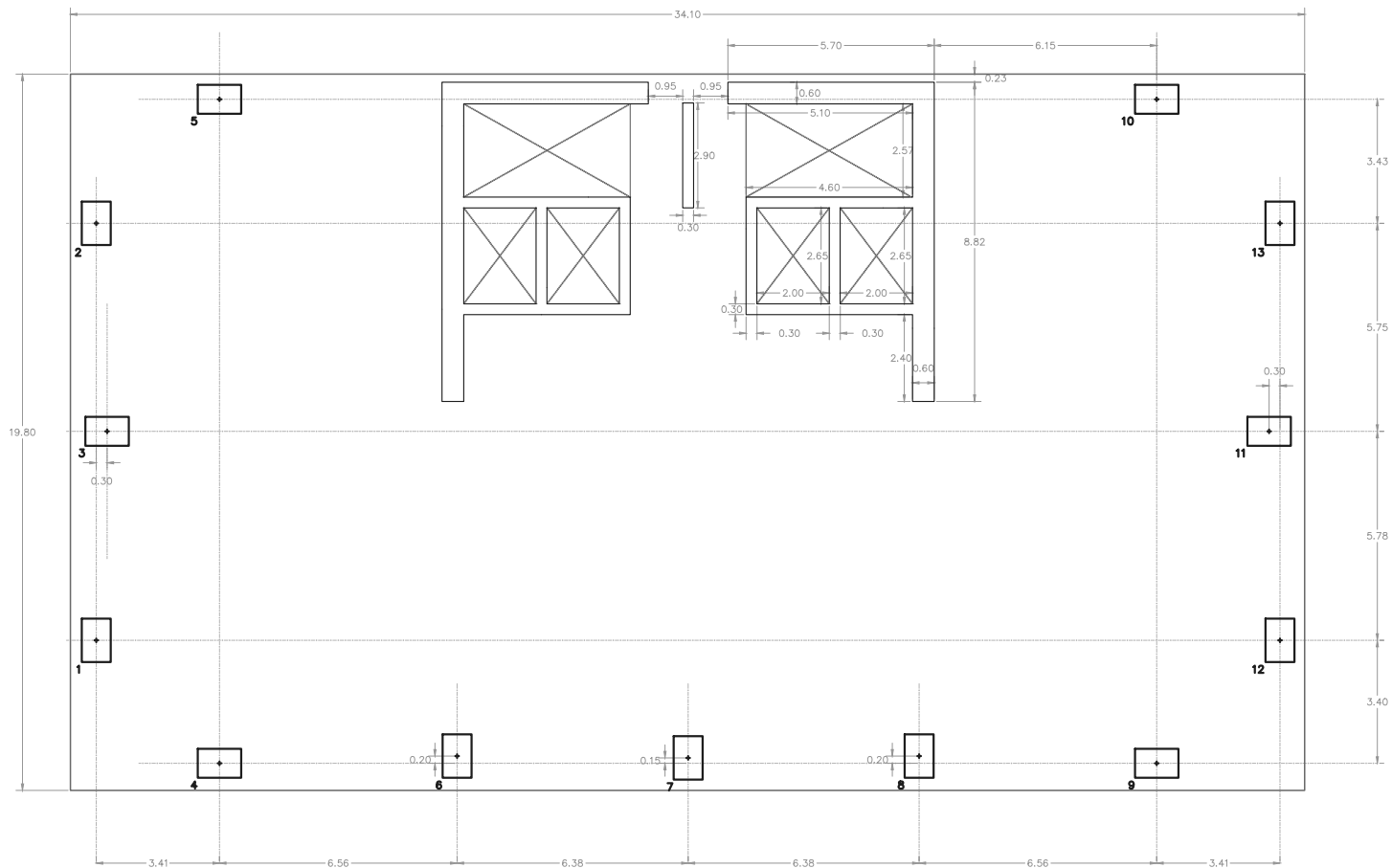
Cable de la base 500 mm  
 Recubrimiento: 35 mm  
 Hombros: 14-30  
 Conf. interacción hormigón: 1.50  
 Área: 471,235  
 Área: 8500  
 Conf. interacción acero: 1.15



