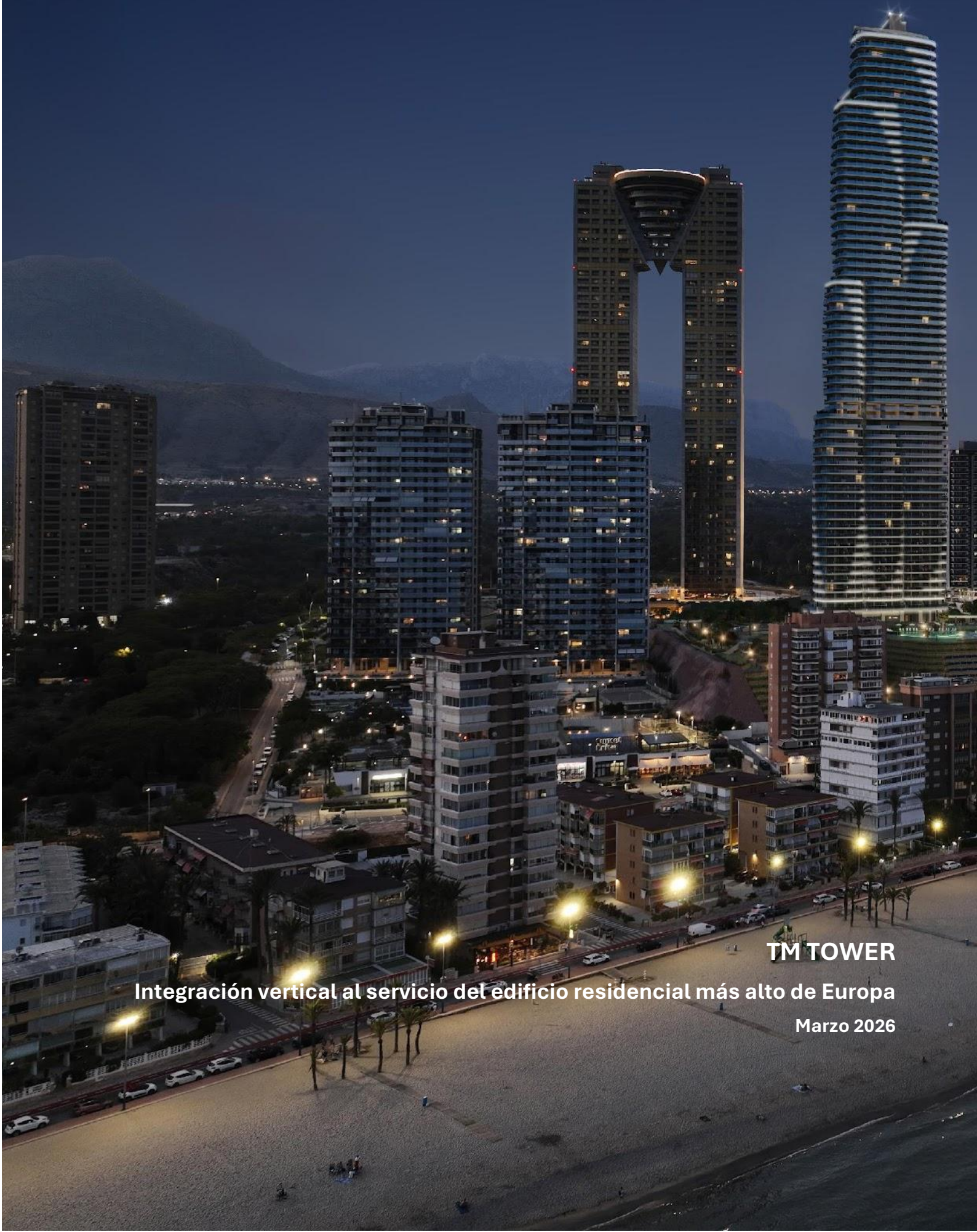




TM TOWER

Integración vertical al servicio del edificio residencial más alto de Europa

Marzo 2026

MENSAJE CLAVE

De la fragmentación a la gobernanza integrada en proyectos complejos

El caso TM Tower permite analizar, desde una experiencia real y medible, cómo la organización integrada del proyecto impacta de forma directa en la fiabilidad del plazo, la productividad y la calidad en la edificación residencial en altura.

Más que optimizar soluciones aisladas, el proyecto pone el foco en gobernar el edificio como un sistema único, alineando producto, diseño, ingeniería y ejecución desde el inicio.

APORTACIÓN AL SECTOR

TM Tower permite extraer cinco aprendizajes relevantes para la evolución del sector de la edificación:

1. La productividad se decide en el proyecto

La anticipación de decisiones técnicas en fases tempranas reduce incertidumbre y mejora el rendimiento global de la obra.

2. La integración organizativa reduce fricciones

La coordinación entre promotor, ingeniería y ejecución permite convertir la complejidad técnica en ventaja competitiva.

3. La colaboración temprana mejora la calidad del producto

La incorporación de especialistas desde el anteproyecto permite optimizar simultáneamente diseño, coste y constructibilidad.

4. La planificación colaborativa aumenta la fiabilidad del plazo

Metodologías como Last Planner System permiten estabilizar el flujo de producción en obra.

5. Los edificios complejos requieren gobernanza integrada

La gestión del proyecto como sistema único permite alinear arquitectura, ingeniería, negocio y experiencia de cliente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

<i>MENSAJE CLAVE</i>	2
<i>APORTACIÓN AL SECTOR</i>	2
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	3
1. PRESENTACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO	5
2. OBJETIVOS	6
2.1. Casos técnicos reales asociados a edificios en altura	6
2.2. Enfoques metodológicos para la gestión de proyectos complejos.....	6
3. INTRODUCCIÓN SECTORIAL Y CONTEXTO	7
3.1 TM Grupo Inmobiliario: un modelo empresarial integrado con visión 360	7
3.2 TM Tower: un proyecto icónico en Europa.....	8
4. DESARROLLO DEL PROYECTO Y RESULTADOS.....	13
4.1 ¿Cómo hemos desarrollado el Proyecto y cómo estamos ejecutando la Obra?	13
4.2 Resultados del proyecto y objetivos de la obra.....	14
5. MODELO DE INTEGRACIÓN VERTICAL	16
6. ECOSISTEMA DE PARTNERS.....	18
7. OPTIMIZACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN FASE DE PROYECTO	21
7.1. Ciclo de vida del proyecto: “Smart Effort Curve”	21
7.2. Calidad desde el proyecto: precisión, excelencia y aprendizaje continuo	26
7.3. Metodologías de desarrollo del proyecto: coordinación, fiabilidad y velocidad	32
7.3.1. Iteración estructurada y mejora del producto: enfoque Agile	33
7.3.2. Fiabilidad y eficiencia del flujo de proyecto: principios Lean.....	34
7.3.3. Colaboración temprana y decisiones compartidas: enfoque CPD	34
7.3.4. Experiencia de las metodologías de desarrollo del proyecto en TM TOWER	34
8. DISEÑO ESTRUCTURAL INTEGRADO CON FR INGENIERÍA.....	36
8.1. Concepto estructural de TM Tower	37
8.2. Características del sistema estructural	41
8.3. Acciones horizontales. Ensayo en Túnel de Viento	43
8.4. Análisis estructural del edificio	45
8.5. Comportamiento del edificio en servicio.....	47
9. MOVILIDAD VERTICAL AVANZADA CON SCHINDLER	48
9.1 Estudios de tráfico y velocidad	49

9.2. Ahorro energético	51
9.3. Ascensores Fire-fighter	52
9.4. Funcionamiento de los ascensores en edificios de gran altura	54
9.5. Montaje robotizado y estrategia de instalación faseada	55
9.6. Mantenimiento y Operación Avanzados	58
10. PLANIFICACIÓN DE OBRA Y LEAN CONSTRUCTION CON THINK PRODUCTIVITY	59
10.1. LEAN + LEAN CONSTRUCTION	59
10.2. LAST PLANNER SYSTEM.....	60
10.3. COCOPLAN: DIGITALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN.....	63
10.4. MARCO TEÓRICO DE METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS LEAN APLICABLES EN TM TOWER	64
11. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA CON LEAN Y LAST PLANNER SYSTEM..	67
11.1. El reto de la productividad en la edificación en altura.....	67
11.2. Análisis comparativo y base de datos de rendimiento	68
11.2.1. De la planificación reactiva al Last Planner System®.....	68
11.2.2. El punto de inflexión: Sunset Cliffs.....	70
11.2.3. Base de datos de proyectos analizados	71
11.2.4. Evolución de la productividad	72
11.3. Nuevas estrategias Lean para TM Tower.....	74
11.3.1. Integración con nuevas herramientas logísticas: Just in Time y Centro de Consolidación (CCC).....	74
11.3.2. Paquetización y control logístico de materiales	75
11.3.3. Implantación de almacenes de materiales en plantas intermedias.....	76
11.3.4. Turnos de trabajo con enfoque logístico	78
11.3.5. Sistema remoto de gestión de accesos.....	78
11.3.6. Replanteo con sistemas robóticos	79
11.3.7. Maquinaria pesada gestionada con GPS.....	80
11.3.8. Componentes industrializados	81
11.3.9. Sistema de propuestas de mejora (asimilable a “Gemba Walk”).....	84
11.4. Medios y logística para la eficiencia en la ejecución de la estructura	85
11.5. Conclusiones y reflexión final	88
12. LECCIONES APRENDIDAS Y APORTACIÓN AL SECTOR	90

1. PRESENTACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

La ponencia sobre **TM Tower** está liderada por **TM Grupo Inmobiliario**, promotor del proyecto, junto a tres **partners estratégicos** que aportan su especialización en ámbitos clave:

- **FR Ingeniería**, líder en cálculo de estructuras de edificios de gran altura en España
- **Schindler**, multinacional de referencia en movilidad vertical y soluciones de eficiencia en transporte.
- **Think Productivity**, consultora pionera en la aplicación de modelos colaborativos y Lean Construction para impulsar la productividad en obra.



PARTNERS



2. OBJETIVOS

Este documento tiene como objetivo analizar, desde un enfoque aplicado, cómo aborda TM el desarrollo y la ejecución de un edificio residencial de gran altura. El contenido se articula en dos bloques complementarios, que responden a dos tipos de retos habituales en proyectos inmobiliarios complejos:

2.1. Casos técnicos reales asociados a edificios en altura

Analizar retos técnicos específicos y no generalizables de la edificación residencial en altura, donde la complejidad exige soluciones a medida.

En particular, el documento profundiza en:

- **Diseño estructural integrado**, donde arquitectura, cálculo y construcción se desarrollan de forma simultánea para responder a exigencias de esbeltez, acciones horizontales, confort y viabilidad constructiva.
- **Movilidad vertical avanzada**, como sistema crítico que condiciona diseño arquitectónico, estructura, experiencia de usuario y operación.

Estos casos se presentan como experiencias reales de proyecto, con foco en decisiones, condicionantes y resultados, más que en la descripción de soluciones estándar.

2.2. Enfoques metodológicos para la gestión de proyectos complejos

Explicar, desde la experiencia real, qué mecanismos de gestión permiten manejar la complejidad sin perder control de plazo, coste y calidad. En este bloque se abordan, desde la experiencia práctica:

- **La integración vertical del promotor** como estructura organizativa que asegura coherencia entre producto, diseño, ingeniería, obra y cliente.
- **La gestión del proyecto en fases tempranas**, con especial énfasis en el Anteproyecto como espacio clave y real de decisión.
- **La planificación colaborativa y la aplicación de metodologías Lean en obra**, orientadas a mejorar la fiabilidad del plazo, la productividad y la estabilidad del proceso constructivo.

En conjunto, el documento utiliza TM Tower como **caso de estudio integrado**, combinando análisis técnico y enfoque metodológico, y trasladando a un edificio residencial de máxima complejidad principios ampliamente trabajados por el Clúster —Lean Construction, colaboración temprana, industrialización selectiva y control de la calidad—, demostrando su **viabilidad conjunta en un entorno real de proyecto y obra**.

3. INTRODUCCIÓN SECTORIAL Y CONTEXTO

El sector de la edificación afronta importantes retos de **productividad, sostenibilidad y transformación digital**, que impulsan la adopción de metodologías basadas en la **eficiencia y la colaboración**. En este contexto, el enfoque **Lean Construction** y los modelos de **gestión integrada** se consolidan como herramientas clave para modernizar el sector.

3.1 TM Grupo Inmobiliario: un modelo empresarial integrado con visión 360

TM Grupo Inmobiliario es un holding empresarial fundado en 1969 por D. José Luis Serna en Orihuela, con una trayectoria de más de cinco décadas marcada por un crecimiento sólido y sostenido. La compañía está especializada en el desarrollo de proyectos residenciales y turísticos de alta calidad en el arco mediterráneo español y el Caribe mexicano, consolidándose como uno de los principales referentes del turismo residencial a nivel nacional.

A lo largo de su historia, TM ha entregado más de **25.000 viviendas**, posicionándose año tras año como **compañía líder del sector del turismo residencial en España por volumen de facturación**, y desarrollando grandes proyectos inmobiliarios tanto en España como en México. Este liderazgo se apoya en una **cartera de suelo superior al millón de metros cuadrados**, una base de **clientes internacionales que supera el 80 %** y un **índice de satisfacción del cliente por encima del 95 %**.

El holding ha impulsado una estrategia de **diversificación de negocio** que refuerza su solidez y visión a largo plazo. En el ámbito hotelero, gestiona más de **1.000 llaves en la Riviera Maya (México)** a través de su marca **The Fives Hotels & Residences**. Asimismo, está presente en el sector agrícola con **Las Moreras Fruit & Veggies**, que produce anualmente más de **2,5 millones de kilos de cítricos**. Esta diversificación se completa con actividades en otros ámbitos como el vacacional, la intermediación inmobiliaria o el sector fotovoltaico.

La **responsabilidad corporativa** constituye un eje estratégico para TM Grupo Inmobiliario. Su **Plan Director de Responsabilidad Corporativa 2023-2025** actúa como hoja de ruta y articula **50 compromisos ambientales, sociales y de buen gobierno**, estructurados en cinco ejes: construcción sostenible, acción por el clima, cuidado de las personas, valor social compartido y buen gobierno, ética y transparencia. El objetivo es generar un impacto positivo y medible en todos sus grupos de interés, promoviendo un modelo de turismo residencial, hotelero y vacacional responsable.

El seguimiento del Plan, a través de una **Comisión de Responsabilidad Corporativa** y su **reporte directo al Consejo de Administración**, está permitiendo alcanzar hitos relevantes como superar el **80 % de revalorización de los residuos de construcción**,

impulsar proyectos sociales que han beneficiado en los dos últimos años a **más de 50.000 personas**, o contribuir a la protección del Mediterráneo mediante la **retirada de más de 18 toneladas de residuos** de playas y fondos marinos.

3.2 TM Tower: un proyecto icónico en Europa

[TM Tower - Benidorm, Spain | The tallest residential building IN EUROPE.](#)

TM Tower es el proyecto más ambicioso hasta la fecha de **TM Grupo Inmobiliario** y está concebido para convertirse en la **torre residencial más alta de Europa**, con **230,5 metros de altura, 64 plantas sobre rasante y 4 de sótano**. Albergará **260 viviendas** dirigidas a un **cliente nacional e internacional**, atendido a través de la red global de TM.

El edificio se ubica en **Benidorm**, referente europeo en vivienda en altura, donde un **marco urbanístico único en España** permite libertad de altura edificatoria y ha hecho posible proyectar una torre de más de 230 metros.

TM Tower es fruto de la experiencia acumulada por la compañía en **nueve torres anteriores**, que han aportado **mejoras en producto, procesos y organización**, consolidando un conocimiento propio que permite afrontar este nuevo desafío con solvencia técnica y precisión.

El proyecto ofrece una amplia variedad de viviendas entre 1-4 dormitorios, concebidas con un **elevado nivel de diseño y calidad**. Cada unidad dispone de opciones de personalización dentro de dos gamas de acabados y un catálogo de materiales y equipamientos que permiten múltiples combinaciones. **Esta flexibilidad convierte cada vivienda en única**, reflejo del estilo y las preferencias de su propietario.

El programa residencial se complementa con una **oferta excepcional de servicios** distribuidos en diferentes niveles: Sky bar en planta 63; Spa&Wellness en planta 22; kids club y gimnasio panorámico en planta 21; chill-out, coworking, sala de cine, reception lobbies y áreas comunitarias de alto nivel en PB. Además, la urbanización cuenta con 3 piscinas (una de ellas climatizada), zona deportiva con 3 pistas y zona de juegos infantiles, todo ello rodeado de jardinería. Este nivel de servicios sitúa a TM Tower entre las propuestas residenciales más completas y diferenciales del Mediterráneo.

Con un **plazo objetivo de ejecución de 36 meses** y un modelo de desarrollo bajo control directo de TM, el proyecto se orienta a asegurar una gestión rigurosa de los plazos y de los compromisos adquiridos. El **lanzamiento comercial obtuvo una acogida muy positiva** desde sus primeros días, reflejando el interés del mercado por la propuesta de valor del proyecto.

En conjunto, **TM Tower** es mucho más que un edificio icónico: representa la madurez de un modelo empresarial y técnico que sitúa a **TM Grupo Inmobiliario**, a **Benidorm** y a **España** en la **vanguardia europea de la edificación residencial en altura**, y constituye un ejemplo tangible de **innovación y liderazgo colaborativo** alineado con la visión del **Clúster de la Edificación**.

[Presentación oficial TM Tower - Benidorm, Alicante \(19/09/2025\)](#)

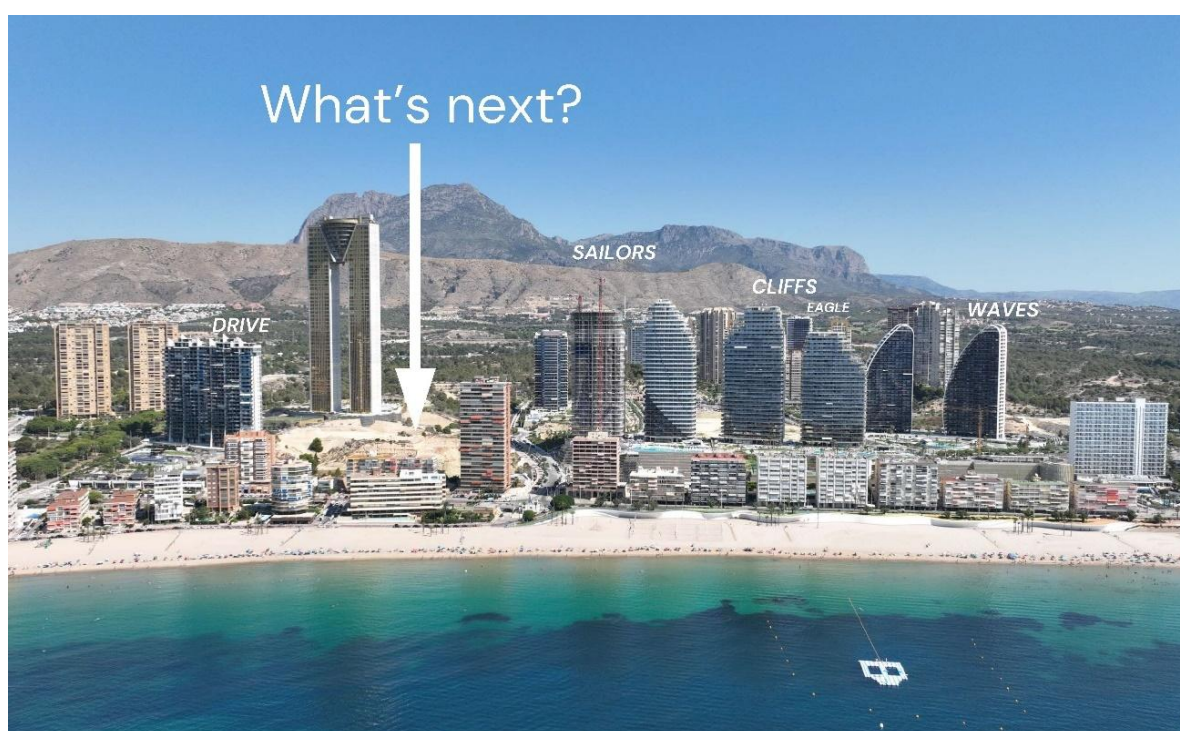


Figura 3.2-1. Fotografía del skyline de Benidorm junio 2025

TM GRUPO INMOBILIARIO: 10 años redefiniendo el skyline de Poniente en Benidorm
PORTFOLIO: 5 proyectos con un total de 9 torres emblemáticas inspiradas en el Mediterráneo.



Figura 3.2-2. Infografía del skyline de Benidorm con TM Tower. Previsto Septiembre 2028

TM Tower nace con la vocación de crear una experiencia residencial diferencial en el Mediterráneo, poniendo al cliente en el centro del proyecto



Figura 3.2-3. Imágenes idea ganadora del Concurso Internacional de Ideas. Agosto 2024. BAKPAK Architects



Figura 3.2-4. Infografía TM Tower.

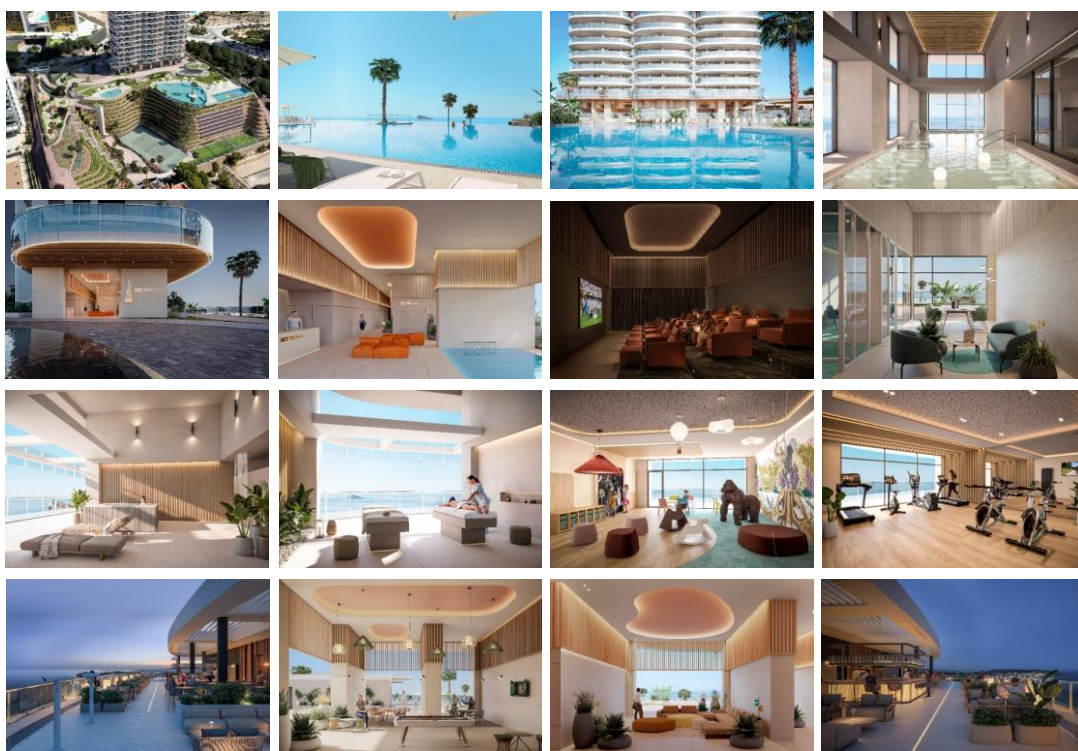


Figura 3.2-5. Infografías de las amenities y servicios de TM Tower. “The Lifestyle”



Figura 3.2-6. Infografía de zonas comunes y urbanización de TM Tower

4. DESARROLLO DEL PROYECTO Y RESULTADOS

4.1 ¿Cómo hemos desarrollado el Proyecto y cómo estamos ejecutando la Obra?