1/200

3/3





PROYECTO

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

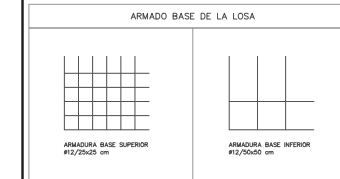
CONTENIDO

Plano de Replanteo Forjado P. Cubierta

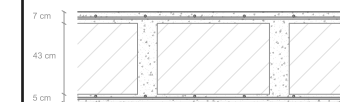
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fyk (N/mm <sup>2</sup> )	α	γc	Acero arm. barras	γs
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500
						1,15

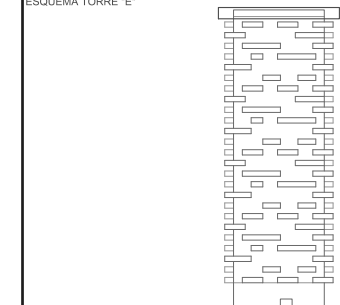
Cables de la base 500 mm con  
 Recubrimiento = 35 mm  
 Hombros 90°-30°  
 Cuello interior mínimo 1.50  
 Cuello 45° 0.25  
 Ancho = B500  
 Cuello interior acero 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

1/3

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

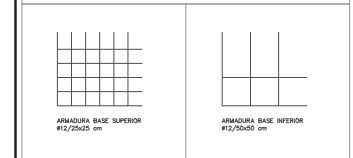
Refuerzo Armado Superior  
Forjado P. Cubierta

INFORMACIÓN MATERIALES

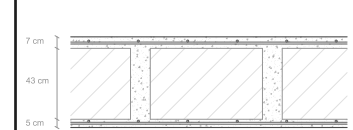
HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	Fck (N/mm <sup>2</sup> )	fctk	α largo duración	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Cable de la base 500 mm  
Recubrimiento: 35 mm  
Hormigón: HA-30  
Conf. inferior en hormigón: 1.50  
Área: 8500  
Conf. inferior en acero: 1.15