TM ha trabajado el proyecto como un **sistema único** —producto, diseño, ingeniería, obra y comercialización— incorporando de forma temprana a los equipos internos y a los partners estratégicos para definir con precisión el edificio antes de su construcción.

El proyecto se inicia con una **fase estratégica** en la que se define un nuevo salto cualitativo respecto a las promociones residenciales previas de TM en Benidorm (una sola torre frente a dos, como en las promociones anteriores). En esta etapa se construyó la visión de producto, se contrastó su atractivo con el área comercial y se validó la viabilidad del negocio, con especial atención al comportamiento del *cash flow* frente a modelos anteriores con entregas en fases.

Sobre esta base, TM impulsa un **concurso internacional de arquitectura** con el objetivo de seleccionar un concepto arquitectónico potente y diferencial. El proceso concluye con la elección del estudio **BAKPAK** (Sevilla), cuya propuesta establece el marco conceptual y formal del edificio.

A continuación, TM desarrolla internamente el **Anteproyecto**, orientado a la definición precisa del producto inmobiliario y de las principales soluciones técnicas, en estrecha colaboración con BAKPAK, responsable del Proyecto Básico. En esta fase se integran más de 20 empresas especializadas y el futuro equipo de obra, incorporando conocimiento técnico real e innovación desde fases muy tempranas. Resulta especialmente relevante la colaboración con **FR Ingeniería**, para integrar de forma especial estructura y arquitectura, y con **Schindler**, para resolver la movilidad vertical avanzada desde el propio diseño del edificio.

De forma paralela, se desarrolla la **información comercial**, potenciando la experiencia de cliente, el valor de los servicios de la torre y un alto grado de hiperpersonalización del producto.

Para la siguiente etapa, TM selecciona a **GEA Architects** (arquitecto local) para el desarrollo del Proyecto de Ejecución y la Dirección de Obra, aprovechando su experiencia en torres residenciales previas y garantizando una asistencia técnica de calidad. El **Proyecto de Ejecución** se desarrolla de forma coordinada entre GEA, los equipos internos de TM, los partners técnicos y el equipo de obra, consolidando las decisiones adoptadas en fases anteriores y evitando redefiniciones tardías.

En paralelo, se diseña el **sistema de planificación colaborativa de obra** junto con **Think Productivity**, con el objetivo de reducir incertidumbres, mejorar la productividad y reforzar la fiabilidad del proceso constructivo.

Finalmente, la ejecución se concibe como una **cadena de producción optimizada**, llevando cada sistema constructivo a su punto óptimo de desarrollo tecnológico para integrarse en la planificación y en el coste objetivo. Todo el proceso se apoya en un **sistema de gestión de la calidad con foco en la experiencia de cliente**, con el objetivo de completar la obra con altos niveles de fiabilidad en plazo, coste y calidad.

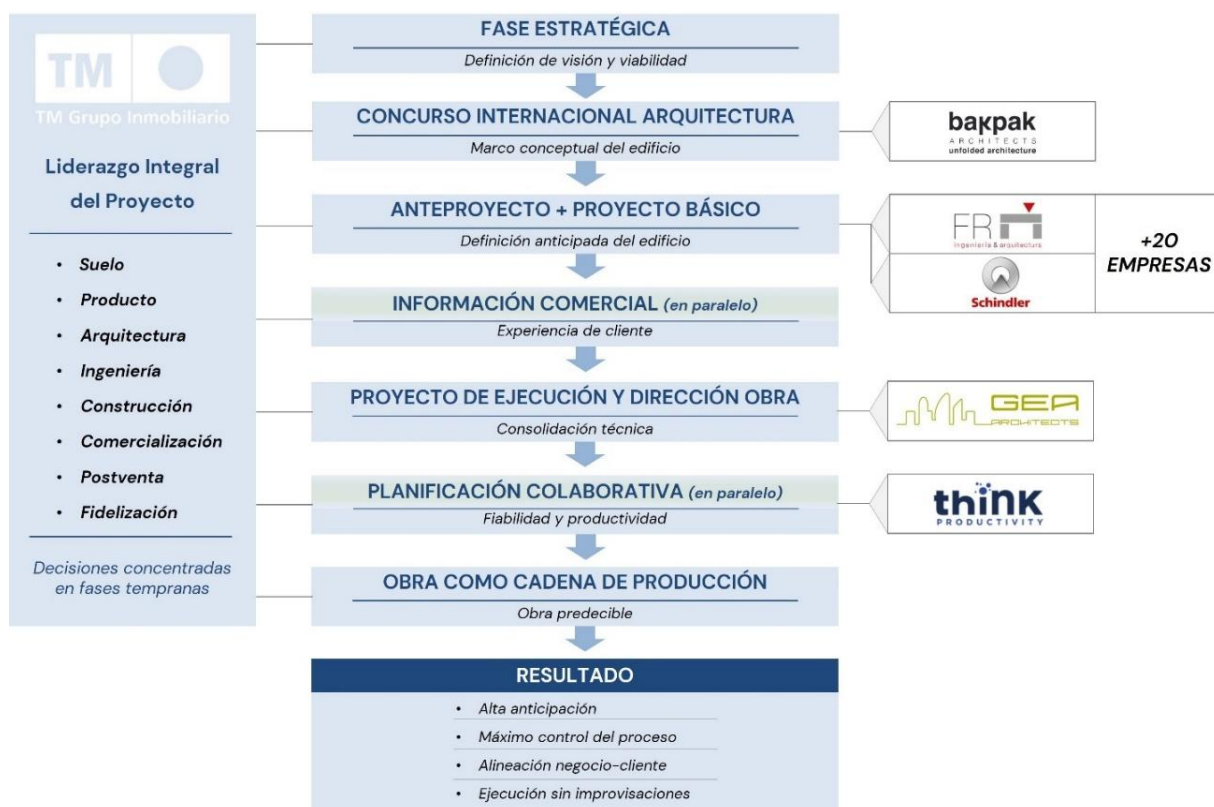


Figura 4-1. Esquema fases y equipos para desarrollo TM Tower

4.2 Resultados del proyecto y objetivos de la obra

La aplicación del modelo integrado de desarrollo en TM Tower ha generado **resultados operativos y de negocio medibles**, que confirman su eficacia frente a esquemas tradicionales y su impacto positivo directo en la experiencia final del cliente.

Principales resultados obtenidos y objetivos de ejecución:

- **Aceleración del tiempo de salida al mercado (time-to-market):** reducción del **-10%** en el plazo de desarrollo del Proyecto Básico y correspondiente salida a ventas respecto al modelo tradicional externalizado (*Project Manager + Arquitecto externo / Cliente interno TM*). Medido respecto al benchmark interno de plazos de desarrollo de proyectos comparables de TM.

- **Incremento de la calidad del producto inmobiliario:** mejora estimada del **+5% en indicadores internos de calidad global del producto residencial**, derivada de la optimización tipológica de las viviendas y de la mejora de atributos clave del diseño, como las vistas al mar, la orientación, la luminosidad natural y la calidad espacial de las estancias. Esta mejora se aplicó de forma transversal a todas las tipologías de vivienda de la torre. El incremento indicado corresponde exclusivamente a la mejora intrínseca del producto residencial y es adicional al valor aportado por el diseño icónico del edificio, su carácter de *landmark* urbano y la singularidad de la ubicación de la parcela.
- **Eficiencia en costes de obra reinvertida en mejoras de producto:** **-2%** de optimización de costes, fruto de una visión transversal desde las fases iniciales del proyecto que permitió mejorar la definición técnica y la coordinación del diseño. La eficiencia obtenida se ha reinvertido en la mejora de acabados y calidades del edificio, reforzando así el valor percibido por el cliente final.
- **Reducción del plazo de obra y del tiempo de espera hasta la entrega:** **-11%**, gracias a un diseño orientado a la construcción, menor dependencia de medios auxiliares complejos y la ejecución planta a planta sin retrabajos de fachada posteriores. Esta reducción de tiempo se mide respecto al proyecto previo de torres de TM.
- **Mejora relevante de productividad en edificios en altura:** **+35%** frente a torres previas sin Last Planner, permitiendo asegurar el plazo objetivo de ejecución de 36 meses mediante planificación colaborativa y aplicación sistemática de metodologías Lean.
- **Gestión avanzada de la personalización:** capacidad para gestionar un alto grado de personalización en el diseño interior de las viviendas, manteniendo altos estándares de calidad y sin impacto negativo en plazos de ejecución, incluso en un edificio donde **cada una de las 260 viviendas presentará configuraciones diferenciadas**.
- **Objetivo de excelencia en satisfacción del cliente:** consolidar una experiencia residencial altamente valorada por los propietarios, con niveles de satisfacción y recomendación entre los más elevados del sector, monitorizados mediante indicadores de experiencia de cliente como el Net Promoter Score (NPS).
- **Control avanzado de desviaciones de proyecto:** mantenimiento de desviaciones de coste durante la ejecución de obra en niveles muy inferiores a los estándares habituales del sector, como resultado del elevado nivel de definición técnica y coordinación interdisciplinar alcanzado en fases iniciales.

Los resultados obtenidos son la expresión directa del **Sistema Integrado TM**, que se desarrolla en los apartados siguientes y que permite **traducir decisiones estratégicas de desarrollo en métricas objetivas de plazo, coste y productividad, orientadas a maximizar el valor generado para el cliente final**.

5. MODELO DE INTEGRACIÓN VERTICAL

La **integración vertical** explica cómo trabaja TM y por qué puede tomar decisiones de forma más transversal que un modelo tradicional **Design-Bid-Build (DBB)**, basado en fases fragmentadas, agentes independientes y una toma de decisiones secuencial que tiende a generar fricciones y a reforzar la defensa de intereses parciales, en lugar de una colaboración orientada al resultado global del proyecto. Frente a este enfoque, TM opera bajo un **Sistema Integrado de Desarrollo**, en el que todas las etapas del ciclo inmobiliario funcionan con equipos propios, de forma continua, coordinada y alineada bajo un marco común.

Este modelo conecta de forma transversal las actividades clave del negocio —**gestión de suelo, definición de producto, diseño arquitectónico e ingeniería, project management, construcción, comercialización, postventa y servicios de alquiler vacacional**— garantizando un **control directo sobre las variables críticas del proyecto: calidad, coste, plazo y experiencia del cliente**. La integración permite, además, disponer de una visión completa y anticipada del negocio, reduciendo incertidumbres y mejorando la capacidad de decisión en las fases tempranas, donde el impacto en valor es máximo.

A diferencia del modelo DBB, en TM:

- Las fases que antes funcionaban de manera **secuencial y desconectada** se articulan hoy como un **flujo único de información**, con criterios comunes y equipos internos que colaboran desde el inicio del proyecto.
- La **toma de decisiones se adelanta**, apoyándose en el conocimiento acumulado de obra, calidad, postventa y comercialización, y permitiendo diseñar con una visión realista de ejecución y uso final.
- La **ejecución es más fiable y predecible**, reduciendo desviaciones técnicas, económicas y de plazo propias del modelo licitatorio tradicional.

Es importante subrayar que integración vertical **no significa hacerlo todo internamente**, sino **asumir el control directo de las fases más críticas**, aquellas que tienen mayor impacto en el resultado final del activo y en la satisfacción del cliente, apoyándose en **partners especializados** alineados con el sistema de trabajo de TM.

TM Tower representa un caso paradigmático de este modelo: la capacidad de lanzar un concurso internacional de arquitectura, desarrollar internamente el proyecto, resolver retos técnicos de alta complejidad —como estructura, evacuación o movilidad vertical— e incorporar ajustes relevantes en fase de proyecto **preservando la coherencia global y minimizando su impacto en el calendario**, solo es posible gracias al control integral del proceso y a la coordinación transversal de los equipos.

El resultado es un **ciclo de vida del proyecto más ágil, eficiente y coherente**, donde cada decisión técnica o de diseño se alinea con el uso final del producto y con las expectativas del cliente. Más que una suma de funciones, TM ha construido un **marco operativo**, orientado al aprendizaje continuo, que refuerza su capacidad de **diseñar con precisión, construir con fiabilidad y entregar una experiencia de cliente homogénea y consistente en todas sus promociones**.

El **Equipo de Proyectos** actúa como núcleo articulador entre todas las áreas de la compañía y los partners estratégicos, configurando un flujo continuo de información, decisiones y valor compartido.

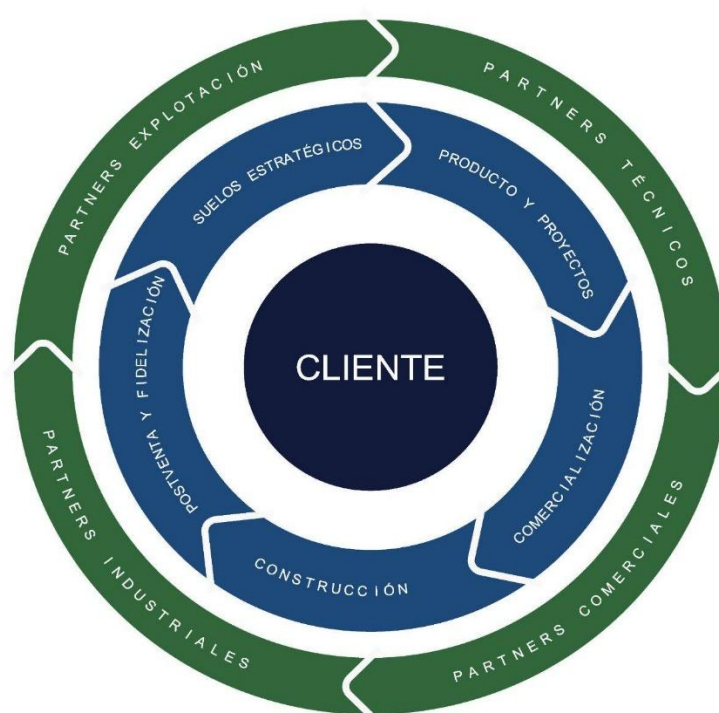


Figura 5. Ecosistema TM de integración y colaboración

La figura representa el modelo operativo de TM Grupo Inmobiliario en torno al **Cliente** como elemento central del sistema:

- El **anillo azul** simboliza el **modelo de integración vertical**, donde las diferentes áreas de la compañía —que abarcan todo el ciclo inmobiliario— se enlazan en un flujo interno de creación de valor, asegurando control, coherencia y aprendizaje continuo.
- El **anillo verde** representa el **ecosistema de partners**, un conjunto de empresas especializadas que amplían las capacidades de TM y aportan innovación, conocimiento técnico y competitividad.

6. ECOSISTEMA DE PARTNERS

El modelo de desarrollo de TM Grupo Inmobiliario se apoya en un **ecosistema estable de partners estratégicos** que complementa y amplía las capacidades internas de la organización.

Este ecosistema no responde a una relación clásica cliente–proveedor, sino a una **colaboración orientada a resultado**: integrar conocimiento experto allí donde más impacto tiene —diseño, coste, plazo, calidad y experiencia de cliente— y hacerlo con continuidad para transformar cada aprendizaje en estándar replicable.

Se trata de una red abierta y evolutiva de empresas especializadas, que se activa en función de los retos de cada proyecto y se enriquece progresivamente con nuevas capacidades, evitando relaciones puntuales o meramente contractuales.

La colaboración con los partners se articula sobre tres principios operativos:

- **Participación temprana**, vinculada a la definición técnica del proyecto y a la innovación, cuando la capacidad de generar valor es máxima.
- **Responsabilidad técnica compartida**, con criterios comunes y trazabilidad de decisiones, minimizando rediseños, retrabajos y transferencias de riesgo.
- **Continuidad entre fases y entre proyectos**, evitando la ruptura diseño–ejecución y consolidando el conocimiento generado como “*línea base*” para futuros desarrollos.

Este enfoque permite combinar **control interno y especialización externa sin perder coherencia**, logrando proyectos más maduros desde el diseño, una ejecución con menor incertidumbre y una “*mejora continua*” convertida en capacidad organizativa.

En un sector todavía marcado por relaciones secuenciales y reactivas, este modelo demuestra una idea clave: **la productividad y la calidad dependen tanto de cómo se colabora como de las soluciones técnicas adoptadas**. Un ecosistema bien gobernado permite pasar de coordinar entregables a **co-diseñar soluciones con foco en valor y ejecución**, convirtiendo la complejidad en ventaja competitiva.

En el caso de **TM Tower**, este enfoque se materializa en 7 líneas de trabajo críticas abordadas desde el inicio mediante **grupos de trabajo especializados** y equipos internos de TM:

- Diseño arquitectónico e interiorismo
- Diseño y ejecución estructural
- Movilidad vertical
- Seguridad contra incendios
- Resolución de fachadas
- Dotación de servicios complementarios a las viviendas (tipo hotel)

- Grandes contenciones de urbanización

El **equipo de Proyectos de TM** actúa como **núcleo articulador del sistema**, diseñando un Anteproyecto que conecta todos los flujos de información, alinea decisiones entre disciplinas, establece objetivos de mejora y asegura la coherencia técnica y de producto.

Tal y como se muestra en la figura de planificación colaborativa del proyecto, **más de 20 empresas especializadas y 3 equipos internos** participan ya desde el anteproyecto, concentrando la colaboración en la fase de mayor impacto.

Este esquema convierte el anteproyecto en un verdadero **vehículo de madurez técnica**: integra la experiencia acumulada en las 9 torres previas en Benidorm, incorpora innovación y resuelve de forma anticipada los retos específicos del rascacielos, preparando el proyecto para avanzar hacia la ejecución con mayor fiabilidad y control.

PLANIFICACIÓN COLABORATIVA DE PROYECTO TM TOWER

**+20 empresas + 3 equipos internos
colaboran desde Anteproyecto**

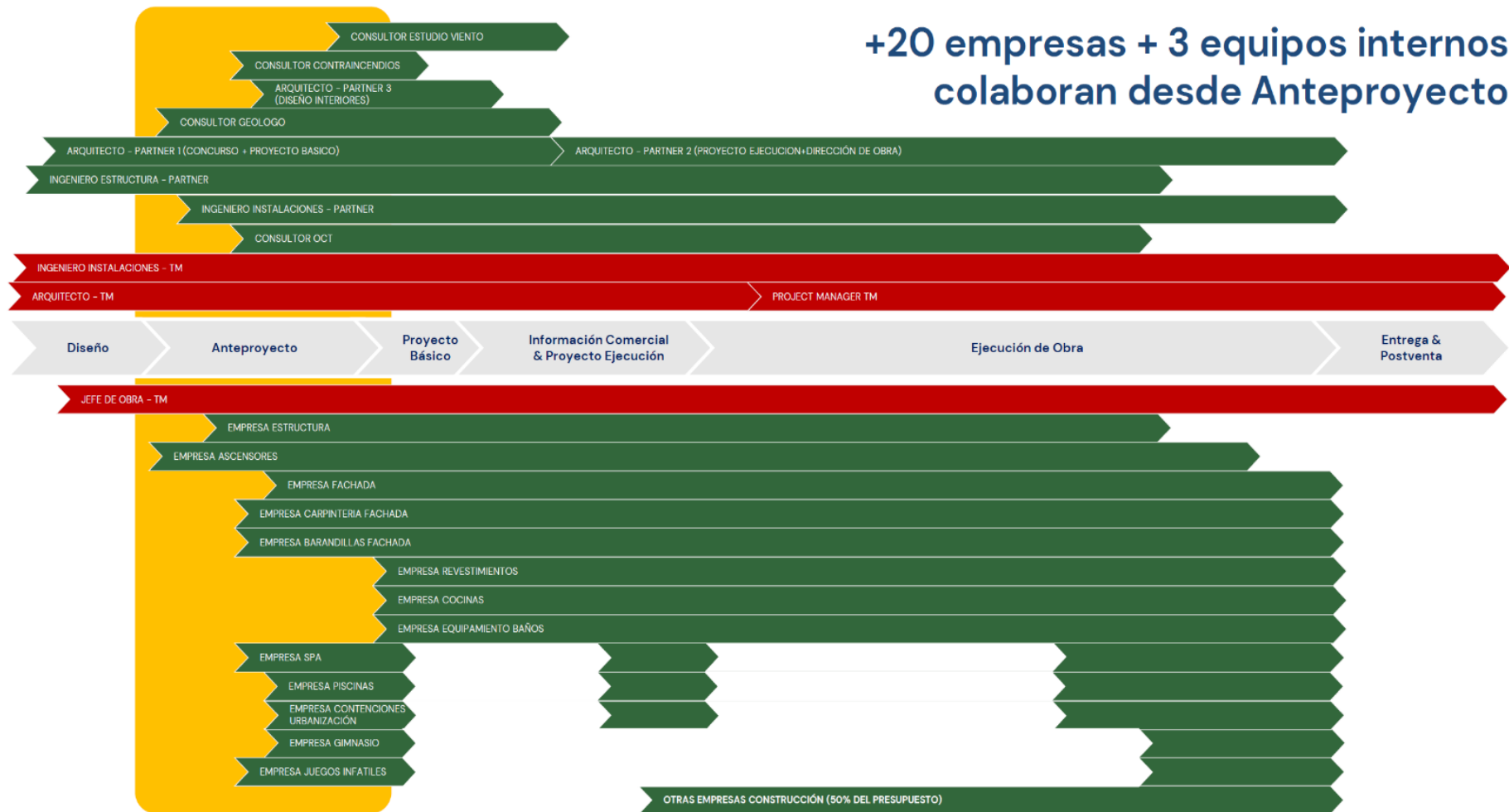


Figura 6 (TM Tower · Integración temprana de partners):

Más de 20 empresas especializadas y 3 equipos internos se incorporan ya desde el anteproyecto, concentrando la colaboración en la fase de mayor impacto.

7. OPTIMIZACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN FASE DE PROYECTO

Tradicionalmente, el proyecto arquitectónico y técnico se ha entendido como una fase previa necesaria para poder construir, pero no siempre como una palanca directa de productividad, fiabilidad y calidad del resultado final. En muchos desarrollos, el proyecto se completa cumpliendo requisitos normativos y formales, trasladando a la fase de obra la resolución de la fabricación, incompatibilidades y decisiones críticas que condicionan de forma directa el plazo, el coste y la experiencia final del cliente.

En edificios residenciales en altura, esta forma de trabajar resulta especialmente ineficiente. La elevada interdependencia entre sistemas —estructura, núcleos, instalaciones, envolvente, movilidad vertical y logística— hace que cualquier indefinición se traduzca en retrabajos, pérdida de ritmo y tensiones durante la ejecución. La experiencia acumulada por TM Grupo Inmobiliario demuestra que **la productividad y la calidad de la obra se determinan, en gran medida, antes del inicio de la obra.**

En TM Tower, la optimización de la productividad y la calidad se ha abordado desde la fase de proyecto, priorizando la **anticipación de decisiones**, la **madurez técnica del anteproyecto** y la **coherencia entre diseño, ingeniería y futura ejecución**. Este apartado se centra en los **factores diferenciales del desarrollo del proyecto** que han resultado determinantes para alcanzar este objetivo, en particular:

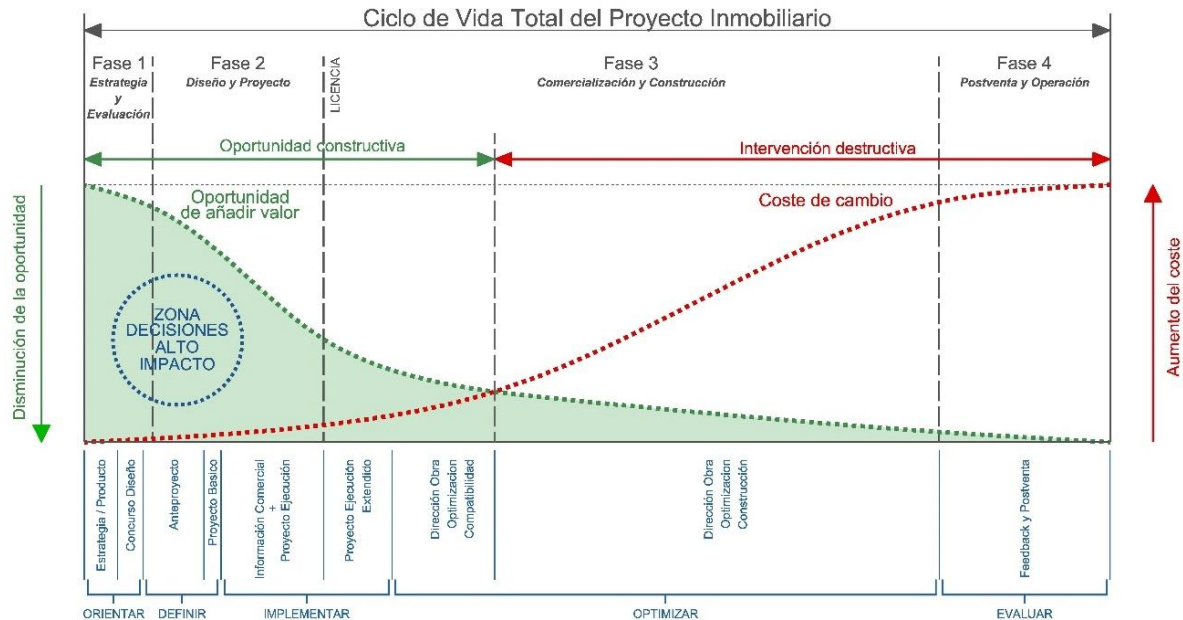
- **La gestión del ciclo de vida del proyecto (7.1),**
- **El sistema de calidad del proyecto (7.2),**
- **Los enfoques metodológicos aplicados al desarrollo del proyecto (7.3),**

7.1. Ciclo de vida del proyecto: “Smart Effort Curve”

La experiencia del sector demuestra que la capacidad de influir en el coste, el plazo y la calidad es máxima en las fases iniciales del proyecto y disminuye progresivamente a medida que éste avanza. Al mismo tiempo, el coste de introducir cambios crece de forma exponencial. En la práctica, **en torno al 80 % del coste, del plazo y de la calidad final queda definido durante el anteproyecto, cuando el margen de maniobra y la oportunidad de añadir valor son máximos.** Por el contrario, las decisiones tardías, adoptadas cuando el proyecto ya está avanzado o en fase de ejecución, suelen traducirse en intervenciones correctivas, ineficientes y con alto impacto económico y organizativo.

Gestión de Proyectos desde el inicio – "Hazlo una vez y hazlo bien"

El 80 % del coste, la calidad y el plazo del proyecto se define durante el Anteproyecto



Adelantar la integración de disciplinas técnicas "Partners" permite tomar decisiones de alto impacto cuando el coste de cambio aún es mínimo

Figura 7.1. Gestión del Project Life-Cycle

Desde esta lógica, la definición temprana del proyecto TM Tower se abordó de forma transversal e integrada. Desde el inicio se incorporó a las empresas y especialistas que intervendrían posteriormente en la ejecución y en la operación del edificio. Este adelanto de la integración permitió reducir retrabajos y asegurar un avance del proyecto más estable, previsible y fiable. Apoyarse en la experiencia acumulada y en especialistas en el proyecto resulta clave no solo para reducir riesgos, sino también para avanzar con mayor velocidad y calidad.

De esta forma se estructura el desarrollo del proyecto en cinco fases operativas, entendidas no como hitos administrativos, sino como momentos activos de creación de valor a lo largo de todo el ciclo de vida:

- **ORIENTAR**, como fase de definición estratégica del producto y del posicionamiento del proyecto, conectando desde el inicio negocio, mercado y diseño, y estableciendo los objetivos que guiarán las decisiones posteriores.
- **DEFINIR**, como la fase de mayor impacto, en la que se desarrolla el anteproyecto con un **nivel de integración y madurez técnica superior al estándar del sector**, incorporando tempranamente a las disciplinas y empresas que intervendrán después en la ejecución, y resolviendo de forma anticipada las decisiones que condicionan coste, plazo y calidad.

- **IMPLEMENTAR**, como desarrollo del proyecto de ejecución entendido como una **fase de producción técnica**, basada en decisiones ya contrastadas, con el objetivo de garantizar coherencia, constructibilidad y fiabilidad documental.
- **OPTIMIZAR**, como ejecución de la obra concebida como un proceso activo de mejora, en el que el equipo técnico no se limita a dirigir, sino que impulsa optimizaciones sobre lo ya definido, siempre que aporten valor real al proyecto.
- **EVALUAR**, como fase de postventa y operación entendida como un **sistema estructurado de aprendizaje**, donde la experiencia del cliente y el comportamiento real del edificio se transforman en conocimiento aplicable a proyectos futuros.

La diferencia no está en las fases (comunes a cualquier proyecto), sino en cuánto se decide de verdad en cada una. Frente a un enfoque reactivo de “diseñar, ejecutar y corregir”, este planteamiento permite anticipar, integrar, validar, optimizar y aprender de forma consciente a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Para ello, el desarrollo del proyecto se apoya en una distinción sencilla pero clave. Por un lado, se trabajan **criterios**, que definen el porqué y el qué: qué es importante, qué es irrenunciable y qué compromisos está dispuesta a asumir la empresa. Son estables en el tiempo y sirven de referencia común para tomar decisiones. Por otro, se utilizan **estándares**, que definen el cómo: soluciones contrastadas que funcionan bien en condiciones habituales y que evolucionan con la experiencia de obra, la postventa, el mercado y la innovación.

Esta separación permite trabajar con una base sólida y eficiente sin perder la capacidad de adaptarse a cada proyecto concreto. Cuando las condiciones cambian o el proyecto lo exige, los estándares pueden ajustarse o incluso cuestionarse, siempre desde criterios claros y compartidos. De este modo, la innovación no aparece como una excepción improvisada, sino como una evolución controlada del proyecto, validada antes de trasladarse a la obra.

ALCANCE ESPECÍFICO DEL ANTEPROYECTO DE TM TOWER

El anteproyecto de TM Tower alcanza un **nivel de desarrollo técnico propio de fases habitualmente posteriores**, fruto de un **proceso iterativo de análisis y validación** liderado por el equipo de Desarrollo de TM, con la **participación coordinada de más de 20 empresas especializadas** desde fases tempranas del proyecto.

El enfoque adoptado no se ha limitado a avanzar la definición gráfica o técnica, sino que ha estado orientado a **cerrar las decisiones clave del proyecto**, así como los **objetivos de rendimiento del edificio** y los **criterios de valor**, reduciendo la **incertidumbre y los cambios posteriores**.

El desarrollo del proyecto exigió analizar alternativas y tomar decisiones ponderadas para equilibrar calidad de producto, viabilidad técnica, plazo y coste. Este trabajo se ha desarrollado con una lógica clara de **diseño orientado a valor**, analizando alternativas y priorizando aquellas que aportan mayor valor real al usuario y al conjunto del proyecto.

De forma paralela, el anteproyecto ha incorporado una **visión de la futura ejecución del edificio**, anticipando condicionantes relevantes de obra y su impacto en plazo y coste. La validación progresiva del diseño con los equipos de obra y las empresas especializadas ha permitido **reducir riesgos técnicos** en ejecución.

El anteproyecto ha servido también como una **herramienta de coordinación y gobierno del proyecto**, alineando a los distintos agentes en torno a decisiones compartidas, y dejando claramente definidos los aspectos que quedan cerrados en esta fase. En este marco, se han integrado de forma transversal **criterios de sostenibilidad, durabilidad y ciclo de vida**, incorporados al diseño desde el anteproyecto y no como validaciones posteriores.

En concreto, el alcance del anteproyecto se estructura en los siguientes bloques de trabajo:

Objetivos de producto

- **Coordinación con el diseño global del concurso**, asegurando la coherencia formal, volumétrica y conceptual entre el concurso y su desarrollo técnico posterior.
- **Desarrollo de múltiples iteraciones de producto y mix tipológico**, hasta optimizar la propuesta residencial y plantear mejoras alineadas con el posicionamiento final del edificio.
- **Análisis ergonómico y funcional de todas las viviendas**, conforme a los criterios del sistema de calidad “**TM Living Experience**”, validando confort, uso y experiencia del usuario.
- **Incorporación de todos los espesores constructivos previstos** de cerramientos, barandillas y elementos constructivos, asegurando coherencia geométrica del conjunto desde el anteproyecto y optimizando el **ratio superficie útil/superficie construida**.
- **Definición precisa de todas las viviendas en fase de proyecto**, con el objetivo de minimizar posibles variaciones de superficie en fases posteriores.

Definición y coordinación técnica

- **Definición completa de la estructura en verdadera magnitud**, resultado de múltiples iteraciones de predimensionamiento con FR Ingeniería que permiten anticipar comportamientos estructurales, deformaciones y condicionantes constructivos desde fases tempranas.
- **Definición exhaustiva del sistema de movilidad vertical**, incluyendo número, tipología y dimensiones de ascensores y de todos los huecos de comunicación vertical, derivados de estudios de tráfico desarrollados con Schindler.
- **Sistematización y modularidad de los componentes del edificio** —carpintería exterior e interior, cocinas, módulos de instalaciones y baños— adaptados a requisitos reales de fabricación e instalación.
- **Definición integral de la envolvente del edificio** —fachadas, barandillas, carpinterías y encuentros— coordinando imagen arquitectónica, modularidad, comportamiento estructural, viabilidad constructiva y criterios de mantenimiento.
- **Definición completa de las instalaciones generales** (patinillos y cuartos técnicos) y **predimensionado de las instalaciones particulares**, tanto del edificio como de la urbanización, permitiendo una integración temprana entre arquitectura, estructura e instalaciones.

Validación de la ejecución

- **Validación detallada de los movimientos de tierras**, incluyendo taludes de excavación y de urbanización, así como su protección mediante distintos sistemas de gaviones, permitiendo verificar su estabilidad y viabilidad técnica.
- **Validación del diseño y de la futura ejecución de la estructura** por parte de las empresas responsables de su construcción, incorporando criterios reales de constructibilidad y secuenciación.
- **Validación del diseño en planta por parte del equipo de obra**, contrastando la disposición de elementos estructurales, arquitectónicos e instalaciones con los sistemas de ejecución previstos y la implantación de los medios auxiliares necesarios.
- **Validación del diseño y ejecución de las barandillas**, elementos clave de la imagen del edificio, con la empresa encargada de su fabricación e instalación.

Control normativo y estrategia de seguridad

- **Validación normativa integral del edificio**, incluyendo compatibilidad urbanística, aplicación del CTE y normativa local, contrastadas sobre geometrías, soluciones y dimensiones reales, con el objetivo de verificar la viabilidad administrativa del proyecto.
- **Definición de la estrategia de seguridad y evacuación**, coordinada con núcleos, estructura y usos del edificio, integrando desde el anteproyecto los criterios esenciales de protección y compartimentación.

Diseño orientado a la operación y mantenimiento

- **Diseño y validación por especialistas de todas las amenities** —gimnasio, spa, kids club, áreas de juegos infantiles, pistas deportivas, lounges y espacios de restauración— con el objetivo de asegurar la funcionalidad, viabilidad técnica y calidad de uso.
- **Definición precisa de las piscinas y de todos sus cuartos técnicos**, plenamente integrados en el conjunto del proyecto.
- **Incorporación temprana de criterios de mantenimiento y explotación**, aplicados al diseño de la envolvente, las instalaciones y las zonas comunes, con una visión de ciclo de vida del edificio.

Mejora continua

- **Integración sistemática del feedback procedente de obras anteriores**, incorporando aprendizajes y soluciones contrastadas para evitar la repetición de incidencias detectadas en proyectos previos.

Control económico

- **Medición y presupuestación continua del anteproyecto** mediante la base de datos real de obras similares, permitiendo ajustar el diseño a “costes objetivo” definidos desde el inicio, evaluar el impacto económico de cada iteración y tomar decisiones informadas antes de avanzar a fases posteriores, reduciendo el riesgo de desviaciones durante la ejecución.

Gestión de plazos de proyecto

- **Plazos de desarrollo especialmente ajustados**, con un periodo aproximado de **90 días naturales** para el anteproyecto y un **solape adicional de 30 días con el proyecto básico**, lo que ha permitido alcanzar la solicitud de licencia en un plazo total de **120 días desde el inicio del anteproyecto**.

7.2. Calidad desde el proyecto: precisión, excelencia y aprendizaje continuo

En proyectos de la complejidad de TM Tower, la calidad se trabaja desde el diseño y no como un control posterior. El objetivo es evitar definiciones imprecisas, incoherencias de proyecto o decisiones tardías que terminan impactando directamente en plazo, coste y satisfacción del cliente.

Este enfoque responde al principio ampliamente reconocido en los sistemas avanzados de producción como **Built-in Quality o First Time Right**: la calidad no se garantiza mediante inspecciones posteriores, sino diseñando el producto y el proceso de forma que los errores, incompatibilidades o indefiniciones se eliminen antes de llegar a la obra. En este sentido, el proyecto se convierte en el principal espacio de aseguramiento de la calidad del edificio, permitiendo construir con mayor fiabilidad, reducir retrabajos y mejorar simultáneamente la productividad del proceso y la experiencia final del usuario.

Sobre esta base, el sistema se estructura en un núcleo de calidad del producto —el sello **TM Living Experience**— y en cuatro mecanismos de calidad del proceso que operan de forma integrada a lo largo del desarrollo del proyecto.



Figura 7.2. Sistema de calidad del Proyecto

TM Living Experience define los criterios con los que TM diseña y evalúa el bienestar residencial en sus proyectos

Es el marco que define la identidad del producto residencial de TM. Integra el conocimiento acumulado de 57 años de diseño, ingeniería, operación y relación con clientes internacionales, convirtiéndolo en un conjunto de criterios medibles aplicables a todas las viviendas, zonas comunes y espacios exteriores. Esta “firma” establece los principios que guían el diseño TM:

1. Vistas e iluminación natural optimizadas
2. Proporciones y relaciones espaciales equilibradas
3. Paleta de materiales curada y experiencia sensorial del usuario integrada
4. Integración de la naturaleza/paisajismo en el edificio y la urbanización
5. Confort ambiental, ventilación inteligente y eficiencia energética
6. Ergonomía de funcionamiento de la vivienda y su equipamiento
7. Privacidad y confort acústico

TM Living Experience constituye la base sobre la que operan los sistemas de precisión, innovación, retroalimentación y trazabilidad digital, garantizando que el diseño TM se traduzca en espacios de **alto valor arquitectónico, funcional y humano**.

1. Precisión geométrica y normativa — “Reducción máxima de indefiniciones desde el Anteproyecto”. Desde el anteproyecto se integran en el modelo todos los espesores constructivos, estructuras en verdadera magnitud, patinillos e instalaciones para garantizar una definición geométrica completa, coordinada y verificable. Se

incorpora de forma anticipada el cumplimiento normativo aplicable, asegurando que el diseño nace ya compatible con los requisitos reglamentarios y las condiciones técnicas del proyecto.

El proyecto es sencillo a nivel gráfico, pero contiene toda la *“información clave”* del proyecto de ejecución en un único documento. Este doble control —técnico y normativo— evita modificaciones posteriores relevantes, reduce retrabajos y asegura coherencia entre diseño, normativa, información comercial y contrato con el cliente. Como refuerzo adicional, TM aplica un *“Design for Operations”*, evaluando desde el anteproyecto: accesibilidad a instalaciones, mantenimiento, frecuencia de operación, durabilidad de materiales y riesgos de costes operativos futuros. Este enfoque anticipa problemas reales de uso de los propietarios y minimiza la postventa.

2. Coordinación digital y trazabilidad — “Un solo modelo BIM, una sola fuente”

La gestión de la calidad se apoya en herramientas BIM colaborativas que conectan a los equipos internos (producto, arquitectura, ingeniería) y externos (partners técnicos), asegurando trazabilidad y coherencia documental a lo largo del proceso de diseño. El modelo BIM tiene una doble función: 1) actúa como soporte único de información técnica, evitando duplicidades y mejorando la productividad global del diseño; 2) permite una visualización tridimensional del edificio completo, a modo de maqueta virtual, de forma que todos los equipos entienden realmente cual será el resultado final. Desde el modelo BIM se realizan controles de tolerancias, detección anticipada de interferencias (clash detection), validación del modelo BIM y revisiones técnicas y funcionales por otro equipo independiente al cierre de cada fase, verificando que el diseño cumple los estándares TM de producto y los requisitos del cliente sin desviaciones.

3. Innovación y estandarización — “Elevar la experiencia de cliente con innovación”

La calidad del proyecto se expresa también en su capacidad para innovar con criterio y mantener a TM a la vanguardia de las soluciones residenciales. En cada proyecto, se desarrollan nuevas soluciones estandarizables —espaciales, constructivas o técnicas— que mejoran el producto inmobiliario y se incorporan a la base de conocimiento TM, consolidando un aprendizaje organizativo continuo. Las soluciones estandarizadas alimentan y actualizan los estándares TM de producto y de proceso.

4. Retroalimentación y mejora continua — “Aprender de la experiencia de cliente”

El sistema de calidad integra la información procedente de la postventa y la experiencia del cliente, eliminando desde el diseño los elementos que generan incidencias, insatisfacción o complejidad de ejecución. Este ciclo de retroalimentación anticipa riesgos, reduce ineficiencias en obra y mejora de forma directa la satisfacción del cliente y la fiabilidad económica del proyecto.

Experiencia del sistema de calidad del proyecto en TM TOWER

La aplicación de este sistema en TM Tower ha tenido efectos directos y medibles a lo largo del desarrollo del proyecto:

- **TM Living Experience**

El diseño de las viviendas y zonas comunes, la selección de materiales y el desarrollo de los catálogos de personalización se han realizado íntegramente bajo los criterios de la TM Living Experience, asegurando coherencia de producto, claridad comercial y una experiencia de cliente alineada con el posicionamiento del edificio.



Figura 7.2-1 Infografía del dormitorio principal de una de las viviendas



Figura 7.2-2 Infografía de la cocina de una de las viviendas



Figura 7.2-3 Infografía del baño principal de una de las viviendas



Figura 7.2-4 Infografía de la terraza de una de las viviendas

- **Pilar 1 — Precisión**

Durante el desarrollo del proyecto de ejecución se ha mantenido estable la definición de los elementos esenciales del diseño, sin alteraciones significativas de su concepto. Los ajustes introducidos han respondido a requisitos técnicos y de coordinación habituales, manteniéndose la coherencia general del proyecto y de la información comercial trasladada a clientes.

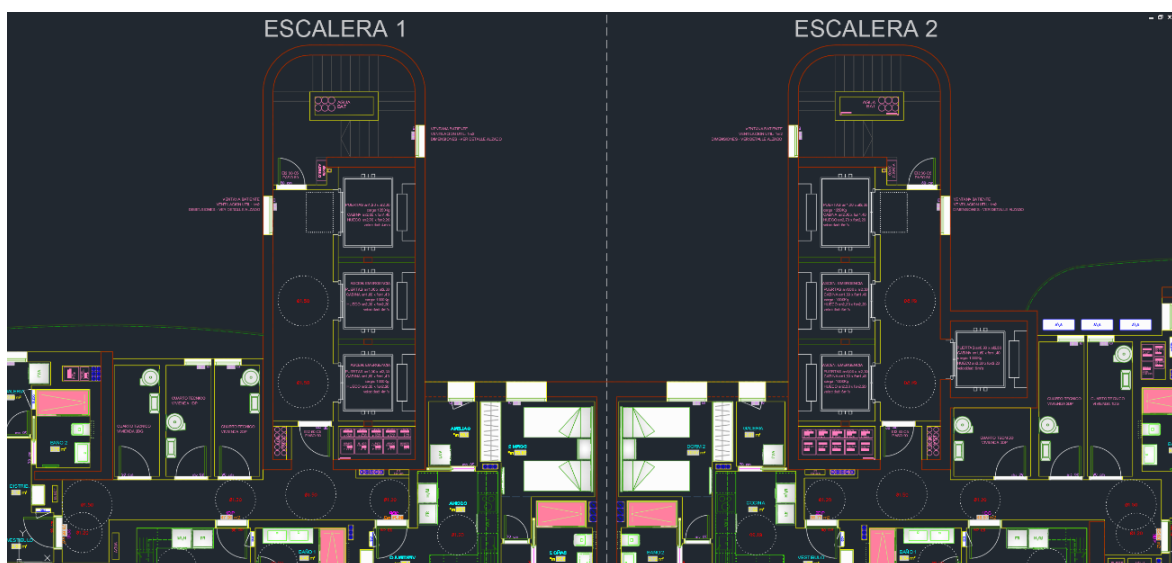


Figura 7.2-5 Detalle definición planta tipo Anteproyecto

• Pilar 2 — Coordinación BIM

El proyecto ha contado con un modelo BIM operativo desde el proyecto básico, utilizado como soporte común por todos los equipos. Para aquellos agentes no habituados al entorno BIM, se han empleado plataformas de visualización 360 desde cualquier dispositivo (BIM Collaborate), garantizando una comprensión compartida del proyecto, un feedback rápido y evitando errores de interpretación.

• Pilar 3 — Innovación de producto

El desarrollo del proyecto ha permitido incorporar mejoras significativas en el producto inmobiliario, representadas en la axonometría de innovaciones de producto. Estas nuevas tipologías y soluciones han tenido una excelente acogida comercial, traducándose en un claro éxito de ventas.

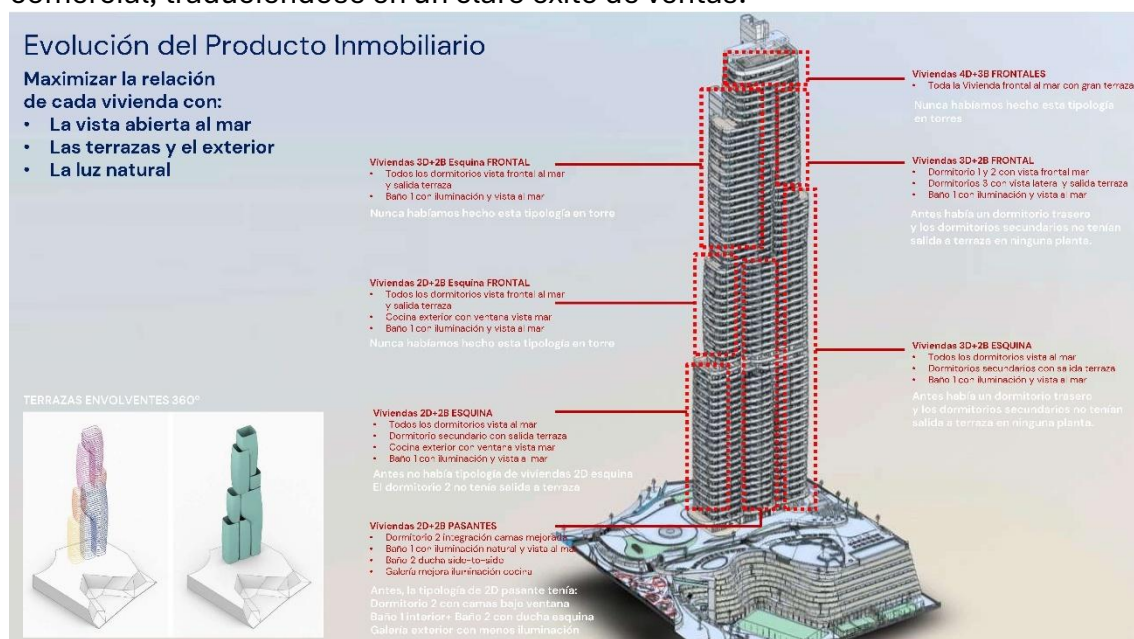


Figura 7.2-6 Detalle de mejoras en el producto inmobiliario

• Pilar 4 — Feedback y mejora continua

La integración temprana de terrazas envolventes en el anteproyecto ha permitido ejecutar la fachada al ritmo de la estructura, sin necesidad de andamios auxiliares. Junto con el diseño de barandillas montables desde el interior, esta solución ha tenido un impacto directo en la reducción del plazo de obra, estimado en torno a un 11 %, además de mejorar la seguridad y la eficiencia del proceso constructivo.