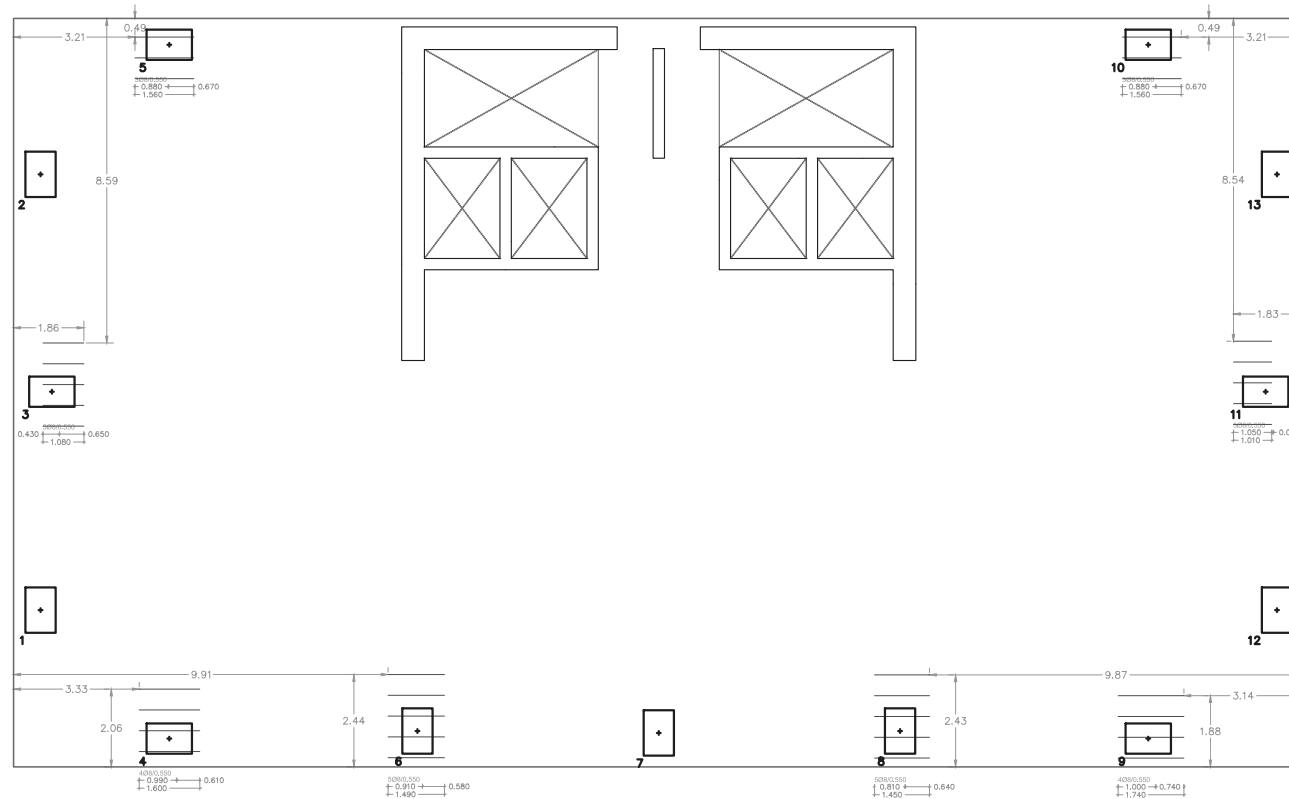
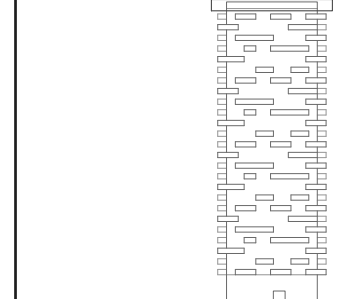
ARMADO BASE DE LA LOSA



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

2/3

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

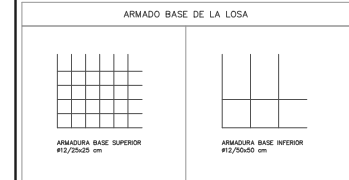
CONTENIDO

Refuerzo de Armado Superior Forjado P. Cubierta

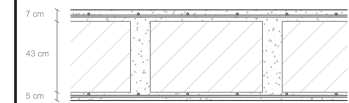
INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	fyk (N/mm <sup>2</sup> )	α	γc	Acero arm. p/tenes	Acero arm. vigas
HA30	30,00	1,00	1,50		B500	B500

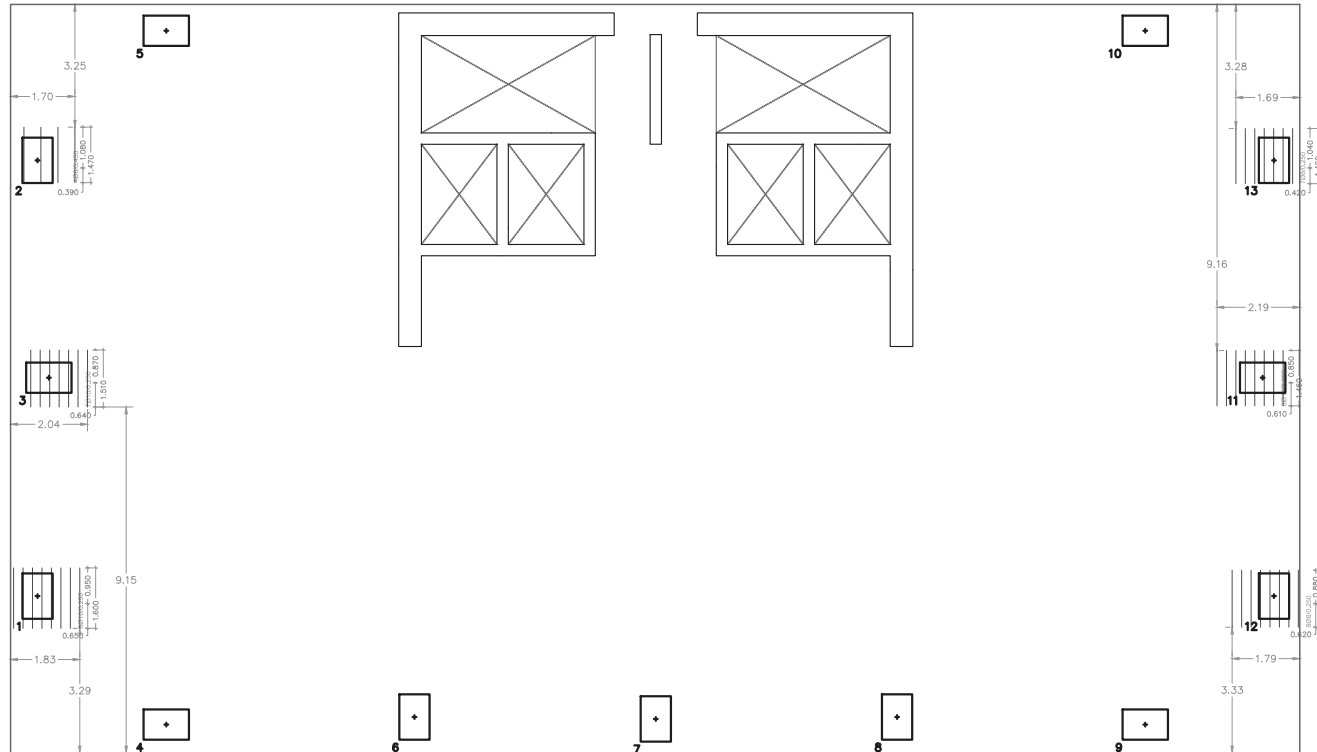
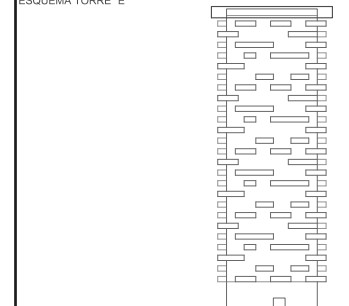
Caja de la base 500 mm  
Requerimiento: 35 mm  
Espesor: 10-20  
Dist. inferior hormigón: 1.50  
Dist. inferior acero: 0.25  
Acero: B500  
Dist. inferior acero: 1.15



SECCIÓN DE LA LOSA



ESQUEMA TORRE "E"



ESCALA

1/200

Nº PLANO

3/3

ANEXO III

TABLA DE ARMADO DE PILARES

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

Cuadro de Pilares

INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	h <sub>ef</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γ <sub>c</sub>	Acero arm. diámetro	Acero arm. viga	γ <sub>s</sub>
HA30	30,20	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Forjado 8. Cota 38,00														Forjado 8. Cota 38,00
Forjado 7. Cota 34,00														Forjado 7. Cota 34,00
Forjado 6. Cota 30,00														Forjado 6. Cota 30,00
Forjado 5. Cota 26,00														Forjado 5. Cota 26,00
Forjado 4. Cota 22,00														Forjado 4. Cota 22,00
Forjado 3. Cota 18,00														Forjado 3. Cota 18,00
Forjado 2. Cota 14,00														Forjado 2. Cota 14,00
Forjado 1. Cota 10,00														Forjado 1. Cota 10,00
Forjado 0. Cota 0,00														Forjado 0. Cota 0,00
Forjado -1. Cota -2,00														Forjado -1. Cota -2,00