7.3. Metodologías de desarrollo del proyecto: coordinación, fiabilidad y velocidad

En TM Tower, el nivel de definición alcanzado en el anteproyecto no es casual, sino consecuencia directa de cómo se organiza el trabajo. El proyecto se gestiona como un flujo único de decisiones, donde arquitectura, estructura, instalaciones y futura ejecución se coordinan desde el inicio.

En este marco, **“Agile” define el qué**, orientándonos a entregar *valor al cliente* de forma iterativa, validando y mejorando el producto en ciclos cortos; **“Lean” define el cómo**, centrado en eliminar desperdicios, reducir retrabajos y *optimizar el proceso de proyecto* para mantener un flujo estable y fiable; y **“Collaborative Project Delivery” define el quién**, alineando los incentivos y mejorando las relaciones entre los distintos equipos, para que las *decisiones se tomen con una visión de resultado global* y no desde el interés individual de cada parte.



Figura 7.3. Equilibrio entre *Ejes eficiencia, flexibilidad y colaboración* como condición operativa para un desarrollo de proyecto fiable, coordinado y orientado a la creación de valor desde las fases iniciales.

7.3.1. Iteración estructurada y mejora del producto: enfoque Agile

En un proyecto de esta complejidad, la iteración es inevitable. Nuevos requisitos, mejoras de producto o ajustes técnicos forman parte natural del proceso de definición. La diferencia no está en evitar la iteración, sino en estructurarla y orientarla al cliente.

El trabajo se organiza en ciclos cortos de definición, validación y decisión que permiten contrastar avances antes de consolidarlos a escala global. En lugar de avanzar el anteproyecto como un bloque único hasta su cierre completo, se fragmenta en paquetes cerrables de decisión que se validan progresivamente. Esto evita acumulaciones masivas de indefiniciones al final de fase, reduce el riesgo de rediseños estructurales y mantiene la coherencia del conjunto.

Gracias a este enfoque, es posible mejorar el producto inmobiliario, optimizar el mix de viviendas, responder a nuevas exigencias que aparecen con la configuración específica de cada edificio e incluso crear nuevas oportunidades no previstas en el alcance inicial sin comprometer la estabilidad del proyecto. La iteración es un mecanismo ordenado de aprendizaje y mejora continua, integrado en una estructura de decisiones clara y compartida.

7.3.2. Fiabilidad y eficiencia del flujo de proyecto: principios Lean

La aplicación de principios Lean en el desarrollo del proyecto permite garantizar la **eficiencia y fiabilidad del flujo de trabajo**, reduciendo interrupciones, retrabajos y pérdidas de tiempo derivadas de decisiones tardías o mal coordinadas. El foco no se sitúa en acelerar tareas individuales, sino en asegurar que el conjunto del proceso avance de forma estable, con compromisos claros entre equipos y una planificación realista basada en la capacidad efectiva de cada disciplina.

Este enfoque resulta especialmente relevante en la fase de anteproyecto, donde la concentración deliberada de decisiones de alto impacto exige un alto grado de coordinación y disciplina técnica. La eficiencia y fiabilidad del flujo permiten sostener ese esfuerzo de definición sin bloqueos, evitando que la complejidad del proyecto se traduzca en ineficiencias o retrasos acumulados y facilitando la mejora continua entre proyectos.

7.3.3. Colaboración temprana y decisiones compartidas: enfoque CPD

La complejidad técnica y organizativa de TM Tower exige una **colaboración real desde fases tempranas** entre promotor, arquitectos, ingenierías y empresas que participarán posteriormente en la ejecución. El enfoque de Collaborative Project Delivery (CPD) permite alinear criterios técnicos, constructivos y económicos antes de que las decisiones se vuelvan costosas o irreversibles.

Esta colaboración temprana reduce fricciones posteriores, acelera la toma de decisiones y asegura que el proyecto se desarrolla con una **visión compartida de objetivos, riesgos y oportunidades**. La integración de los agentes clave desde el inicio explica en gran medida la capacidad de alcanzar un anteproyecto altamente definido, validado y viable en plazos ajustados.

7.3.4. Experiencia de las metodologías de desarrollo del proyecto en TM TOWER

El diseño se desarrolló mediante **ciclos muy cortos de definición y validación (24–48h para pequeñas evoluciones y 5-10 días para estrategias generales)**, que permitieron contrastar decisiones antes de escalarlas al conjunto del edificio. Este enfoque facilitó iterar sobre plantas tipo, tipologías de vivienda, núcleos de comunicación y mix residencial, incorporando mejoras de producto y ajustes técnicos y comerciales sin comprometer la estabilidad del flujo de trabajo. Las decisiones se adoptaron sobre **entregables técnicos parciales, pero suficientemente maduros**. Esta **definición iterativa de los requisitos** redujo fricciones tradicionales entre áreas de la empresa permitiendo una **mejora del producto del 5% con una reducción de plazo de proyecto del 10%**.

El trabajo se estructuró para garantizar la **eficiencia y fiabilidad del flujo de definición**, integrando desde fases tempranas gran parte de las decisiones técnicas, reduciendo esperas, solapamientos y retrabajos. La **colaboración temprana** con ingenierías, equipos internos de obra y partners industriales permitió validar soluciones estructurales y de envolvente desde el anteproyecto, integrando criterios de ejecución, seguridad, secuencia de montaje y coste, y facilitando la incorporación natural de soluciones innovadoras bajo un enfoque de *Design for Construction*. Esto nos permitió **optimizar los costes de construcción en un 2,5%** revirtiéndolo en mejoras de calidad tangibles para el cliente.

Un ejemplo especialmente relevante fue el desarrollo de las **barandillas y terrazas envolventes**, concebidas desde fases tempranas mediante la integración de la imagen arquitectónica, el detalle constructivo, el comportamiento frente al viento y la estrategia de montaje desde el interior del edificio. Esta solución permitió prescindir de andamios auxiliares en fachada y optimizar la secuencia de ejecución de la obra, evitando un incremento estimado del 11 % en el plazo de ejecución que habría requerido el empleo de sistemas convencionales.

En conjunto, estas dinámicas permitieron **coordinar a más de 20 empresas** y cerrar el anteproyecto en **90 días**, manteniendo el nivel de definición, calidad y control necesarios para una ejecución estable y predecible.

Metodologías como soporte de la ejecución

Las metodologías aplicadas en el desarrollo del proyecto no persiguen sofisticación organizativa, sino **crear las condiciones necesarias para una ejecución fiable, eficiente y productiva**. Este enfoque prepara directamente el terreno para las estrategias de productividad y ejecución en obra que se desarrollan en el capítulo 11, cerrando de forma coherente el ciclo iniciado en la fase de proyecto.

8. DISEÑO ESTRUCTURAL INTEGRADO CON FR INGENIERÍA

Si bien en un edificio residencial estándar, de altura moderada, la temprana colaboración entre la ingeniería estructural y el equipo arquitectónico evita costes añadidos y retrasos indeseados en el Proyecto, en un edificio de gran altura y tan singular como el caso de TM Tower, dicha colaboración desde las fases más incipientes del encaje arquitectónico resulta, sin lugar a duda, fundamental para lograr el éxito en el proceso.

FR INGENIERIA participó pues, como partner estratégico, con el objetivo de conseguir tres resultados clave, común con todos los integrantes del equipo interdisciplinar:

- La **adecuación de la propuesta arquitectónica a la solución estructural necesaria (y viceversa)**, ya desde las fases más estratégicas y conceptuales del Proyecto, previo incluso a la elaboración de diseño de Anteproyecto y Proyecto Básico. La estructura deja de ser un condicionante pasivo para convertirse en un elemento activo de definición arquitectónica, funcional y de valor inmobiliario.
- La lógica y necesaria **optimización** del diseño estructural, **tanto en coste económico como en plazo de ejecución**; siendo este último (plazo de ejecución), un objetivo crucial a la hora del planteamiento de soluciones en una torre, ya que la estructura es el camino crítico de producción.
- Íntimamente relacionado con el objetivo anterior, y dentro de las innovaciones y singularidades a nivel estructural que evidentemente supone TM Tower, **se ha priorizado en todo momento el uso de materiales, sistemas y métodos de construcción “tradicionales”**, en la medida de lo posible, adecuados al conocimiento y las técnicas disponibles del sector en el entorno de la obra.

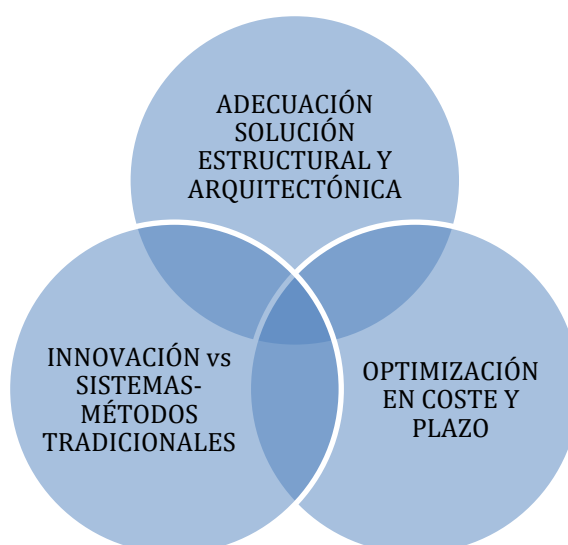


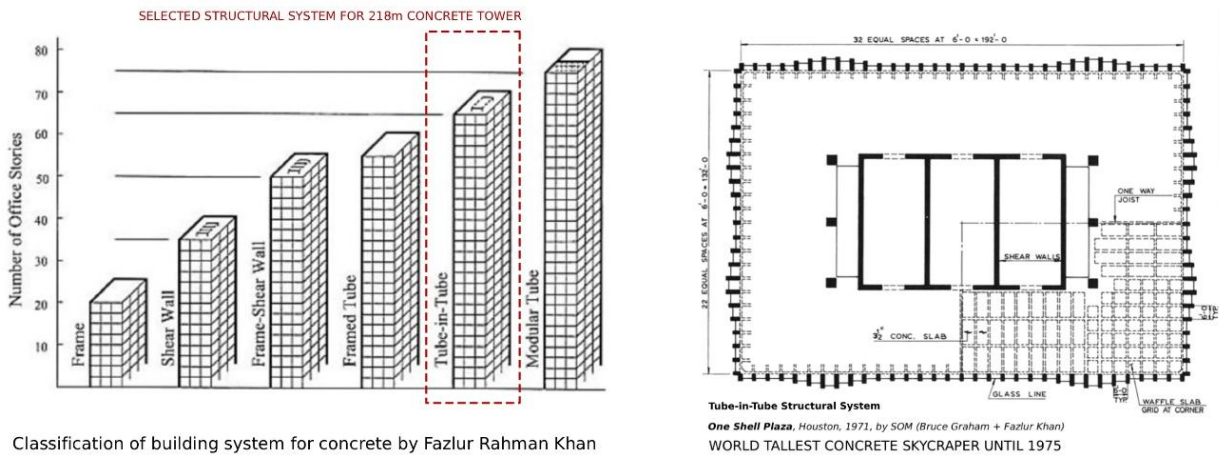
Figura 8.1 Triple objetivo interrelacionado en el diseño estructural de la TM Tower.

8.1. Concepto estructural de TM Tower

El uso y la ubicación de TM Tower —edificio residencial más alto de Europa, localizado frente a la Playa de Poniente de Benidorm— condicionaron desde la etapa conceptual del proyecto la tipología estructural adoptada. A diferencia de los esquemas estructurales clásicos, al estilo **“open plan”**, basados en un núcleo central y pilares perimetrales, habituales en edificios de gran altura y especialmente adecuados para edificios de oficinas con espacios flexibles y orientados en todas direcciones, donde la estructura mantiene una relación limitada con la distribución interior, el carácter residencial del edificio exigía **la vistas directas de todas las viviendas hacia el mar**, concentrando los elementos de rigidización en aquellas zonas con menor valor añadido desde el punto de vista del producto inmobiliario. Para dar respuesta a este planteamiento se desarrolló un nuevo concepto de planta, denominado **“Cluster plan”**.

Desde una aproximación estructural convencional, basada en el conocimiento histórico de las torres de gran altura de **hormigón armado**, la solución más eficiente para un edificio de esta altura habría conducido de forma natural a un sistema tipo **“tube in a tube”**, en el que el edificio se comporta como una gran viga en voladizo empotrada en el terreno. En este esquema, la resistencia frente a acciones horizontales se logra mediante un **perímetro con pilares muy próximos entre sí y vigas de borde de gran canto, que trabaja solidariamente con un núcleo central rígido, ambos conectados por los forjados**. Este planteamiento maximiza la rigidez lateral y la eficiencia material, pero resulta incompatible con los requerimientos de **orientación al mar de la totalidad de las viviendas**, propios de un edificio residencial en primera línea como TM Tower.

Frente a este enfoque, se plantea para TM Tower un modelo de planta específicamente adaptado al uso residencial, denominado **“Cluster plan”**, que se basa en la agrupación de espacios privados formados por distintas viviendas y en la disposición de pantallas de gran rigidez en la separación entre ellas. El resultado es una planta segmentada por **pantallas de cortante orientadas perpendicularmente al mar**, en la que la estructura queda **totalmente integrada y coordinada con la arquitectura de forma inseparable**. Adicionalmente, **dos núcleos excéntricos**, que emergen en la fachada norte, concentran la rigidez en zonas de menor valor arquitectónico. De este modo se obtiene un **frente de fachada completamente libre**, con grandes terrazas envolventes y todas las viviendas orientadas al mar, una **mayor privacidad entre unidades residenciales** y una **rigidez distribuida**, resuelta íntegramente mediante pantallas, sin recurrir a un tubo exterior denso de pilares perimetrales ni a anillos de rigidización entre núcleo y perímetro.



Classification of building system for concrete by Fazlur Rahman Khan

Figura 8.2 (Superior) Esquema estructural clásico “Tube in a tube” (Fazlur Khan) para edificios de altura de hormigón armado, pensado para una configuración de oficinas con núcleo interior y pilares en fachada.

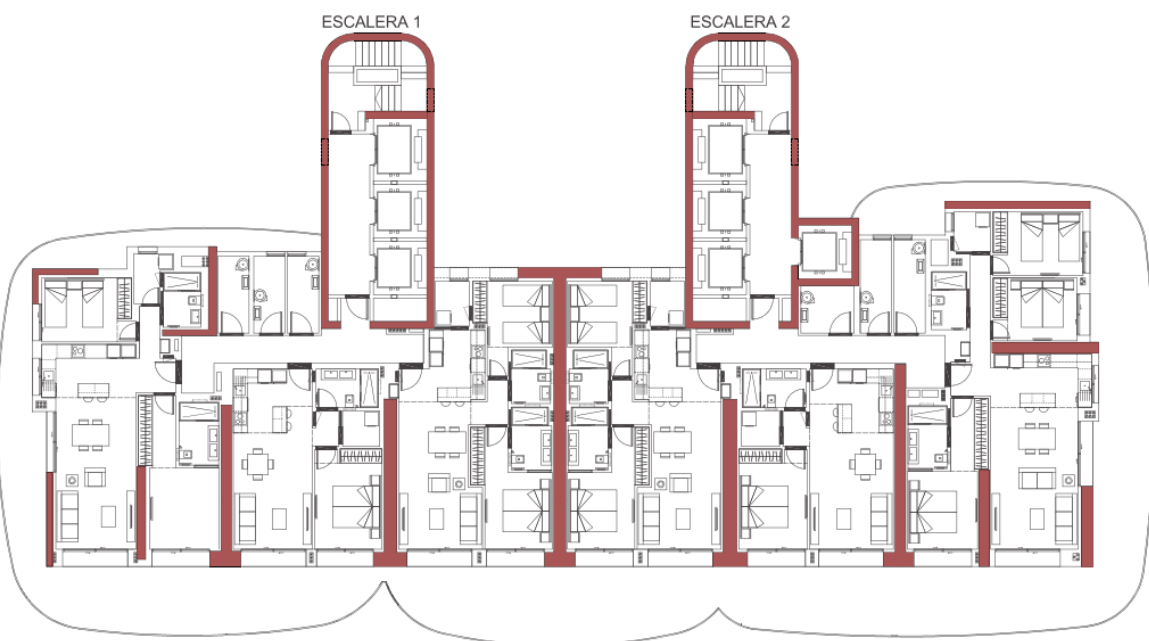


Figura 8.2 (Inferior) Esquema estructural de TM Tower, con núcleos excéntricos y pantallas interiores, que libera la fachada y responde a los requerimientos de un edificio residencial en altura.

Además de las restricciones arquitectónicas, los encajes iniciales de las soluciones estructurales estuvieron condicionados por diversos aspectos técnicos, algunos de ellos inherentes a los edificios de gran altura y otros directamente derivados del **flujo de trabajo colaborativo** establecido entre todos los integrantes del proceso:

- Desde las fases iniciales, y además de su contribución a la rigidez global frente a acciones horizontales, se predimensionaron los elementos portantes verticales (núcleos y pantallas) con el objetivo de alcanzar **tensiones homogéneas frente a cargas gravitatorias**. Este planteamiento dio lugar a pantallas más esbeltas en el lateral oeste, donde el número de plantas es menor, y a pantallas más robustas en la zona central, que alcanza la máxima altura del edificio. Este criterio permitió evitar deformaciones diferenciales, tanto instantáneas como diferidas, aspecto esencial en edificios de esta envergadura.
- La **elevada esbeltez del edificio** —en el entorno de 8,5, considerablemente superior a la de otros rascacielos de altura similar— condiciona su respuesta estructural, haciendo necesario un control riguroso tanto de las deformaciones estáticas debidas a la acción del viento como de sus **componentes dinámicas**, principalmente aceleraciones y desplazamientos transversales.
- Por último, la **colaboración temprana** con el equipo de obra, la empresa responsable de la ejecución de la estructura y la responsable de los medios auxiliares permitió incorporar desde fases muy iniciales condicionantes que, de haberse considerado en etapas posteriores, habrían generado sobrecostes y retrasos significativos. Entre ellos destacan: el diseño de la viga arriostrante que conecta los núcleos, las cargas específicas durante el proceso constructivo, las necesidades de instalaciones para el hormigonado o la adecuación del contorno de los forjados para posibilitar el paso del encofrado trepante de los núcleos.

Todo lo anterior dio lugar al desarrollo de numerosos modelos estructurales parciales, progresivamente más evolucionados. La participación de **FR INGENIERÍA** desde la fase inicial permitió **alinear el diseño del producto inmobiliario, el cálculo estructural y la construcción** dentro de un mismo flujo de trabajo.

El resultado de esta etapa, que no puede considerarse como una foto fija sino como una etapa intermedia dentro del flujo de trabajo, fue el desarrollo de los modelos completos de la estructura, plenamente coherentes con el modelo residencial “Cluster plan” y con los objetivos arquitectónicos, técnicos y de producto de TM Tower.

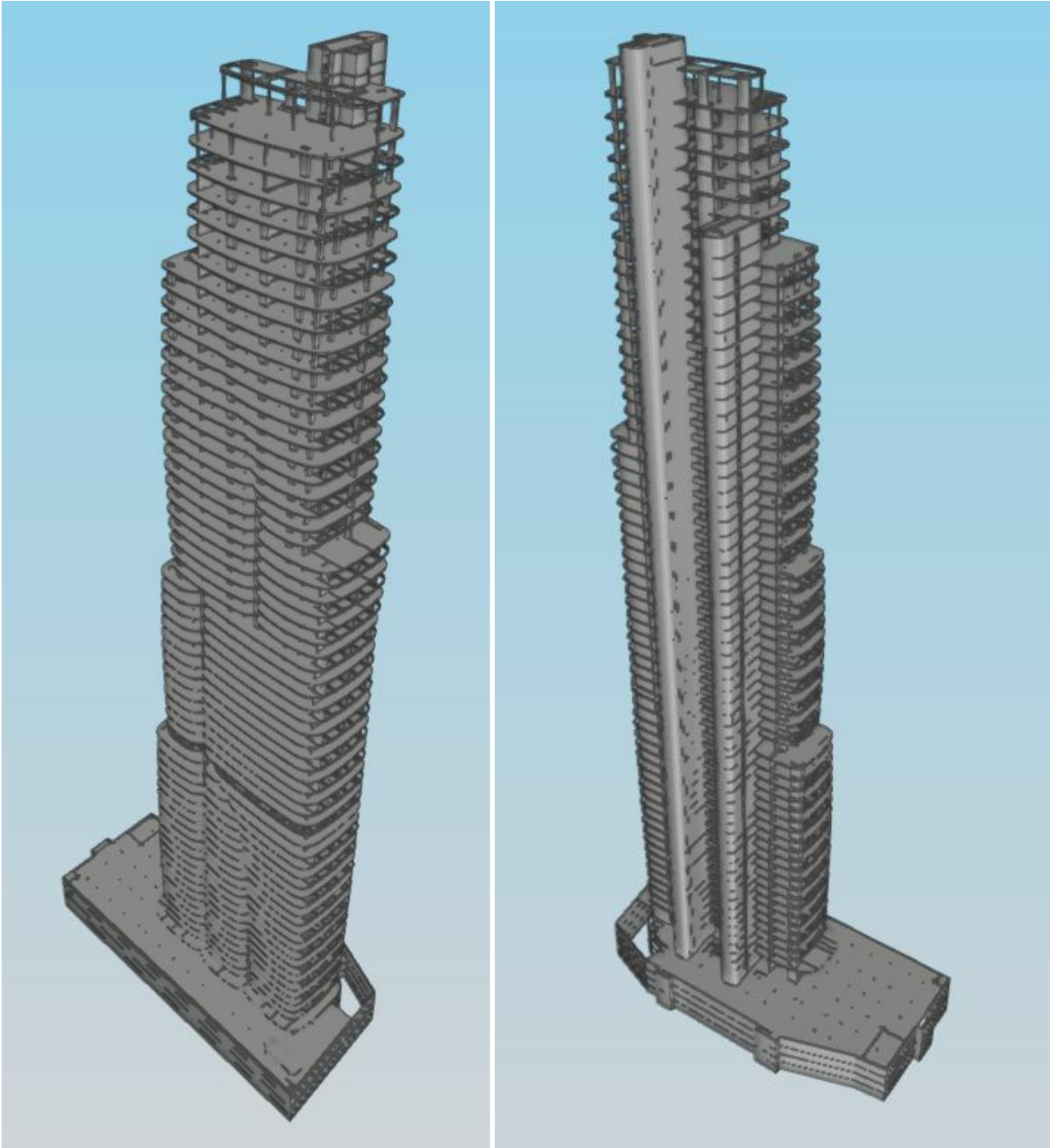


Figura 8.3 *Imágenes de modelos globales de la estructura realizados por FR INGENIERIA.*

8.2. Características del sistema estructural

Como se ha comentado anteriormente, tanto en la elección de las tipologías estructurales como en la de materiales y sistemas, se ha combinado en todo momento la innovación de diseño y cálculo que supone, sin lugar a duda, un rascacielos de **230,50 m de altura** con el uso prioritario de métodos y materiales de construcción “tradicionales”.