# BOSCO VERTICALE

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA

10.10.2014

CONTENIDO

Cuadro de Pilares

INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	α largo	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. clase	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Forjado 17. Cota 74,00													Forjado 17. Cota 74,00
Forjado 16. Cota 70,00													Forjado 16. Cota 70,00
Forjado 15. Cota 66,00													Forjado 15. Cota 66,00
Forjado 14. Cota 62,00													Forjado 14. Cota 62,00
Forjado 13. Cota 58,00													Forjado 13. Cota 58,00
Forjado 12. Cota 54,00													Forjado 12. Cota 54,00
Forjado 11. Cota 50,00													Forjado 11. Cota 50,00
Forjado 10. Cota 46,00													Forjado 10. Cota 46,00
Forjado 9. Cota 42,00													Forjado 9. Cota 42,00
Forjado 8. Cota 38,00													Forjado 8. Cota 38,00
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13



# BOSCO VERTICALE

PROYECTO

PROMOTOR

Porta Nuova Isola

EMPLAZAMIENTO

Milán, Italia

ARQUITECTO(S)

Boeri Studio

FECHA



































































































































10.10.2014

CONTENIDO

Cuadro de Pilares

INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO							
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	α largo dirección	γc	Acero arm. diámetro	Acero arm. clase	γs	
H30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15	

Forjado 26. Cota 110,00														Forjado 26. Cota 110,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 25. Cota 106,00														Forjado 25. Cota 106,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 24. Cota 102,00														Forjado 24. Cota 102,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 23. Cota 98,00														Forjado 23. Cota 98,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 22. Cota 94,00														Forjado 22. Cota 94,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 21. Cota 90,00														Forjado 21. Cota 90,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 20. Cota 86,00														Forjado 20. Cota 86,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 19. Cota 82,00														Forjado 19. Cota 82,00
	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x90 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x80 22x16 L=400+75 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+60 c#8/20	BxH 90x80 22x16 L=400+75 c#8/30	BxH 80x80 22x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 18. Cota 78,00														Forjado 18. Cota 78,00
	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	
Forjado 17. Cota 74,00														Forjado 17. Cota 74,00
	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 100x80 24x16 L=400+60 c#8/20	BxH 80x100 24x16 L=400+60 c#8/20	

**ANEXO IV**

**TABLA DE SOLICITACIONES Y ARMADO DE MUROS**

MURO 1 (60 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	199'94	16'95	155'80	12'28	6Ø12 + 4Ø20	6Ø12

MURO 2 (60 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	199'94	16'95	155'80	12'28	6Ø12 + 4Ø20	6Ø12

MURO 3 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	27'77	4'87	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	27'77	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	35'59	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	35'59	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	35'59	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	35'59	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	35'59	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	43'42	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	43'42	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	43'42	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	43'42	4'26	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	27'77	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	19'94	8'84	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	19'94	13'41	10'09	0'92	6Ø12	6Ø12

MURO 4 (60 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	376'47	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	129'43	16'95	78'38	12'28	6Ø12 + 6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	129'43	16'95	78'38	12'28	6Ø12 + 6Ø12	6Ø12

MURO 5 (60 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	376'47	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	211'78	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	199'94	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	129'43	11'87	155'80	12'28	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	129'43	11'87	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	129'43	7'34	78'38	12'28	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	129'43	16'95	78'38	12'28	6Ø12 + 6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	129'43	16'95	78'38	12'28	6Ø12 + 6Ø12	6Ø12

MURO 6 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	43'28	8'97	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	43'28	12'49	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12

MURO 7 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	32'60	1'58	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	32'60	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	43'28	5'45	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	43'28	8'97	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	43'28	12'49	18'93	6'49	6Ø12	6Ø12

MURO 8 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	2'79	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	2'79	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	4'5	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	4'5	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	4'5	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	4'5	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	4'5	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	7'94	5'82	6'78	1'62	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	7'94	8'88	6'78	3'93	6Ø12	6Ø12

MURO 9 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	5'63	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	5'63	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	12'59	3'42	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	12'59	3'42	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	9'55	8'34	19'45	2'76	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	5'63	8'34	24'22	3'38	6Ø12	6Ø12

MURO 10 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	5'63	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	5'63	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	6'51	3'42	19'45	0'94	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	6'51	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	12'59	3'42	19'45	0'92	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	12'59	3'42	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	12'59	3'42	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	12'59	8'34	19'45	1'53	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	9'55	8'34	19'45	2'76	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	5'63	8'34	24'22	3'38	6Ø12	6Ø12

MURO 11 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	2'79	3'36	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	2'79	2'75	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	2'79	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	2'79	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	4'51	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	4'51	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	4'51	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	4'51	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	4'51	5'82	6'78	0'68	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	7'94	5'82	6'78	1'62	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	7'94	8'88	6'78	3'93	6Ø12	6Ø12

MURO 12 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	25'98	7'74	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	25'98	7'74	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12



MURO 13 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	25'98	1'93	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	25'98	4'52	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	25'98	7'74	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	25'98	7'74	25'69	4'07	6Ø12	6Ø12

MURO 14 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	12'33	4'94	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	12'33	4'94	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	12'33	4'94	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	12'33	4'94	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	12'33	4'94	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	12'33	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	9'73	5'52	7'32	1'63	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	14'78	5'52	13'36	1'63	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	12'18	9'02	10'78	3'87	6Ø12	6Ø12

MURO 15 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	20'10	13'21	35'83	6'39	6Ø12	6Ø12

MURO 16 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	29'54	5'45	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	29'54	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	20'10	3'88	35'83	1'89	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	20'10	13'21	35'83	6'39	6Ø12	6Ø12

MURO 17 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	8'94	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	8'94	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	20'98	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	9'12	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	9'12	13'16	12'74	4'61	6Ø12	6Ø12

MURO 18 (30 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P23	98-102	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	8'94	2'02	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	8'94	5'73	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	8'94	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	8'94	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	14'96	9'45	12'74	1'56	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	14'96	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	20'98	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	9'12	9'45	12'74	2'57	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	9'12	13'16	12'74	4'61	6Ø12	6Ø12

MURO 19 (50 cm)

Niveles	Cotas (m)	My (m-kN/m)	Sy (N/mm2)	Mx (m-kN/m)	Sx (N/mm2)	Arm. Vert.	Arm. Horiz.
P25	106 - 110	83'32	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P24	102 - 106	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P23	98 - 102	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P22	94 - 98	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P21	90 - 94	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P20	86 - 90	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P19	82 - 86	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P18	78 - 82	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P17	74 - 78	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P16	70 - 74	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P15	66 - 70	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P14	62 - 66	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P13	58 - 62	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P12	54 - 58	65'10	5'64	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P11	50 - 54	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P10	46 - 50	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P9	42 - 46	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P8	38 - 42	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P7	34 - 38	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P6	30 - 34	65'10	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P5	26 - 30	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P4	22 - 26	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P3	18 - 22	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P2	14 - 18	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P1	10 - 14	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P0	5 - 10	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P0	0 - 5	46'87	8'41	32'24	6'39	6Ø12	6Ø12
P -1	-2 - 0	46'87	17'79	32'24	6'39	6Ø12 + 4Ø16	6Ø12

ANEXO V

PLANO DE CIMENTACIÓN

# BOSCO VERTICALE

PROYECTO

Promotor  
**Porta Nuova Isola**

EMPLAZAMIENTO

**Milán, Italia**

ARQUITECTO(S)