El **gran éxito del proyecto a nivel estructural** ha consistido en resolver, mediante **métodos tradicionales de construcción en hormigón armado**, un edificio que por su escala y altura habría requerido habitualmente, soluciones técnicas de estructuras y resistencias de hormigón superiores a los estándares de producción habituales en el entorno. Esta solución de proyecto ha permitido **garantizar un plazo y un coste óptimos**, manteniendo al mismo tiempo elevados niveles de **seguridad, fiabilidad y control constructivo**. Las principales características del sistema son:

- El edificio se ha resuelto íntegramente en **hormigón armado**, evitando acudir a estructuras postesadas o mixtas con perfiles de acero laminado.
- Las resistencias de los hormigones utilizados se resumen en el siguiente esquema de plantas. Como puede verse, **la mayor calidad del hormigón utilizado nunca ha excedido el HA-50**.

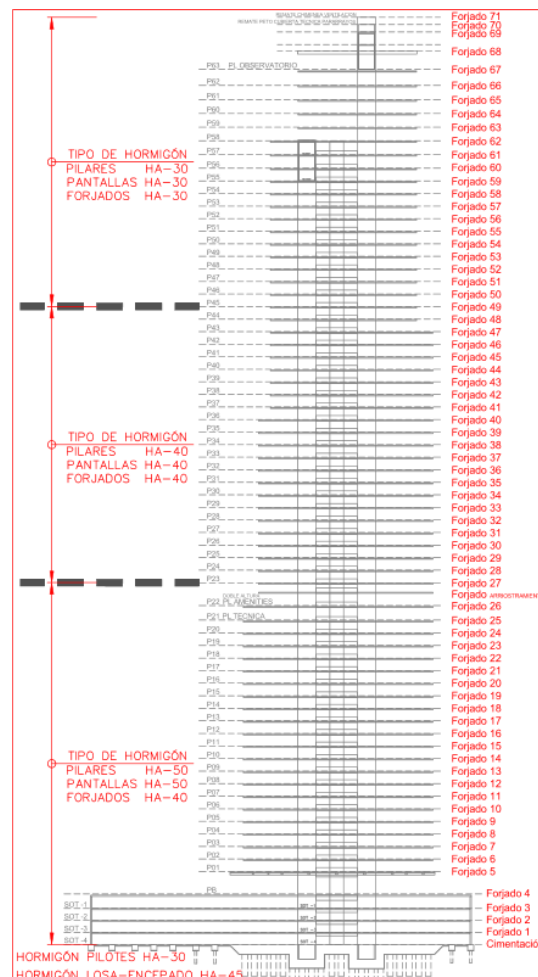


Figura 8.4 Esquema de calidad de hormigones utilizados en TM TOWER.

- Como puede verse en el esquema anterior, la calidad de los hormigones de los elementos es variable según la altura, adaptándose a la magnitud de los esfuerzos. Como criterio general, se ha escogido que la diferencia entre la calidad del hormigón de los soportes y de los forjados correspondientes no difiera en más de un 40%, valor histórico que el Código Americano ACI-318 establece como límite para evitar el aplastamiento de las pastillas de forjado entre tramos consecutivos de pilares.
- Todos los **forjados son de tipología de losa maciza de hormigón armado**, descartándose otras tipologías tanto por factores de coste / plazo como por la magnitud de los esfuerzos que los forjados deben soportar (tanto los esfuerzos gravitatorios como un porcentaje de los esfuerzos derivados de las acciones horizontales debido a su contribución a la estabilidad lateral del conjunto debido al “efecto pórtico”). **El espesor de las losas varía entre los 28 y los 32 cm**, a excepción de zonas puntuales de la Planta Baja con un canto de 42 cm.
- Como se ha apuntado con anterioridad, debido a la alta esbeltez del conjunto y a la configuración arquitectónica, ha sido **necesario conjugar tanto el “efecto ménsula”**, desarrollado principalmente por los núcleos de comunicación vertical traseros y la pantalla central (en rojo en el siguiente esquema), **como el “efecto pórtico”** desarrollado a través de los forjados.

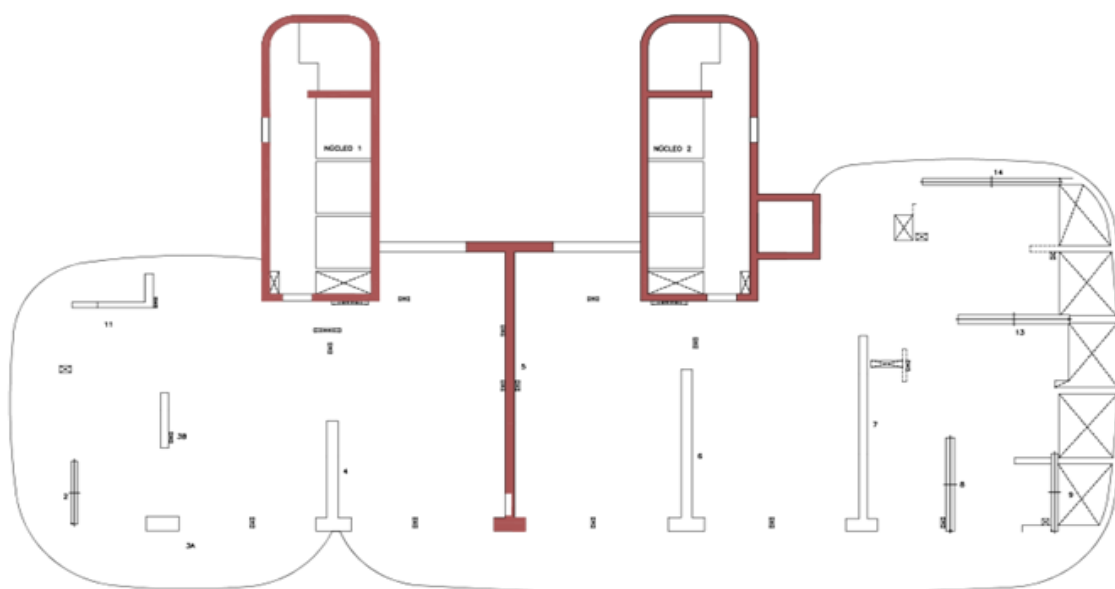
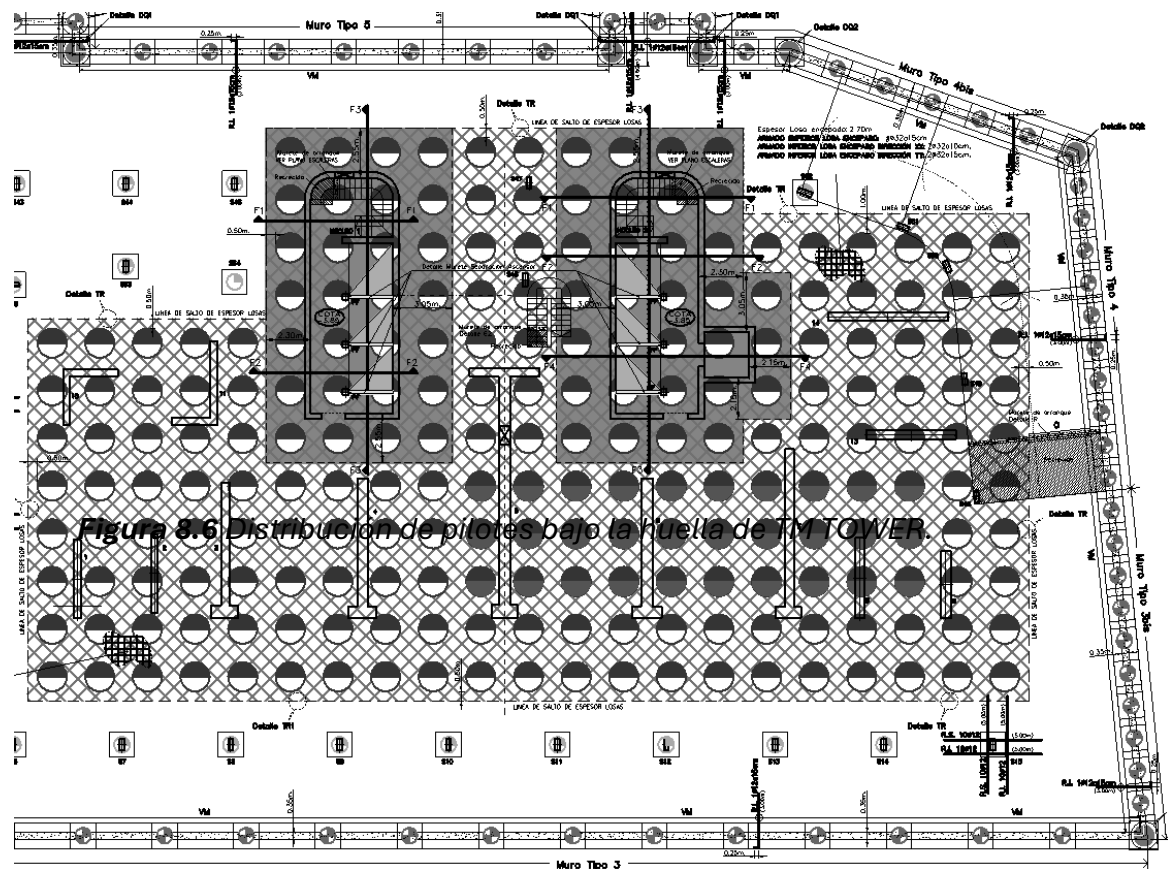


Figura 8.5 Núcleos y pantalla central principales para resolver el “efecto ménsula” en TM Tower.

- A pesar de la elevada capacidad portante del terreno subyacente en la zona de la Playa de Poniente, ha sido necesario resolver la **cimentación mediante pilotaje** de gran diámetro. En la huella de la Torre se han perforado 220 pilotes de **150 cm de diámetro**, con una longitud entre 12 y 16 metros dependiendo de la magnitud de los esfuerzos que reciben. Dichos pilotes están unidos entre sí mediante una **losa-encepado de 2.70 metros de canto**. La elevada densidad de pilotes bajo dicha losa-encepado, y el canto de ésta, posibilita el análisis de la misma como si de una cimentación superficial se tratara.



8.3. Acciones horizontales. Ensayo en Túnel de Viento

Como era previsible, ya los modelos de cálculo más iniciales determinaron que **es el viento, por encima del sismo, la acción predominante horizontal** (algo usual en edificios de Benidorm). Dada además la singularidad y esbeltez del edificio, se procedió a realizar - en paralelo al desarrollo de los modelos estructurales del edificio-, ensayos en el Túnel de viento de la Universidad Politécnica de Madrid, con el fin de estimar con precisión las cargas de viento actuantes en cada uno de los niveles.



Figura 8.7 Fotografía del modelo a escala (1:300) donde se incluye TM Tower y su entorno próximo. El modelo fue instrumentado con un total de 386 tomas de presión y ensayado desde 36 ángulos diferentes.

Los ensayos realizados en el túnel de viento permitieron determinar con precisión los coeficientes de presión por planta y las cargas totales de viento asociadas. Tal como era previsible, los resultados confirmaron que tanto las fachadas y barandillas de geometría redondeada como el escalonamiento y estrechamiento progresivo de la torre en altura contribuyen de forma positiva al control de la acción del viento.

La geometría escalonada de la torre con una reducción gradual de la anchura a medida que aumenta la altura disminuye la superficie expuesta en los niveles superiores —donde la intensidad del viento es mayor—, lo que se traduce en una reducción de las acciones globales sobre la estructura.

Por su parte, **la geometría curva de la torre**, con esquinas redondeadas, presenta un comportamiento más favorable frente al viento que una forma prismática convencional. La ausencia de aristas vivas permite una desviación más progresiva del flujo de aire, reduciendo las zonas de succión intensa y evitando separaciones bruscas.

COEFICIENTES PRESION POR PLANTA

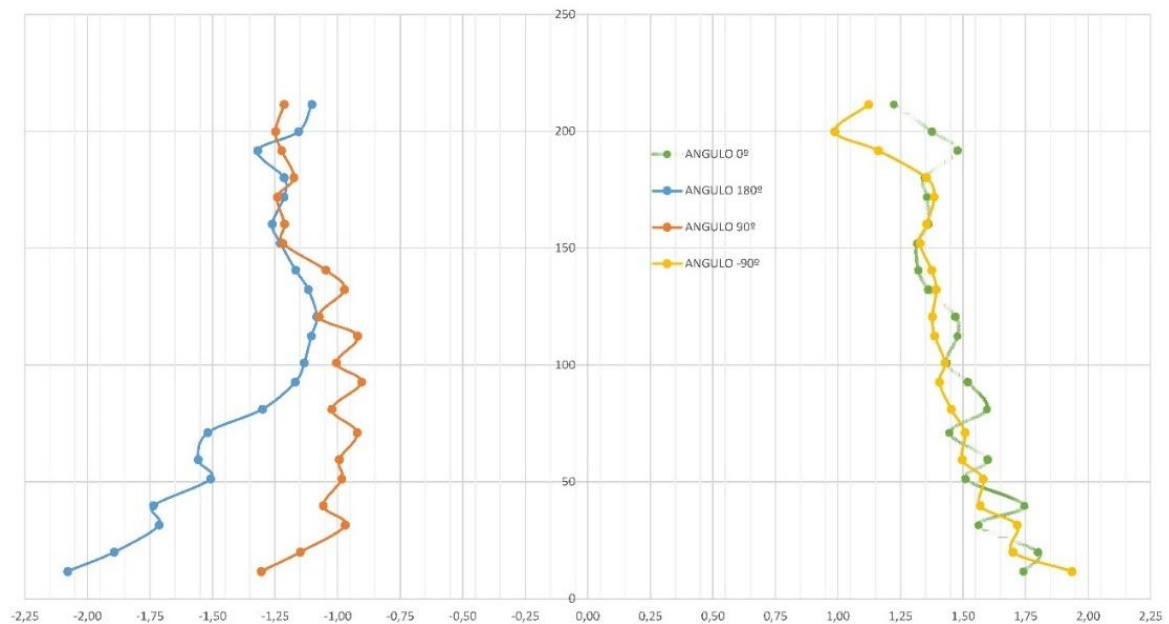


Figura 8.8 Coeficientes de presión en función de los 4 ángulos principales de incidencia del viento según los resultados obtenidos en el ensayo de Túnel de viento.

8.4. Análisis estructural del edificio

Para el diseño de los elementos estructurales se emplearon programas informáticos tanto basados en análisis matriciales como en el Método de Elementos Finitos (FEM), así como diversas implementaciones y procedimientos auxiliares desarrollados por FR INGENIERIA. Lógicamente, debido a la singularidad del edificio, se procedió tanto a modelos globales del sistema en conjunto, con la incorporación de todos los elementos, como a numerosos análisis locales y parciales de aquellas zonas susceptibles de detalle específico. Las conclusiones principales son las siguientes:

- En lo que respecta a acciones horizontales, los modelos estructurales incorporan tanto los efectos del viento como los sísmicos, analizando tanto las **acciones de carácter estático como dinámico** en ambos supuestos. De este modo es posible garantizar que los criterios de servicio (derivas y aceleraciones de confort) se mantengan dentro de los límites recomendados internacionalmente. En conjunto, los análisis efectuados garantizan que la torre no solo cumple con la seguridad estructural frente a acciones extremas, sino también con los criterios de servicio y confort de una torre de estas características.

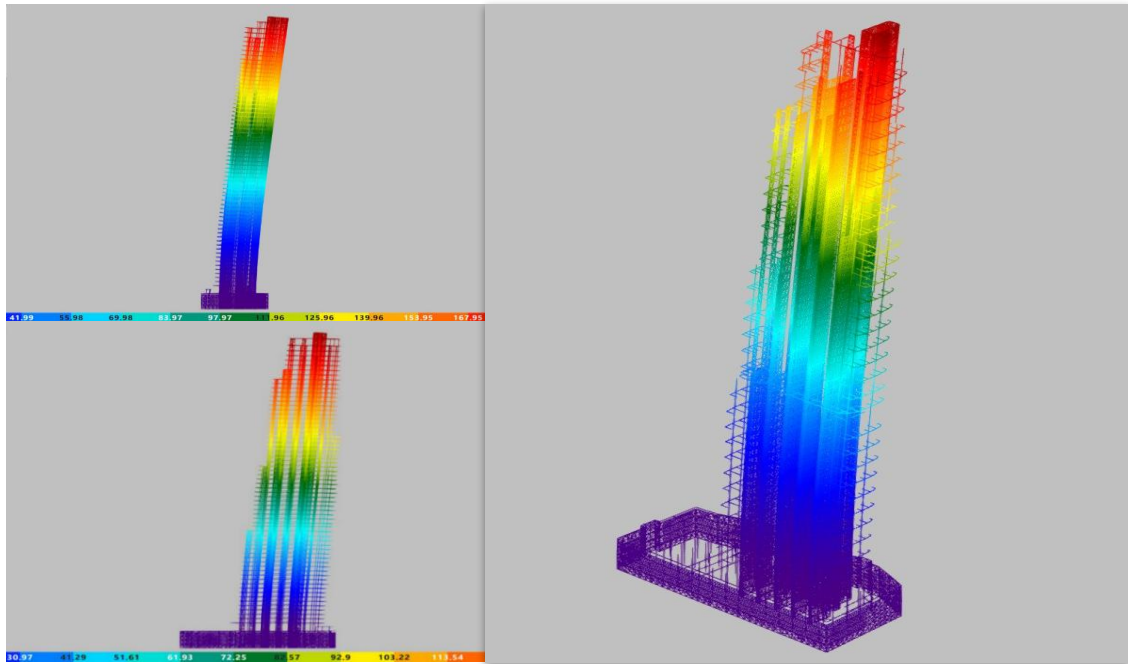


Figura 8.9 Deformación de TM Tower bajo hipótesis de viento “X” e “Y”.

- Tal y como se ha expuesto anteriormente, se ha buscado en el dimensionamiento de las piezas verticales, el hecho de que **frente a cargas gravitatorias se alcancen unas tensiones en servicio similares**, con el fin de no provocar acortamientos diferenciales ni transferencias de cargas significativas entre piezas (a través de los forjados o de las vigas de canto), ya sean de primer o segundo orden. Este método de dimensionamiento presenta además como consecuencia que el análisis de la estructura frente a cargas verticales puede realizarse suponiendo el edificio completamente ejecutado (como realizan la mayoría de los programas informáticos), sin necesidad de tener en cuenta el proceso de construcción. El reparto de cargas verticales es prácticamente proporcional, entonces, al área tributaria de cada una de las piezas. La problemática estriba en que, durante dicho proceso de construcción, el simple hecho de la nivelación de los forjados “absorbe” los acortamientos diferenciales que se hayan producido en las plantas inferiores (debidos tanto a fenómenos elásticos, como de retracción y fluencia), por lo que los esfuerzos reales existentes en los soportes debidos a las cargas gravitatorias se alejan de los obtenidos en un análisis con el edificio completamente ejecutado. Lógicamente este hecho es más relevante en edificios de altura, y su consecuencia en la redistribución de esfuerzos puede ser muy importante en caso de acortamientos diferenciales significativos. Este hecho se evita si, tal y como es el caso, los acortamientos diferenciales (y por ende, las tensiones gravitacionales) en todos los soportes son semejantes.

8.5. Comportamiento del edificio en servicio

El diseño estructural de TM Tower se ha desarrollado considerando no solo las exigencias de seguridad frente a acciones extremas, sino también el comportamiento de la torre en condiciones de servicio, aspecto especialmente relevante en edificios residenciales de gran altura.

A partir de los modelos estructurales globales y de los ensayos específicos de túnel de viento realizados durante el desarrollo del proyecto, se ha evaluado la respuesta del conjunto frente a las acciones horizontales propias de este tipo de edificaciones. Los resultados obtenidos confirman que el comportamiento de la torre se sitúa dentro de los rangos habitualmente recomendados a nivel internacional para torres residenciales de gran altura.

La solución estructural adoptada, basada en un sistema de pantallas de hormigón armado y núcleos estructurales integrados con la arquitectura, proporciona una elevada rigidez global y una respuesta estructural estable. Este planteamiento permite compatibilizar la libertad compositiva de la fachada y las grandes terrazas del edificio con un comportamiento estructural fiable.

En conjunto, los análisis realizados validan la idoneidad del sistema estructural adoptado y confirman que la torre mantiene un comportamiento adecuado durante su funcionamiento, conforme a los estándares internacionales aplicables a edificios residenciales de gran altura.

9. MOVILIDAD VERTICAL AVANZADA CON SCHINDLER

En un edificio residencial en altura como TM Tower, la movilidad vertical deja de ser un elemento funcional añadido para convertirse en un **sistema estructural, operativo y experiencial de primer orden**. La definición del número de ascensores, su velocidad, capacidad, tecnología y disposición en los núcleos condiciona de forma directa el diseño arquitectónico, el comportamiento estructural, la eficiencia operativa del edificio y la experiencia cotidiana de los usuarios.

Desde las fases iniciales del proyecto, la movilidad vertical se ha abordado como un **problema de ingeniería avanzada**, integrado en el proceso global de diseño y coordinado con la arquitectura y la estructura. Esta aproximación permite anticipar decisiones críticas, optimizar los núcleos de comunicación vertical y garantizar un equilibrio preciso entre rendimiento, confort, seguridad y fiabilidad a largo plazo.

El diseño del sistema de ascensores de TM Tower responde a tres objetivos fundamentales:

- asegurar una **movilidad fluida y continua** para una población residencial elevada,
- ofrecer una **experiencia de uso propia de un edificio icónico**, y
- garantizar un **comportamiento seguro y robusto** frente a acciones dinámicas como el viento o el sismo.

Para ello, se han desarrollado estudios de tráfico, soluciones de alta velocidad, sistemas específicos de confort dinámico y dispositivos de seguridad avanzados, dando lugar a un conjunto de soluciones que establecen un **nuevo estándar en movilidad vertical residencial** y sitúan a TM Tower como referencia en el diseño de torres de vivienda de gran altura.



9.1 Estudios de tráfico y velocidad

El diseño de la movilidad vertical de TM Tower mejora significativamente el estándar habitual de los edificios residenciales, incorporando **ascensores de alta velocidad de hasta 6 m/s**, muy por encima de las velocidades habituales en vivienda de 1 m/s. Esta solución eleva de forma sustancial el nivel de servicio del edificio e incorpora un sistema de movilidad vertical de muy altas prestaciones, alineado con los estándares de las torres residenciales internacionales de gran altura.

La configuración final del sistema combina **cabinas de grandes dimensiones**, con capacidades de **13 y 17 personas** y cargas nominales entre **1.000 y 1.275 kg**, garantizando confort, accesibilidad y versatilidad de uso. El diseño de las cabinas incorpora puertas de apertura central de grandes dimensiones (no telescópicas), acabados de alta calidad y una altura interior superior al estándar de **2,5 m**, lo que, junto con el control optimizado de aceleración y frenado, permite un uso confortable incluso a altas velocidades. La reducción significativa del tiempo de viaje refuerza una experiencia de usuario excepcional, acorde con el carácter icónico del edificio.



Figura 9.1-1. Planta de la torre con distribución de ascensores por escaleras

El **dimensionamiento del número de ascensores, sus velocidades y la capacidad de las cabinas en cada núcleo** responde a un análisis preciso de la población del edificio y de sus patrones de uso, desarrollado **desde las fases iniciales del proyecto**. La realización temprana de los **estudios de tráfico** es un factor crítico, ya que el número de ascensores y las dimensiones de las cabinas **condicionan directamente la geometría y el tamaño de los núcleos de comunicación vertical**, elementos estructurales de primer orden en un edificio de gran altura.

Estas decisiones influyen, a su vez, de forma directa en el **predimensionamiento de la estructura**, afectando a la rigidez global, a la distribución de cargas y al comportamiento frente a acciones horizontales. Por este motivo, los análisis de tráfico se desarrollaron de manera coordinada con el diseño arquitectónico y estructural desde el inicio del proyecto, permitiendo fijar de forma coherente los núcleos como elementos integrados del sistema resistente del edificio.

Para ello, se llevaron a cabo **simulaciones de tráfico avanzadas y estadísticamente representativas** realizadas por Schindler, conforme a sus criterios internos y a la norma **ISO 8100-32:2020**. Estos estudios permitieron optimizar la configuración de los núcleos, asegurando el cumplimiento de exigentes parámetros de **capacidad de transporte (HC5)** y **tiempos de espera mínimos**, incluso en escenarios de máxima demanda.

Recomendaciones del análisis de tráfico de Schindler (conforme a ISO 8100-32:2020)

Situación de tráfico	Definición de tráfico			Requerimientos estándar	
	Entrando	Saliente	Entreplantas	HC5	WT
Residencial Doble Sentido	50 %	50 %	0 %	≥ 7 %	≤ 60 s

Leyenda

Ajuste	Abreviaciones
Situación de tráfico: Ver Sección 2	P5: Personas transportadas en promedio dentro de 5 minutos
Plantas: Plantas servidas por los ascensores	HC5: P5 relativo a la población servida por el grupo
Población: Población servida por el grupo	WT: Tiempo promedio de espera por pasajero
	DT: Tiempo promedio de destino por pasajero
	IS: Numero promedio de paradas intermedias por pasajero
	LW: Pasajeros que esperan más de 90 segundos (%)

1 Escalera 1 - 1 x 1275 Kg + 2 x 1000 Kg_4 m/s_3KS

Ascensores: 3 Conventional, 1000..1275 kg, 4,00 m/s

Situación de tráfico	Plantas	Población	P5	HC5	WT	DT	IS	LW
Residencial Doble Sentido	-4..20, 23..55	342	24	7,0 %	49,4 s	107,0 s	1,6	14,2 %
			27	8,0 %	58,8 s	122,6 s	2,0	21,6 %
			31	9,0 %	70,8 s	141,3 s	2,5	30,4 %

2 Escalera 2 - 1 x 1275 Kg + 3 x 1000 Kg_6 m/s_4KS

Ascensores: 4 Conventional, 1000..1275 kg, 6,00 m/s

Situación de tráfico	Plantas	Población	P5	HC5	WT	DT	IS	LW
Residencial Doble Sentido	-4..20, 23..62	560	39	7,0 %	43,8 s	102,3 s	1,9	9,5 %
			45	8,0 %	54,8 s	121,9 s	2,5	17,6 %
			50	9,0 %	69,6 s	146,4 s	3,2	29,0 %

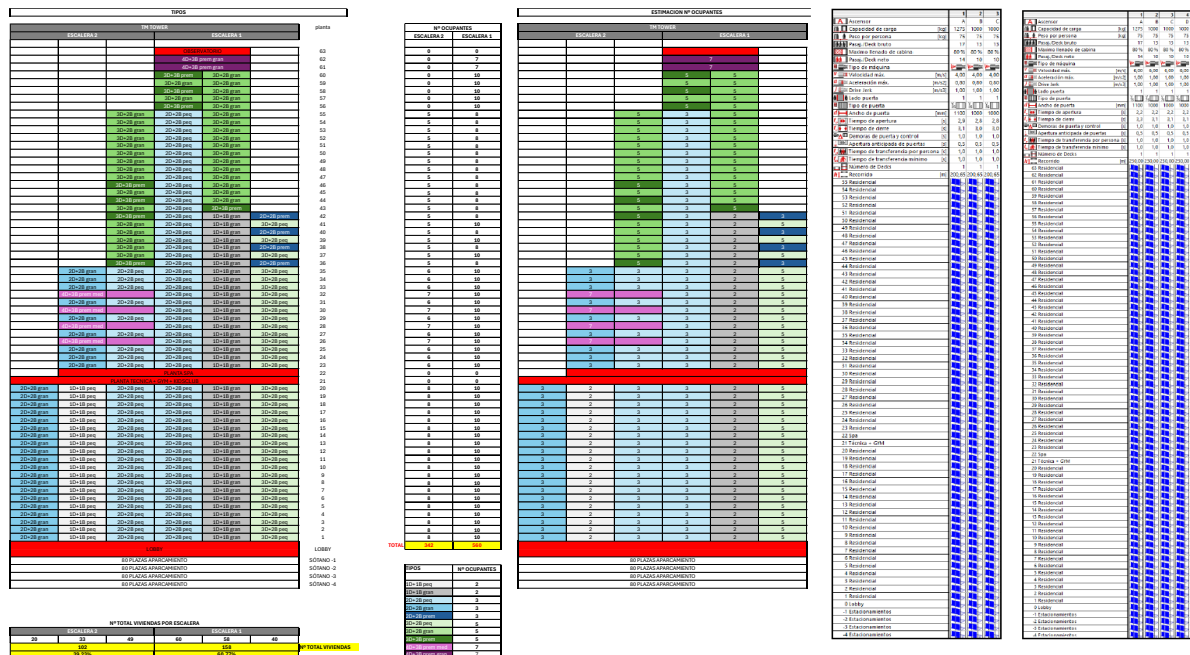


Figura 9.1-3. Esquemas para definición de la población del edificio y funcionamiento de ascensores.

La solución adoptada se organiza en dos núcleos principales:

- **Escalera 1:** velocidad de **4 m/s**, con **3 ascensores** (1 cabina de 17 personas / 1.275 kg y 2 cabinas de 13 personas / 1.000 kg).
- **Escalera 2:** velocidad de **6 m/s**, con **4 ascensores** (1 cabina de 17 personas / 1.275 kg y 3 cabinas de 13 personas / 1.000 kg).

En cada uno de los núcleos, además, el **ascensor de mayor capacidad puede ser utilizado como ascensor de servicio**, garantizando la funcionalidad operativa del edificio sin interferir en el servicio cotidiano de los residentes.

9.2. Ahorro energético

En el diseño de torres de viviendas modernas, el ascensor ya no es solo un elemento de transporte, sino un componente activo en la estrategia energética del edificio. La incorporación de los convertidores **Schindler PF1** permite transformar la eficiencia del edificio utilizando el **ascensor como "generador" de electricidad**.

A diferencia de los sistemas tradicionales que desperdician energía en forma de calor, la tecnología **regenerativa PF1** permite que, cuando el ascensor se mueve a favor de la gravedad (por ejemplo, descendiendo con carga o ascendiendo vacío), el motor funcione como generador. Así, la energía recuperada se reintegra a la red interna del

edificio, alimentando servicios como iluminación, cámaras de seguridad o ventilación, y reduciendo directamente el consumo eléctrico de la comunidad.

Esta tecnología está orientada a mejorar la eficiencia energética del sistema y puede contribuir a una reducción significativa de los consumos eléctricos. Además, al ser equipos altamente eficientes, los convertidores PF1 generan mínimo calor. Esto reduce también reduce la carga térmica en las salas de máquinas y protege el resto de los componentes electrónicos, alargando su vida útil y reduciendo los gastos de mantenimiento a largo plazo.

Instalar tecnología PF1 de Schindler no solo es una decisión técnica; es una **decisión comercial estratégica**. Contribuye a mejorar la eficiencia energética del edificio y a optimizar sus costes de operación y mantenimiento.

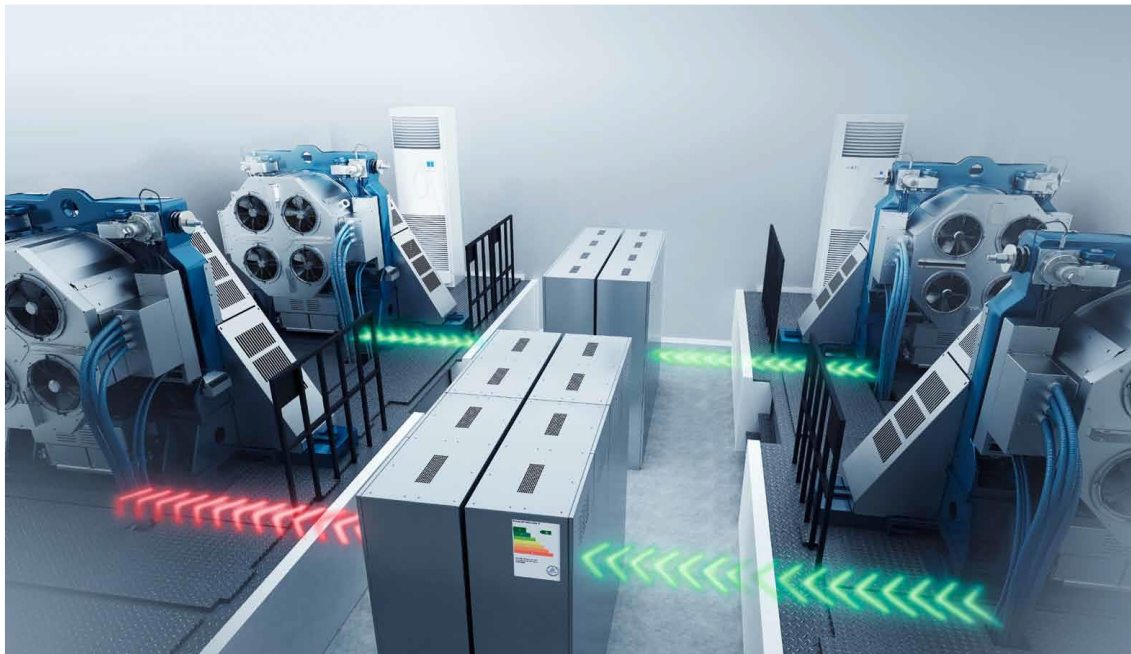


Figura 9.2. Generadores PF-1 Shindler

9.3. Ascensores Fire-fighter

En un edificio de gran altura, la gestión del tráfico vertical en situaciones de emergencia constituye un factor crítico de diseño. Mientras que el Código Técnico de la Edificación (DB-SI) establece una dotación mínima de ascensores de emergencia, la propuesta desarrollada junto con Schindler incorpora una solución de protección reforzada.

El edificio integra dos baterías de tres equipos, sumando un total de **seis ascensores de intervención Fire-fighter lifts**, diseñados y certificados conforme a la normativa EN 81-72. Esta dotación refuerza la capacidad operativa del edificio para la intervención de los equipos de emergencia, facilitando el acceso vertical y las labores de evacuación dirigida en situaciones de incendio.

Estos equipos incorporan características específicas para su utilización por los servicios de emergencia, incluyendo resistencia térmica reforzada, autonomía operativa y sistemas de estanqueidad diseñados para mantener la operatividad del ascensor en entornos donde se emplean mangueras o sistemas de rociadores. Asimismo, su maniobra de control exclusivo permite a los bomberos gestionar el funcionamiento del ascensor durante la intervención, utilizándolo como apoyo en las labores de acceso, evacuación y rescate.

La incorporación de esta dotación y de estas prestaciones técnicas contribuye a reforzar el nivel global de seguridad del edificio y aporta un valor añadido para los usuarios y para los servicios de emergencia.

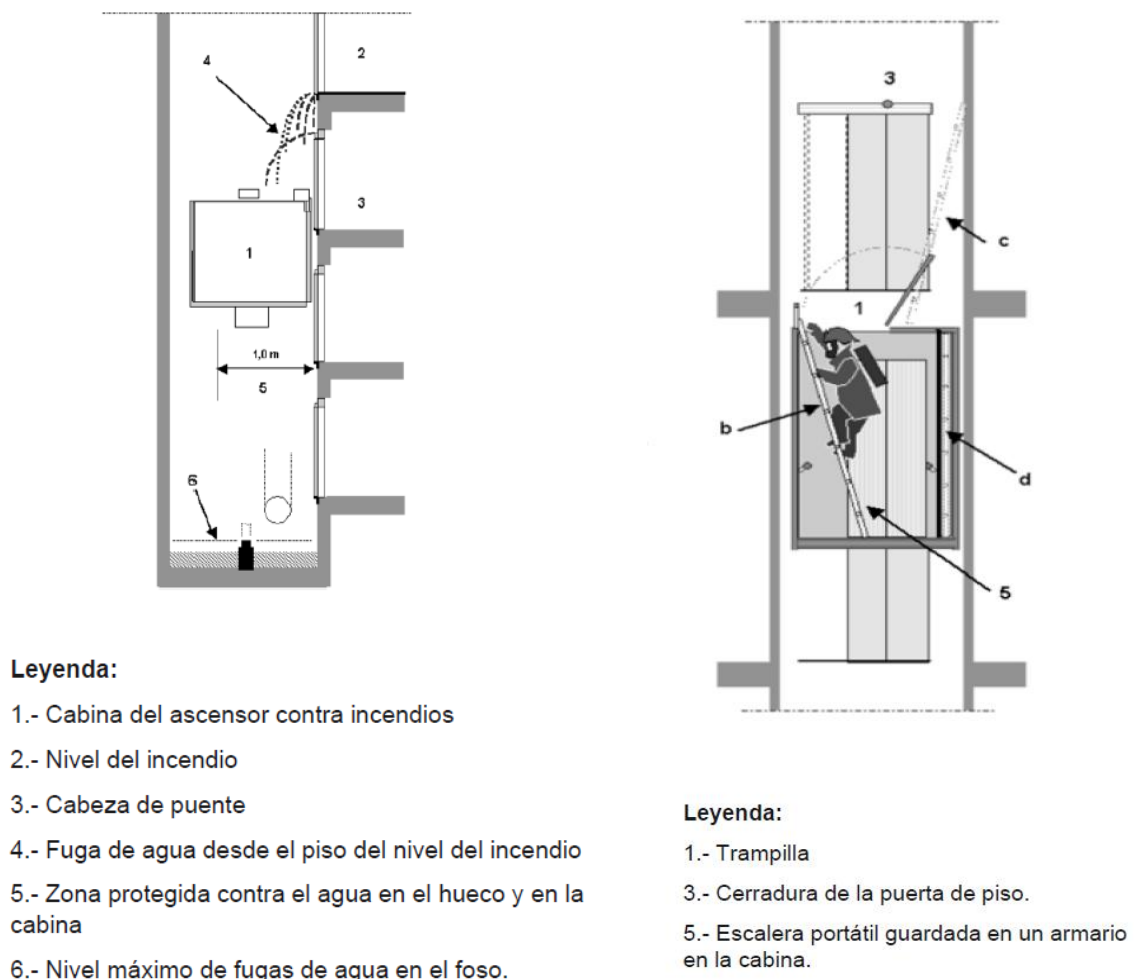


Figura 9.3. Esquemas de condiciones y autorrescate del ascensor de emergencia

9.4 Funcionamiento de los ascensores en edificios de gran altura

La movilidad vertical de la torre se ha proyectado bajo el concepto de **Advanced Engineering**, en el que el ascensor deja de ser un elemento estándar para convertirse en un sistema de suspensión y guiado específicamente diseñado para estructuras dinámicas. El objetivo es garantizar que el sistema de elevación funcione como una extensión elástica del edificio, manteniendo un comportamiento seguro frente a vibraciones y balanceos laterales propios de una torre de gran altura.

La estrecha colaboración entre las ingenierías de **Schindler y FR Ingeniería** ha permitido desarrollar un sistema capaz de contrarrestar con precisión tanto el movimiento lateral del edificio causado por el viento (“building sway”) como las vibraciones sísmicas, cumpliendo estrictamente con la normativa EN 81-77. Este cálculo dinámico integrado permite que el ascensor se adapte a las aceleraciones de la estructura, asegurando que, en caso de emergencia, los ascensores se desplacen automáticamente a la planta más cercana para proteger a los pasajeros. Para lograr esta resiliencia, se ha implementado una mecánica avanzada que incluye:

- **Canales de protección para cables de maniobra (Traveling Cable Channels)** y **guías específicas para el cable del limitador de velocidad (Governor Rope Guide)**, evitando enredos o colisiones por oscilación.
- **Fijaciones intermedias (Intermediate Tie Brackets)** y **protecciones de cables (Rope Protection)**, que minimizan el “latiguo” y eliminan ruidos indeseados.
- **Retenedores de contrapeso (Counterweight Retainer Plates)**, diseñados para evitar el descarrilamiento del sistema ante fuerzas laterales extremas.

Estas soluciones están diseñadas para mantener la seguridad, el confort y la fiabilidad del sistema de elevación, incluso bajo condiciones dinámicas exigentes.

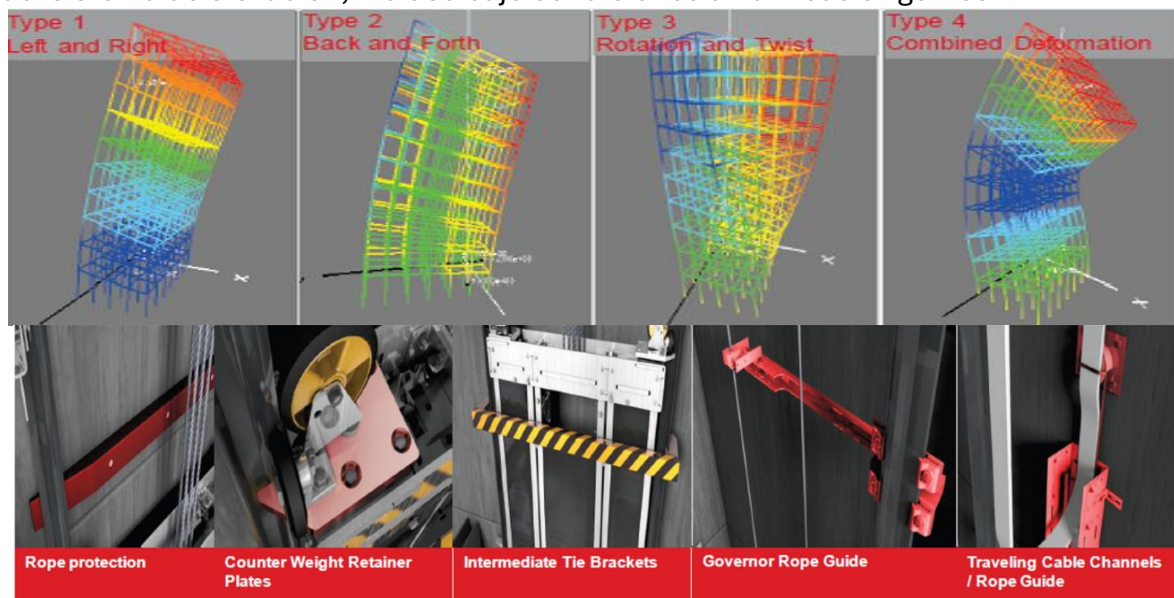


Figura 9.4 con Modos de deformación Building SWAY y elementos de medidas correctoras

9.5. Montaje robotizado y estrategia de instalación faseada

La ejecución del núcleo de comunicaciones verticales en TM Tower representa uno de los mayores desafíos logísticos del proyecto. Para optimizar la ruta crítica, se ha implementado una estrategia de montaje en colaboración con Schindler, integrada en su programa **TREX (Top Range Excellence)** y fundamentada en tres pilares tecnológicos:

- **Faseamiento Estructural mediante "Crash Deck" (Hito Planta 40):** A diferencia de los métodos de montaje lineal tradicionales, que exigen la finalización completa de la estructura del hueco para iniciar la instalación, en TM Tower la ejecución se ha dividido en dos tramos operativos independientes. Para ello, se ha diseñado e instalado forjado provisional de alta resistencia o **"Crash Deck" en la planta 40** que actúa como plataforma de protección técnica. Esta solución permite que el montaje de los ascensores en los niveles inferiores progrese de forma segura y simultánea al crecimiento de la estructura en los niveles superiores. La viabilidad de este sistema radica en la **precisión técnica en la ejecución del núcleo**, que permite iniciar los trabajos de movilidad vertical sin necesidad de un replanteo global del hueco en toda su altura. Gracias a este "escudo de protección", se desacopla el montaje de la obra gruesa, sincronizando la entrega de los ascensores con el remate estructural y permitiendo una puesta en servicio del edificio significativamente más adelantada.

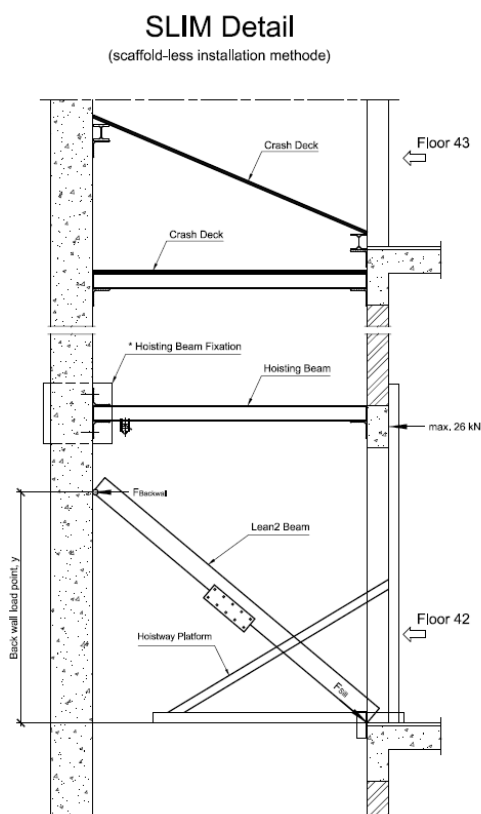


Figura 9.5-1. Detalle del Crash Deck para montaje faseado

- **Tecnología Scaffoldless Slim (Instalación sin Andamios):** Se ha sustituido el uso de andamiaje convencional por el sistema **Scaffoldless Slim de Schindler** para el modelo Schindler 7000. Esta metodología utiliza plataformas autotrepantes y utillaje ligero especializado que permite a los técnicos trabajar desde el interior del hueco con movilidad total. Esta implementación ofrece argumentos sólidos de eficiencia:
 - **Entorno seguro:** Garantiza un entorno de trabajo significativamente más protegido para los equipos de montaje al reducir drásticamente los riesgos de caída.
 - **Independencia operativa:** Permite iniciar la instalación con un alto grado de autonomía respecto a la preparación de otras fases de la obra.
 - **Ahorro de tiempo:** El sistema SLIM, junto con componentes de fácil ensamblaje, permite un **ahorro del 30% en el tiempo total de instalación.**

Solución Scaffold Less - SLIM

Beneficios Instalación

SLIM es el nuevo proceso de instalación global que cubre un rango de aplicación completa del nuevo Schindler 7000. Estas son algunas de las ventajas:

- Entorno seguro para nuestros equipos de montaje.
- Permite el comienzo de la instalación con un alto grado de independencia de la preparación del constructor.
- Ofrece una solución flexible, segura y a medida, que garantiza el cumplimiento de las especificaciones del proyecto, lo que permite al cliente tener el edificio listo para su comercialización lo antes posible.
- SLIM, en combinación con TREX y componentes fáciles de instalar, permite llevar a cabo el proyecto con gran eficiencia. El resultado es un ahorro de hasta un 30 % en el tiempo de instalación.

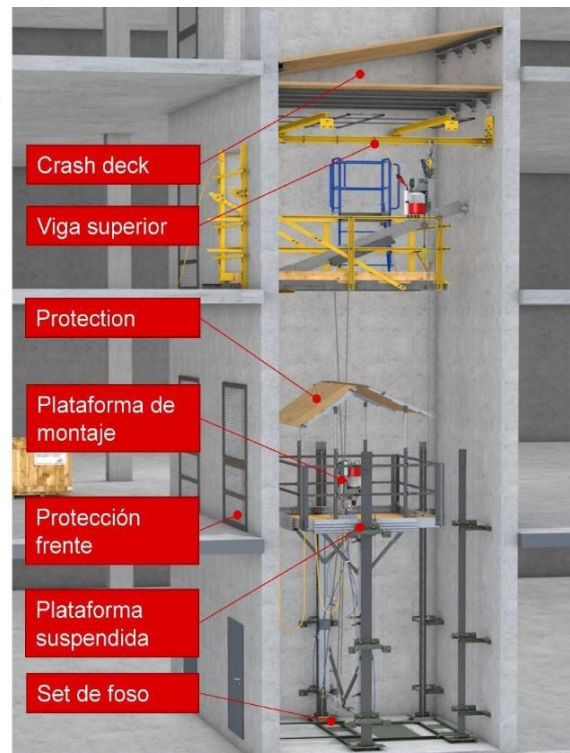


Figura 9.5-2. Axonometría de la solución Scaffold Less - SLIM de Schindler

- **Automatización mediante el Robot RISE:** La precisión en la ejecución del núcleo alcanza su máxima expresión con la utilización del robot **RISE (Robotic Installation System for Elevators)**. Este sistema autónomo se encarga de la ejecución de los taladros y la instalación de los pernos de fijación en el hormigón. La integración del robot RISE aporta tres ventajas competitivas clave:

- **Seguridad:** Elimina la exposición de los operarios a tareas de alta carga física, vibraciones y al polvo de hormigón en espacios confinados.
- **Precisión Milimétrica:** Garantiza que cada anclaje esté alineado exactamente según el modelo BIM, eliminando errores humanos y la necesidad de retrabajos.
- **Optimización de Plazos:** La velocidad de perforación y fijación robotizada reduce significativamente el tiempo de preparación del hueco, acelerando la entrega final de la instalación.