**Boeri Studio**

FECHA

**10.10.2014**

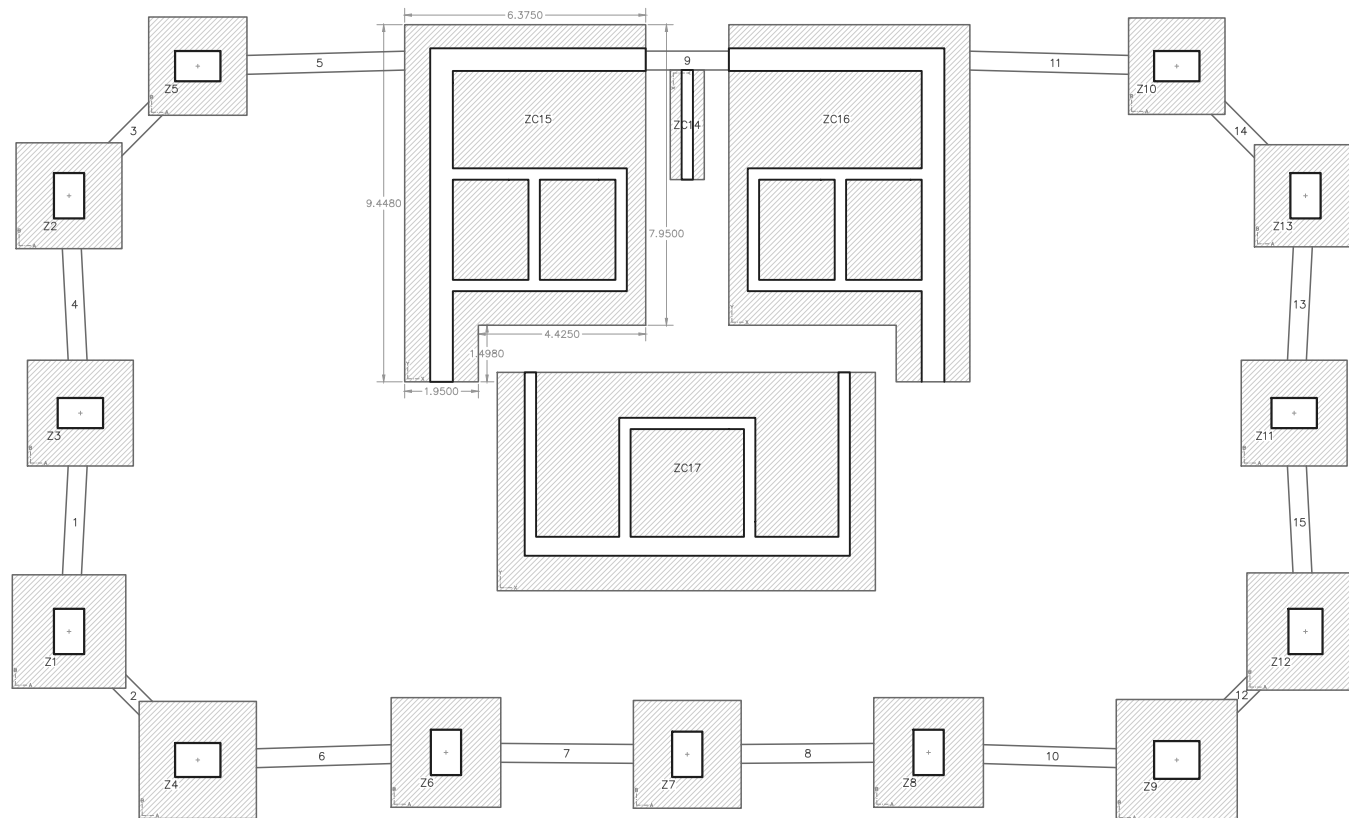
CONTENIDO

**Plano de Cimentación**  
Cota: -2 m

INFORMACIÓN MATERIALES

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	a largo duración	γc	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

Orientación:  
Nivel 0: Cota: -2,00 m.  
Módulo predominantemente H30.  
Temperatura admisible para espacios: 2000,00 N/m<sup>2</sup>.  
Tipo de suelo para zapatas: Cohesivo.