Figura 9.5-3. Fotografía del Robot RISE (Robotic Installation System for Elevators)

Esta combinación de planificación faseada y tecnología robótica no solo garantiza la operatividad del edificio en tiempo récord, sino que posiciona a TM Tower como un referente en la industrialización de procesos dentro del Clúster de la Edificación.

9.6. Mantenimiento y Operación Avanzados

El diseño de la fase de explotación y vida útil del edificio también ha sido un aspecto fundamental de la experiencia de cliente. La estrategia operativa se apoya en dos pilares tecnológicos que garantizan la excelencia en el servicio:

- **Continuidad operativa del sistema de ascensores:** El edificio cuenta con un grupo electrógeno independiente dedicado a los ascensores, dimensionado para permitir el funcionamiento simultáneo de los dos núcleos de elevación. Esta redundancia reduce la dependencia del suministro eléctrico general y permite mantener la operatividad del sistema de ascensores ante incidencias en la red, reforzando la continuidad del servicio para los ocupantes en un edificio de gran altura, especialmente en situaciones de emergencia o fallo de suministro.
- **Mantenimiento predictivo mediante Inteligencia Artificial (IA):** El sistema de mantenimiento previsto para los ascensores de TM Tower incorpora soluciones de monitorización avanzada que permiten evolucionar desde esquemas tradicionales de mantenimiento preventivo hacia modelos de mantenimiento predictivo basados en el análisis de datos. Estas herramientas facilitan la identificación anticipada de posibles anomalías o patrones de desgaste, permitiendo planificar intervenciones técnicas programadas con menor impacto para los usuarios. Este tipo de soluciones está orientado a optimizar el desempeño del sistema y puede contribuir a mejorar la fiabilidad operativa y a reducir los tiempos de inactividad del servicio.

Esta infraestructura refuerza el posicionamiento de TM Tower como un edificio preparado para una operación avanzada, fiable y resiliente.

Mantenimiento predictivo

Reducción del tiempo de inactividad mediante la detección automática de averías.



Figura 9.6. Esquema de referencia de Schindler de funcionamiento del mantenimiento predictivo

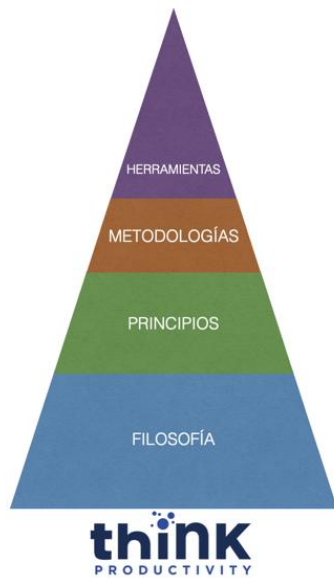
10. PLANIFICACIÓN DE OBRA Y LEAN CONSTRUCTION CON THINK PRODUCTIVITY

En el caso de TM Tower, el enfoque Lean ya aparece como un hilo conductor que une estrategia, diseño y obra: todo se organiza alrededor del valor para el cliente, la colaboración intensiva y la prevención del retrabajo. El proyecto apuesta por desplazar decisiones y coordinación a fases tempranas (smart effort curve), trabajar en entornos integrados tipo Big room y apoyarse en BIM como fuente única de información para detectar interferencias, cerrar acuerdos y asegurar un “first time right” real. Esta lógica se completa con prácticas de mejora continua a través de la postventa, utilizando las incidencias como aprendizaje estructurado para estandarizar y elevar el desempeño en proyectos futuros.

Sobre esa base, esta sección introduce la teoría y los fundamentos de Lean Construction que permiten convertir esa intención en un sistema de gestión robusto y repetible. A partir de los principios ya presentes en el documento —flujo, fiabilidad, reducción de desperdicio, estandarización y aprendizaje— se desarrollan metodologías y herramientas clave como Last Planner System, Takt Time y Heijunka para estabilizar el trabajo, Poka-yoke y ayudas visuales para evitar errores y hacer visible el estado del sistema, y conceptos como Automation y Jidoka para construir calidad en el proceso y detectar desviaciones a tiempo. Con este marco, la siguiente parte práctica, aportada desde la experiencia de obra, mostrará cómo se aterriza todo ello en el día a día con LPS y aprendizajes reales del equipo de producción.

10.1. LEAN + LEAN CONSTRUCTION

Antes de adentrarnos en las metodologías y herramientas que TM Tower (y TM Grupo en general) aplica en sus proyectos, conviene recordar una idea clave: **Lean no es solo un conjunto de técnicas**, sino **una filosofía de gestión**, es decir, una manera de pensar y de tomar decisiones.



Tal y como lo define Ballard, Lean es “una **filosofía** de gestión que se define por el **ideal** que busca alcanzar, los **principios** que se siguen en la búsqueda de ese ideal, y los **métodos** utilizados para implementar dichos principios.”

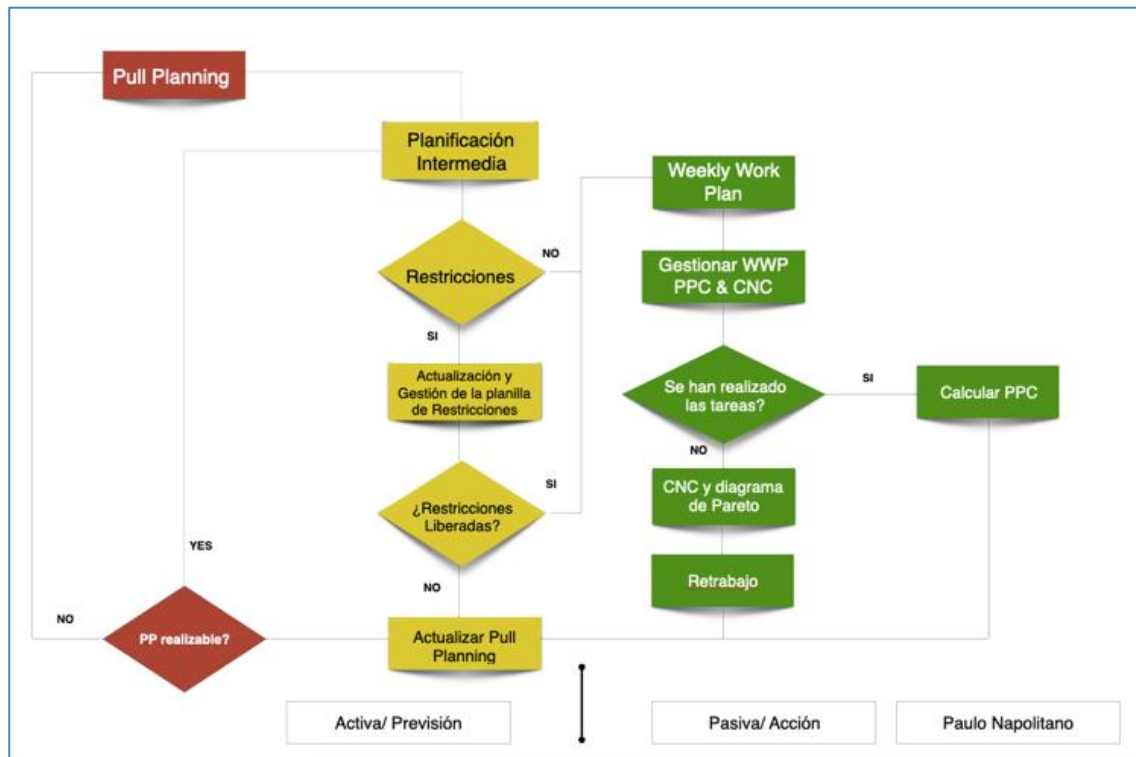
Ese ideal no es otro que el de Entregar a los clientes, internos y externos, exactamente lo que necesitan para conseguir sus propósitos, sin desperdicios.

Por tanto, aunque Lean naciera en la industria del automóvil, **su filosofía y sus principios son plenamente aplicables —y necesarios— también en construcción**, donde el reto es aún mayor por la variabilidad, la fragmentación de agentes y la dependencia de la coordinación. De hecho, el impulso moderno para trasladar Lean al sector suele situarse en 1992 con Lauri Koskela y su paper “**Application of the New Production Philosophy to Construction**”, que marca un punto de partida claro del enfoque que hoy conocemos como Lean Construction.

En el caso de TM Tower, este marco se concreta combinando **metodologías desarrolladas específicamente para construcción**, como el **Last Planner System**, cuyo desarrollo y consolidación se apoya en la tesis doctoral de **Glenn Ballard**, “**The Last Planner System of Production Control**”, junto con la aportación clave de **Greg Howell** en su evolución y difusión práctica en proyectos reales. Todo ello se integra con **técnicas adaptadas** para estabilizar el flujo y reducir la variabilidad, como **Takt time** o **Heijunka**, y con **herramientas digitales** que faciliten información fiable y compartida para decidir y actuar a tiempo, como **COCOPLAN**. A continuación, se presentan las principales metodologías que ya se están aplicando en TM y las que se incorporarán en TM Tower, explicando su propósito, cómo funcionan y qué impacto generan en la planificación, la producción y la calidad.

10.2. LAST PLANNER SYSTEM

LAST PLANNER® SYSTEM (LPS) o Sistema del Último Planificador (SUP) es una metodología de planificación de obra que modifica el proceso de programación y control **reduciendo la incertidumbre y la variabilidad**, permitiendo un **seguimiento semanal, incluso diario, del avance del programa, de la producción**. Last Planner System, genera **equipos compactos**, donde se establecen compromisos y los agentes se comprometen, remando en la misma dirección, para conseguir el objetivo del proyecto.



Se basa en una planificación en cascada, a tres niveles:

PLANIFICACIÓN GENERAL. - Se define, de forma colaborativa, entre todos los agentes implicados, las actividades que con una visión general, son necesarias para realizar el proyecto, su secuencia y sus solapes. Se provoca el COMPROMISO del equipo.

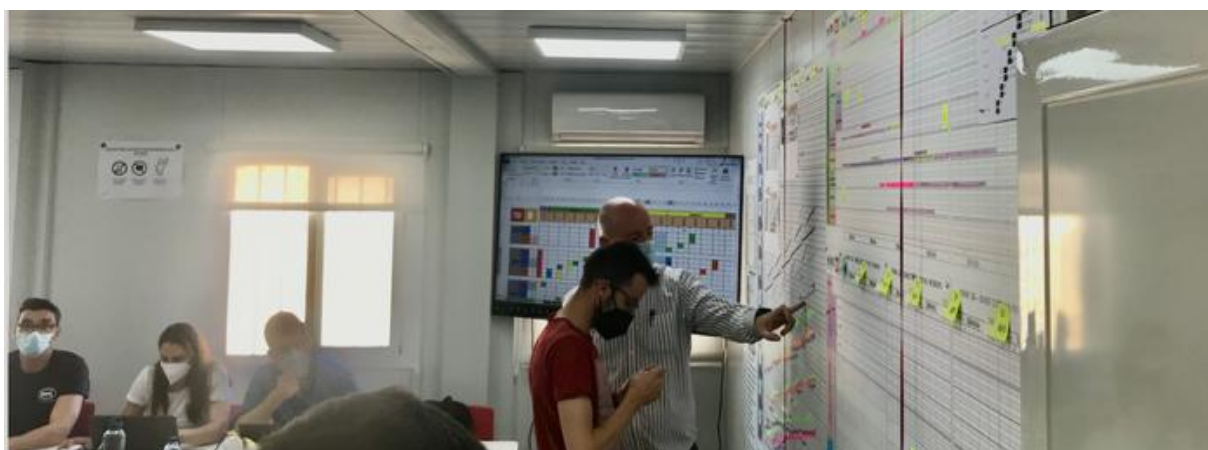
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA. - Se revisa semanalmente, haciendo un zoom a 6 semanas vista, para detectar todas las RESTRICCIONES que tienen las actividades programadas, lo que impide poderlas ejecutar o dificulta el FLUJO de la producción. De esta forma, el equipo se ANTICIPA la detección de problemas, para poder resolverlos con tiempo.

PLANIFICACIÓN SEMANAL. - De forma semanal se detallan de manera muy pormenorizada, los trabajos a realizar a dos semanas vista, generando las PROMESAS del equipo y permitiendo llevar un seguimiento y control de la producción, de su avance, ayudando a la toma de decisiones temprana en el caso de desviaciones importantes **a través de conversaciones de equipo.**



El sistema se activa antes del inicio de obra para definir estrategia y secuencia, se estructura por ciclos o paquetes de trabajo y, tras la contratación, se concreta mediante un **pull planning** que genera la planificación maestra. Durante la ejecución se realizan **reuniones semanales** con obra y subcontratas para renovar compromisos, gestionar restricciones y ajustar recursos.

Todo el proceso se apoya en **COCOPLAN** para actualizar en directo, emitir el **WWP** y seguir indicadores (PPC, CNC, restricciones y desviaciones) con trazabilidad y datos compartidos.



10.3. COCOPLAN: DIGITALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

En TM Grupo y, en particular, en TM Tower, **COCOPLAN** es la plataforma que conecta la planificación con la realidad diaria de la obra para que la gestión sea **más predecible, más eficiente y, sobre todo, más fiable**. Partimos de una planificación inicial generada en la nube y, a medida que el proyecto avanza, el equipo recoge datos de obra de forma sencilla y estructurada (pensado para trabajar con **Last planner**, diagramas espacio-tiempo y **takt planning**).



Esa información se centraliza en el servidor, donde COCOPLAN la procesa y la convierte en indicadores y alertas que ayudan a **tomar decisiones antes**, cuando todavía son baratas y efectivas, y no cuando el problema ya se ha materializado en plazos, calidad o retrabajos.

La clave es que la obra deja de depender de “sensaciones” o de interpretaciones parciales: el sistema ofrece **información objetiva y compartida** para todos los participantes. Permite, por ejemplo, ver semanalmente los **días de adelanto o retraso** de cada proyecto, emitir y distribuir el **plan de trabajo semanal (WWP)**, y seguir los KPI que sostienen la fiabilidad del sistema: **PPC (porcentaje de promesas cumplidas)**, **CNC (causas de no cumplimiento)** y el estado de **restricciones** (incluida su asignación a los responsables de liberarlas). Además, al trabajar con una base de datos común, se puede analizar el comportamiento de **subcontratas y ritmos de trabajo** entre distintas obras, comparar desempeño y detectar patrones. Todo ello se traduce en más coordinación, menos improvisación y una gestión basada en datos que refuerza la cooperación y el compromiso desde la planificación inicial hasta la ejecución final.



10.4. MARCO TEÓRICO DE METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS LEAN APLICABLES EN TM TOWER

Además de Last planner system (LPS) y del soporte digital de COCOPLAN, Lean construction se apoya en un conjunto de metodologías y herramientas que persiguen un objetivo común: **reducir la variabilidad, estabilizar el flujo de trabajo y construir calidad en el proceso**, para que la obra avance con menos improvisación y con decisiones más tempranas y fundamentadas. En TM Grupo ya se utilizan varias de estas prácticas y, en TM Tower, se reforzarán de forma sistemática para consolidar una producción más predecible y repetible.

- a) **Takt time y takt planning:** El **takt time** es el “ritmo objetivo” al que debe avanzar la producción para cumplir el plazo, entendido como la cadencia con la que un frente, una zona o una unidad repetitiva debería quedar terminada. En construcción, se aplica mediante **takt planning**, que organiza la obra por **zonas** (plantas, sectores, viviendas) y por **paquetes de trabajo**, definiendo una secuencia estable donde los equipos se desplazan de zona en zona manteniendo una cadencia constante. Su propósito es doble: por un lado, **hacer visible el flujo** (quién entra, cuándo y dónde); por otro, **reducir interferencias** y tiempos muertos al equilibrar el trabajo y limitar la variabilidad. Cuando se combina con una correcta preparación (restricciones

liberadas, información cerrada, logística resuelta), el takt planning permite una obra más “industrial”, con menos picos de recursos y más fiabilidad en plazos.

- b) **Kanban (físico o digital)**: señal visual/simple de reposición para pedir, reponer y controlar stock por paquetes, zonas o frentes.
- c) **Just in time (jit)**: suministrar materiales/equipos en el momento y cantidad necesarios para reducir acopios, manipulaciones y esperas.
- d) **Sistema pull**: reposición “tirada” por el consumo real del tajo/zona, evitando aprovisionamientos por previsión o “por si acaso”.
- e) **5s**: ordenar, limpiar y estandarizar almacenes y acopios para localizar y mover material sin pérdidas ni tiempos de búsqueda.
- f) **Gestión visual**: hacer visible el estado del sistema (plan, stock, incidencias, prioridades) con etiquetas, señalización, paneles y códigos.
- g) **Estandarización del trabajo**: definir la mejor forma conocida de recepcionar, verificar, ubicar, preparar kits y entregar, para repetirla y mejorarla.
- h) **Poka-yoke**: mecanismos anti-error para prevenir o detectar fallos a tiempo (referencias, cantidades, ubicación, montaje), integrados en el proceso.
- i) **Reducción de muda**: eliminar desperdicios como transportes, dobles manipulaciones, movimientos innecesarios, esperas y retrabajos.
- j) **Heijunka (nivelación)**: suavizar la carga y el ritmo de entregas/producción para evitar picos y valles que generan colapsos, esperas y errores.
- k) **Kaizen (mejora continua)**: mejoras pequeñas y constantes impulsadas por el equipo para elevar calidad, seguridad y productividad.
- l) **Gemba**: enfoque de aprender desde donde ocurre el trabajo; captar la realidad y el conocimiento de la primera línea para mejorar.
- m) **Respeto por las personas**: pilar Lean que impulsa participación, empoderamiento y aprovechamiento del conocimiento de quienes ejecutan.
- n) **PDCA**: ciclo planificar–hacer–verificar–actuar para probar mejoras, medir resultados, ajustar y consolidar aprendizaje.
- o) **A3 (resolución de problemas)**: método estructurado para analizar causa raíz, definir contramedidas y hacer seguimiento de mejoras complejas.
- p) **Reconocimiento**: refuerzo del hábito de mejora (visibilidad/bonificación) para sostener participación y cultura Lean.
- q) **Dfma (design for manufacturing and assembly)**: diseñar para fabricar y montar, trasladando complejidad de obra a entornos controlados.
- r) **Prefabricación / industrialización**: convertir parte de la obra en módulos repetibles para reducir variabilidad y acelerar instalación.
- s) **Calidad en origen (built-in quality)**: construir la calidad durante fabricación/ejecución, evitando depender de inspecciones tardías.
- t) **Kitting / paquetes logísticos**: preparar y entregar “kits” completos por zona/actividad para reducir tiempos muertos y errores de suministro.
- u) **Jidoka**: capacidad del sistema para **detectar una anomalía y forzar una reacción inmediata** (parar, corregir, escalar o replanificar) antes de que el problema se propague.

En conjunto, este marco teórico muestra que Lean Construction no es una suma de “herramientas sueltas”, sino un **sistema coherente**:

- **LPS** aporta la disciplina de compromisos y coordinación;
- El **Takt** y la nivelación (**Heijunka**) estabilizan el ritmo y el flujo por zonas;
- La logística Lean (**pull, jit, kanban, kitting y 5s**) asegura disponibilidad con menos desperdicio;
- La calidad integrada (**poka-yoke, built-in quality y jidoka**) evita que los errores se propaguen y se conviertan en retrabajos.
- Todo ello se sostiene con gestión visual, estandarización y una cultura de mejora continua (**gemba, kaizen, PDCA, A3 y reconocimiento**), donde el aprendizaje se convierte en práctica repetible y escalable.

A partir de este marco, el siguiente apartado aterriza estos conceptos en la realidad de obra: cómo se organizan las rutinas, cómo se coordinan las subcontratas, cómo se liberan restricciones y cómo se toman decisiones con datos y evidencia. Es decir, pasamos de la teoría del sistema Lean a su aplicación práctica en TM Tower, explicada desde la experiencia directa del jefe de obra.

11. OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRA CON LEAN Y LAST PLANNER SYSTEM

11.1. El reto de la productividad en la edificación en altura

Durante años, la construcción ha arrastrado una imagen de sector poco eficiente, caracterizado por retrasos habituales y una elevada dependencia de la improvisación. Esta realidad ha sido vivida de primera mano en numerosas obras. La incorporación de la filosofía Lean Construction® y, en particular, del Last Planner System® (LPS) ha permitido introducir una forma diferente de organizar el trabajo, más colaborativa, estructurada y orientada a la reducción de pérdidas de tiempo.

En TM Grupo Inmobiliario llevamos varios años aplicando esta metodología en obras reales. El objetivo de este apartado es mostrar, a partir de datos concretos, cómo la productividad ha ido mejorando de forma progresiva, así como explicar algunas de las prácticas que se están incorporando para seguir avanzando: desde la paquetización de los trabajos hasta una gestión más precisa de los materiales y un control riguroso de las partidas realmente ejecutadas.

Estos factores de organización, eficiencia y productividad adquieren una relevancia especial en el desarrollo de edificios en altura, donde la cadena de producción depende en gran medida de la secuencia de los trabajos y menos del volumen de medios que pueden incorporarse simultáneamente a la obra. La construcción de una torre exige, por tanto, una precisión logística y una coordinación de los flujos de trabajo muy superior a la edificación convencional. En el proyecto TM Tower, la productividad no se concibe como un aumento del volumen de medios de trabajo, sino como la eliminación sistemática de actividades que no aportan valor, junto con la optimización y estabilización del flujo de producción. Para ello, se ha implantado un modelo de gestión basado en la metodología Lean Construction, acercando a la obra a un proceso más industrializado, predecible y controlado.



Skyline de torres residenciales de TM Grupo Inmobiliario en Benidorm en la última década

11.2. Análisis comparativo y base de datos de rendimiento

La estrategia de ejecución de TM Tower no se apoya en hipótesis teóricas, sino en un análisis sistemático de los datos reales de rendimiento obtenidos en las 9 torres residenciales desarrolladas previamente por TM Grupo Inmobiliario en Benidorm.

La monitorización continuada de estos proyectos ha permitido identificar con precisión los principales cuellos de botella históricos en la ejecución de estructuras y acabados, así como cuantificar el impacto real de las distintas formas de planificar y organizar la obra. Este histórico de datos constituye la base objetiva sobre la que se han definido los indicadores clave de desempeño de TM Tower, planteados de forma simultáneamente realista y exigente.

Antes de entrar en los resultados cuantitativos, resulta necesario explicar la evolución nuestro sistema de planificación y seguimiento que ha hecho posible esta mejora progresiva de la productividad.

11.2.1. De la planificación reactiva al Last Planner System®

El punto de partida fue un sistema de planificación reactivo, basado en la comparación semanal entre lo ejecutado y lo planificado, siguiendo el enfoque tradicional del Camino Crítico (CPM). Este modelo permitía detectar desviaciones, pero siempre a posteriori, cuando el problema ya se había materializado y las posibilidades de corrección eran limitadas y costosas.