ZAPATAS AISLADAS						
Número	Tipo	Carga (kN)	AvBH (cm)	Armadura en dirección A	Armadura en dirección B	Esperas - solape
Z1	Centrada	16256,17	300x300x80	30x25/10cm	30x25/10cm	58x20 - 55 cm
Z2	Centrada	13847,34	280x280x80	14x32/20cm	14x32/20cm	30x20 - 55 cm
Z3	Centrada	14128,11	280x280x80	14x32/20cm	14x32/20cm	30x20 - 55 cm
Z4	Centrada	17179,60	310x310x80	31x25/10cm	31x25/10cm	52x20 - 55 cm
Z5	Centrada	12285,29	260x260x80	26x20/10cm	26x20/10cm	18x20 - 55 cm
Z6	Centrada	14960,92	290x290x80	15x32/20cm	15x32/20cm	42x20 - 55 cm
Z7	Centrada	14354,70	285x285x80	15x32/20cm	15x32/20cm	38x20 - 55 cm
Z8	Centrada	15254,66	290x290x80	29x25/10cm	29x25/10cm	46x20 - 55 cm
Z9	Centrada	18442,10	320x320x80	32x25/10cm	32x25/10cm	48x20 - 55 cm
Z10	Centrada	11421,20	255x255x80	26x20/10cm	26x20/10cm	18x20 - 55 cm
Z11	Centrada	14103,42	280x280x80	14x32/20cm	14x32/20cm	30x20 - 55 cm
Z12	Centrada	17359,88	310x310x80	31x25/10cm	31x25/10cm	52x20 - 55 cm
Z13	Centrada	13236,03	270x270x80	14x32/20cm	14x32/20cm	18x20 - 55 cm

ZAPATAS CORRIDAS BAJO MURO						
Número	Tipo	Carga (kN)	XxYyH (cm)	Armadura Dirección X	Armadura Dirección Y	Armadura superior
ZC14	Muro centrado	4952,67	290x90x80	4x12/25cm	15x16/20cm	---
ZC15	Muro centrado	90719,81	---	47x20/20cm	26x25/25cm	---
ZC16	Muro centrado	100020,89	---	47x20/20cm	26x25/25cm	---
ZC17	Muro centrado	109388,19	100x577,5x80	23x25/25cm	40x20/25cm	---

VICAS DE CIMENTACIÓN						
Número	Tipo	BxH (L) (cm)	Armadura superior	Armadura inferior	Piel	Estribos
1	Riostra	50x50 (288,1)	5x32(578)/1 capa	5x32(578)	2x12(578)	3x8/30cm
2	Riostra	50x50 (99,8)	6x32(481)/1 capa	6x32(481)	2x12(481)	3x8/30cm
3	Riostra	50x50 (151,3)	7x25(483)/1 capa	7x25(483)	2x12(483)	3x8/30cm
4	Riostra	50x50 (295,3)	5x32(576)/1 capa	5x32(576)	2x12(576)	3x8/30cm
5	Riostra	50x50 (384,8)	4x32(645)/1 capa	4x32(645)	2x12(645)	3x8/30cm
6	Riostra	50x50 (356,6)	6x32(657)/1 capa	6x32(657)	2x12(657)	3x8/30cm
7	Riostra	50x50 (350,8)	5x32(638)/1 capa	5x32(638)	2x12(638)	3x8/30cm
8	Riostra	50x50 (350,8)	5x32(638)/1 capa	5x32(638)	2x12(638)	3x8/30cm
9	Riostra	50x50 (220)	3x20(220)/1 capa	3x20(220)	2x12(220)	3x8/30cm
10	Riostra	50x50 (305,6)	6x32(657)/1 capa	6x32(657)	2x12(657)	3x8/30cm
11	Riostra	50x50 (517,4)	6x25(645)/1 capa	6x25(645)	2x12(645)	3x8/30cm
12	Riostra	50x50 (85,7)	6x32(481)/1 capa	6x32(481)	2x12(481)	3x8/30cm
13	Riostra	50x50 (300,3)	5x32(576)/1 capa	5x32(576)	2x12(576)	3x8/30cm
14	Riostra	50x50 (162)	7x25(483)/1 capa	7x25(483)	2x12(483)	3x8/30cm
15	Riostra	50x50 (285,1)	6x32(578)/1 capa	6x32(578)	2x12(578)	3x8/30cm

ESCALA

**1/200**

Nº PLANO

**1/1**