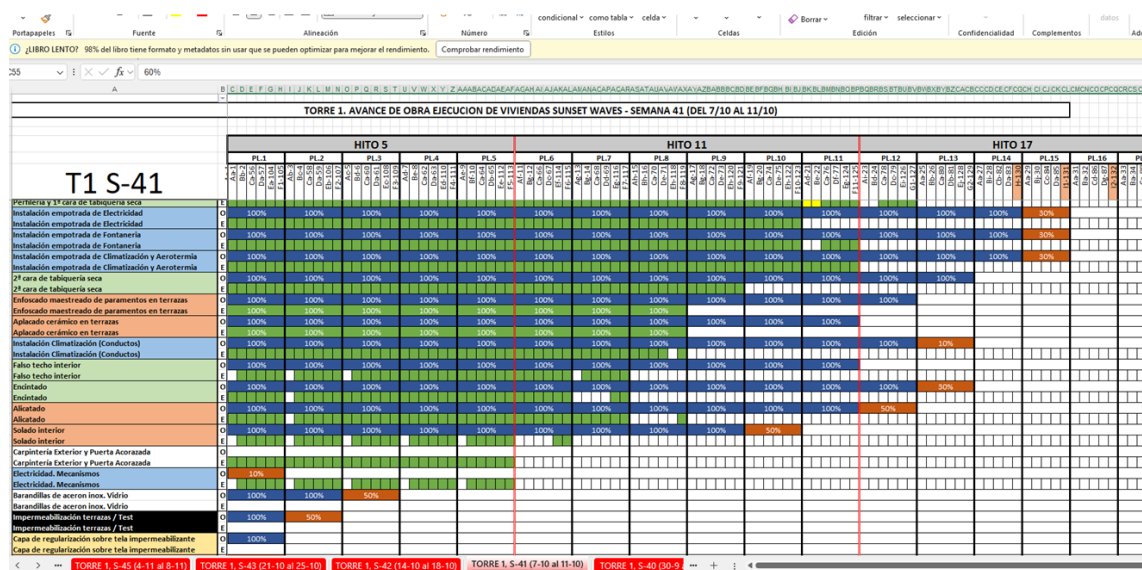


Figura 11.2.1 Gráfica de seguimiento de trabajos ejecutados vs planificados

La planificación recaía habitualmente en una única figura —el jefe de obra—, que elaboraba el programa apoyándose principalmente en su experiencia, pero sin incorporar de forma sistemática las restricciones reales de los distintos colaboradores: disponibilidad de personal, carga simultánea en otras obras, medios auxiliares compartidos o condicionantes logísticos específicos. Además, la coordinación específica de cada industrial con el resto de intervinientes y viceversa pasaba casi exclusivamente por el jefe de obra, concentrando en esta figura una elevada carga de tareas de coordinación cruzada.

Este enfoque generaba un consumo de tiempo muy significativo en labores que no aportaban un valor directo al proyecto, sino que se limitaban a intentar mantener el ritmo de la obra frente a incidencias y desajustes continuos.

El resultado era un control parcial del proceso productivo, que obligaba a actuar de forma reactiva mediante refuerzos puntuales de personal, reorganización improvisada de cuadrillas o intentos de recuperación de plazos que, con frecuencia, generaban nuevas interferencias en las actividades sucesoras. Una dinámica conocida y habitual en la edificación tradicional.

Limitaciones del enfoque CPM tradicional:

- Planificación reactiva basada en Camino Crítico (CPM).
- Alta dependencia del jefe de obra y baja implicación de los industriales en la planificación.
- Correcciones tardías, con elevado coste y bajo impacto estructural.



En edificación en altura, estas limitaciones se amplifican: la variabilidad, la improvisación y la baja fiabilidad del plazo adquieren un impacto mucho mayor debido a la secuencia vertical de los trabajos y a la elevada interdependencia entre actividades.

El problema de fondo no es la falta de recursos, sino la gestión de la variabilidad. Los retrasos tienden a combatirse añadiendo medios, pero la limitada capacidad espacial de una torre impide la saturación de recursos. En este contexto, el verdadero enemigo del plazo no es la escasez de medios, sino la improvisación y la falta de fiabilidad en la planificación.

11.2.2. El punto de inflexión: Sunset Cliffs

El verdadero cambio se produce con la implantación del **Last Planner System®** en el proyecto Sunset Cliffs. Por primera vez, las programaciones dejan de ser un documento unilateral para convertirse en un compromiso compartido con las empresas que ejecutan los trabajos.



Figura 11.2.2 Gráfica de seguimiento de trabajos de Last Planner System

La planificación comienza a construirse de forma colaborativa, analizando con antelación las restricciones reales y acordando compromisos semanales alcanzables. Este enfoque genera un cambio profundo en la actitud de las contratas, que pasan de ser meros ejecutores a participantes activos del sistema de planificación.

La planificación deja de percibirse como una obligación administrativa y se convierte en una herramienta útil, práctica y orientada a la producción real. Los efectos se hacen visibles rápidamente: reducción de la improvisación, mejora de la coordinación entre oficios y mayor estabilidad en el avance de los trabajos.

A medida que los colaboradores comprueban el retorno real del sistema, la inicial reticencia se transforma en implicación. La confianza generada produce un cambio de cultura: planificación más realista, mayor compromiso colectivo y un seguimiento mucho más fino de las fases de trabajo. Todo ello se traduce directamente en mejores rendimientos y una reducción clara de la variabilidad en obra.

El Last Planner System® como elemento crítico en edificación en altura:

La construcción de una torre residencial funciona como una cadena secuencial altamente interdependiente, en la que la productividad depende del flujo de trabajo, no del volumen de recursos disponibles. El objetivo operativo es claro: “first time right”. Transformar la obra en un proceso industrial predecible, donde la secuencia y la fiabilidad del plan prevalecen sobre la acumulación de medios.



En este contexto, la productividad en edificación en altura no se resuelve añadiendo recursos, sino implantando un sistema de planificación fiable que reduzca la variabilidad y garantice la continuidad del flujo.

La estructura marca el ritmo de la ejecución y debe avanzar de forma óptima, estable y predecible. El resto de agentes, oficios y procesos de obra deben sincronizarse con ese ritmo estructural, actuando como un sistema coordinado y no como actividades independientes.

11.2.3. Base de datos de proyectos analizados

Con la metodología ya implantada, el sistema se consolida en obras posteriores. Para analizar la evolución de la productividad, se han estudiado cuatro proyectos de tipología comparable: torres residenciales en altura, ejecutadas en distintos momentos de madurez del sistema de planificación.

Proyecto	Periodo	Nº Forjados	Nº Sótanos	Tipo Cimentación	Tipo Forjado	Plazo total (meses)	Superficie construida (m ²)
Sunset Waves	09/2018 06/2021	31	1	Pilotaje + Losa	Torre 1: Losa	21	19.734
Sunset Cliffs	03/2020 05/2022	29	3	Losa	Torre 1: Losa	23	26.940
Sunset Sailors	04/2023 06/2025	36	4	Losa	Torre 1: Reticular	20	26.060
TM Tower	05/2025 07/2028	71	4	Pilotaje + Losa	Torre: Losa	36	50.355

Este conjunto de datos permite analizar la evolución de la productividad en un contexto homogéneo y entender cómo la implantación progresiva del sistema ha modificado la forma de ejecutar la obra.

11.2.4. Evolución de la productividad

Para medir la eficiencia real de los proyectos se ha utilizado un indicador simple y directo: **metros cuadrados de vivienda construidos por mes**.

Proyecto	m ² construidos / mes	Sistema de control
Sunset Waves	940	CPM (Critical Path Method)
Sunset Cliffs	1.171	LPS (Last Planner System®)
Sunset Sailors	1.303	LPS (Last Planner System®)
TM Tower (previsto)	1.400 (estimado)	LPS (Last Planner System®)

El resultado: un incremento de productividad superior al 35%.

La eficiencia, medida en metros cuadrados de vivienda construidos por mes, muestra un crecimiento sostenido y directamente atribuible a la **consolidación** del Last Planner System®.

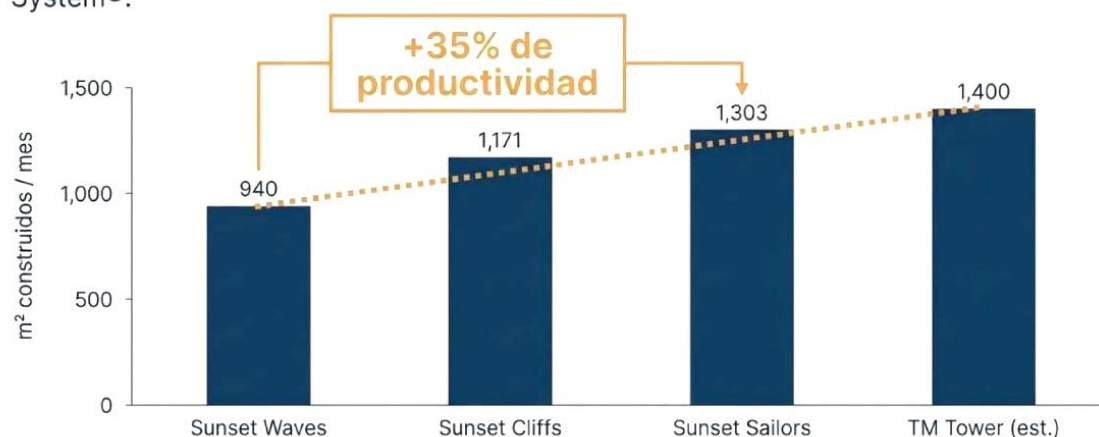


Figura 11.2.4-1 Gráfica de evolución de productividad en diversos proyecto de torres TM

La evolución muestra un incremento progresivo de la productividad que supera el **35 %** entre el primer y el último proyecto analizado. Este crecimiento no se debe a un aumento de medios, sino fundamentalmente a la mejora en la planificación, la coordinación y el grado de compromiso de las contratas derivado del uso sistemático del Last Planner System®.

Conviene subrayar que, en TM Grupo Inmobiliario, el plazo de obra incluye el proceso completo de revisión de las viviendas antes de su entrega al cliente. Este sistema de control de calidad consume una parte relevante del tiempo y debe estar completamente finalizado en cada vivienda y en las zonas comunes para considerar la obra terminada.

En la práctica, esto implica que mientras se entregan viviendas al Departamento de Atención al Cliente, en plantas superiores se continúa ejecutando estructura y hormigonando forjados. Por ejemplo, en febrero de 2027 se prevé estar cerrando viviendas terminadas mientras se hormigona la planta 25, evidenciando el alto grado de solape y control del proceso productivo.

El reto dentro del reto: la entrega de viviendas en paralelo.

Para entender el alcance de estas cifras, es clave saber que nuestro plazo de obra incluye un exhaustivo **sistema de revisión y entrega de viviendas**. Este proceso debe estar completamente finalizado para que la obra se considere acabada. Esto genera una operativa de alta complejidad. Por ejemplo, en febrero de 2027 en TM Tower, estaremos:

- **Entregando viviendas terminadas** en las plantas inferiores a nuestro Departamento de Atención al Cliente.
- **Hormigonando forjados en la planta 25** y ejecutando la estructura.

La capacidad de gestionar esta superposición de fases es un testamento a la robustez de la planificación.

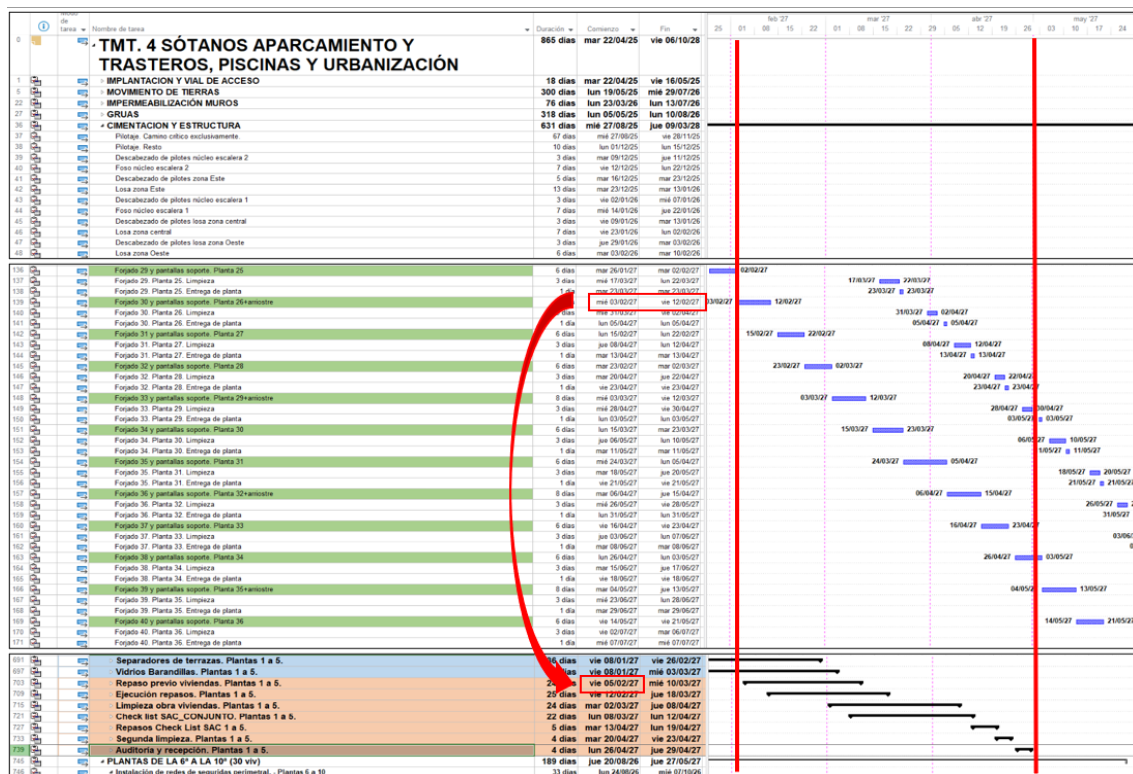
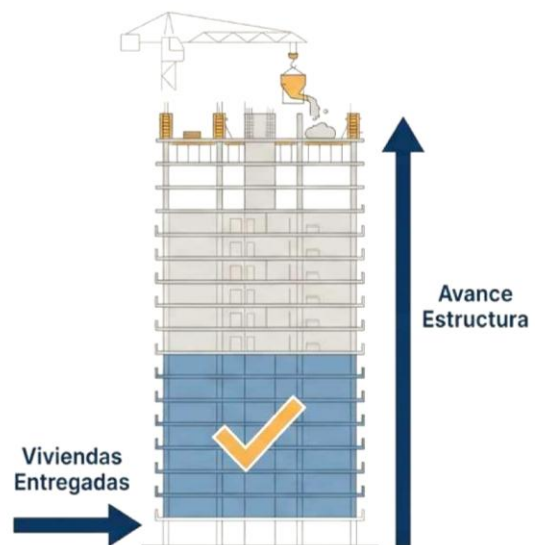


Figura 11.2.4-2 Planificación TM Tower. Viviendas entregadas y estructura en ejecución

11.3. Nuevas estrategias Lean para TM Tower

Además de la implantación del Last Planner System®, TM Tower incorpora un conjunto de nuevas **estrategias Lean** específicamente desarrolladas para responder a la escala, complejidad y exigencias operativas de un edificio de esta escala. Estas estrategias suman a las prácticas Lean que TM ha consolidado en proyectos residenciales anteriores, especialmente en las 9 torres residenciales desarrolladas en Benidorm.

Las iniciativas se integran en un sistema Lean coherente y no se conciben como acciones aisladas. Se estructuran en tres ámbitos de actuación, alineados con los principales retos de la edificación en altura:

- **A. Optimización logística**, orientada a garantizar un suministro fiable y ajustado de materiales, reducir movimientos improductivos y liberar capacidad productiva en los tajos.
- **B. Industrialización de procesos**, centrada en desplazar complejidad fuera de la obra, mejorar la calidad en origen y minimizar errores y retrabajos mediante soluciones prefabricadas y de alta precisión.
- **C. Mejora continua**, entendida como un sistema estructurado para capturar el conocimiento generado en obra, implicar a los equipos y transformar la experiencia operativa en aprendizaje transferible.
-

Los apartados siguientes desarrollan cada uno de estos ámbitos, describiendo su lógica operativa, los principios Lean asociados y los beneficios esperados en términos de plazo, coste, calidad y estabilidad del proceso constructivo.

A. OPTIMIZACIÓN LOGÍSTICA:

11.3.1. Integración con nuevas herramientas logísticas: Just in Time y Centro de Consolidación (CCC)

Para reforzar este enfoque, se ha incorporado el modelo de **Centro de Consolidación en Construcción (CCC)**, una práctica cada vez más extendida en obras de gran escala. El CCC actúa como un punto central de abastecimiento donde los materiales se reciben, organizan y preparan en los paquetes necesarios para cada zona de trabajo. Desde allí se distribuyen de forma ordenada, no solo dentro del propio edificio, sino incluso a varias obras si fuese necesario, convirtiendo el almacén de obra en un simple punto de paso, mucho más eficiente y con menor acumulación de materiales.

Este sistema permite reducir el número de entregas directas en obra, mejorar el control del inventario y enviar a cada planta únicamente lo necesario para el día de trabajo, favoreciendo un modelo logístico “tirado” por la planificación. La experiencia en

proyectos similares muestra reducciones de residuos de hasta un 15% y tasas de entrega correcta superiores al 95%.

En conjunto, el uso del CCC contribuye a una obra más ordenada, con menos interrupciones y un mayor control sobre plazos y desperdicio de materiales.

TRADICIONAL



MODELO CCC



15%
Reducción
de residuos

>95%
Precisión
en entregas



Figura 11.3.1. Esquema operativo del centro de consolidación

Principios Lean aplicados: Just in Time, sistema pull, Heijunka (nivelación), reducción de muda, 5S, estandarización del trabajo, gestión visual.

11.3.2. Paquetización y control logístico de materiales

En el próximo proyecto se plantea un paso adelante en la organización de los materiales mediante un sistema de **paquetización detallada por fases y por plantas**. Este sistema consiste en planificar cada etapa de la obra junto con la cantidad exacta de materiales necesarios en cada planta, de forma que cada equipo disponga en su zona de trabajo de todo lo necesario para ejecutar su tarea.

Suministrar ni más ni menos de lo necesario. Para ello, se realiza una medición precisa de elementos muy concretos: número de ladrillos de cada tipo, cantidades de mortero, espumas, siliconas, yesos o escayolas, incorporando únicamente un pequeño margen de desperdicio siempre controlado, con el objetivo de evitar sobrantes innecesarios.

Este método aporta dos beneficios claros. Por un lado, reduce de forma significativa los movimientos internos de materiales, minimizando tanto el reparto como la retirada de restos. Por otro, incrementa la fiabilidad de la planificación semanal, ya que cada equipo conoce con exactitud los recursos de los que dispondrá.

Adicionalmente, todas las contratas deberán entregar un desglose de materiales por planta, garantizando coherencia con la planificación global y evitando excesos o desajustes logísticos.



Figura 11.3.2. Fotografías obra previa de material cerámico paletizado para una vivienda. Principios Lean aplicados: Kitting / paquetes logísticos, sistema pull, Just in Time, estandarización del trabajo, reducción de muda, calidad en origen.

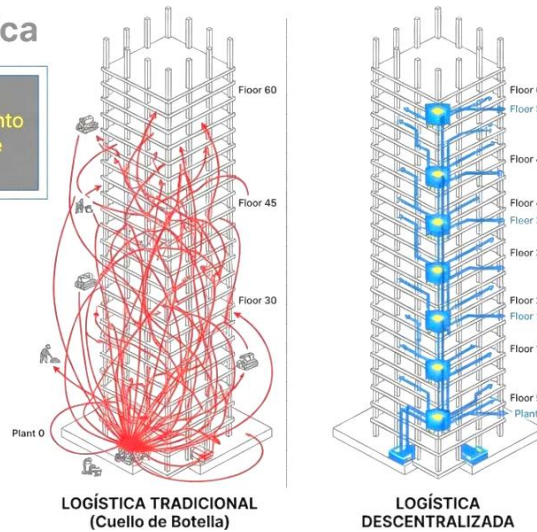
11.3.3. Implantación de almacenes de materiales en plantas intermedias

Se plantea la implantación de pequeños almacenes intermedios que dispondrán de consumibles habituales (cemento cola, espumas, siliconas, masillas, yesos, etc.).

Estos puntos de acopio permiten repartir los materiales con mayor agilidad hacia los puntos de consumo, evitando grandes desplazamientos verticales y pérdidas de tiempo. La idea es sencilla pero efectiva: acercar el material a donde realmente se utiliza y dotar de mayor autonomía a las cuadrillas.

El Desafío Vertical: 64 Plantas de Fricción Logística

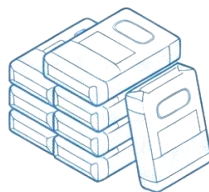
En una estructura de esta magnitud, el desplazamiento vertical es la mayor fuente de 'Muda' (desperdicio).



- Cuello de Botella:**
La dependencia exclusiva de la planta baja satura los montacargas.
- Pérdida de Tiempo:**
El traslado de materiales menores detiene la ejecución en los tajos.
- Objetivo:**
Transformar la logística en un sistema ágil y autónomo mediante la descentralización.

Inventario Táctico: Consumibles Habituales

Materiales de alta rotación críticos para la continuidad.



CEMENTO COLA
Adhesivos



ESPUMAS / SILICONAS
Sellado



MASILLAS / YESOS
Acabados

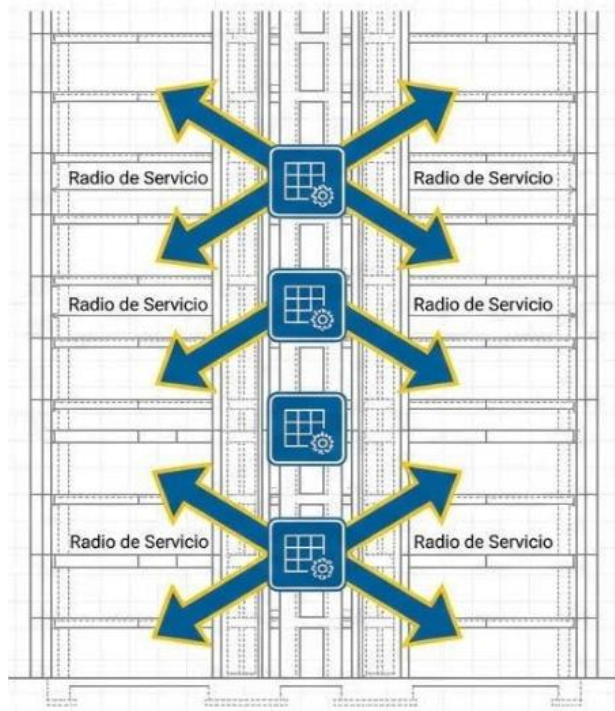


Figura 11.3.3. Esquema de funcionamiento de almacenes intermedios. Principios Lean aplicados: 5S, Kanban, sistema pull, gestión visual, reducción de muda.

11.3.4. Turnos de trabajo con enfoque logístico

Aunque a priori no se trata de una medida disruptiva, sí lo es por su enfoque Lean. La extensión de jornada no se destina a ejecutar más unidades de obra, sino a adelantar tareas logísticas, como el reparto de materiales y la retirada de sobrantes, en horarios en los que los medios auxiliares no están saturados.

De este modo, durante la jornada principal, montacargas, grúas y zonas de paso quedan plenamente disponibles para la producción, concentrándose la logística y la limpieza en las horas de menor actividad. Esto permite mantener los tajos más ordenados, liberar recursos durante el día y optimizar el uso de los medios auxiliares.

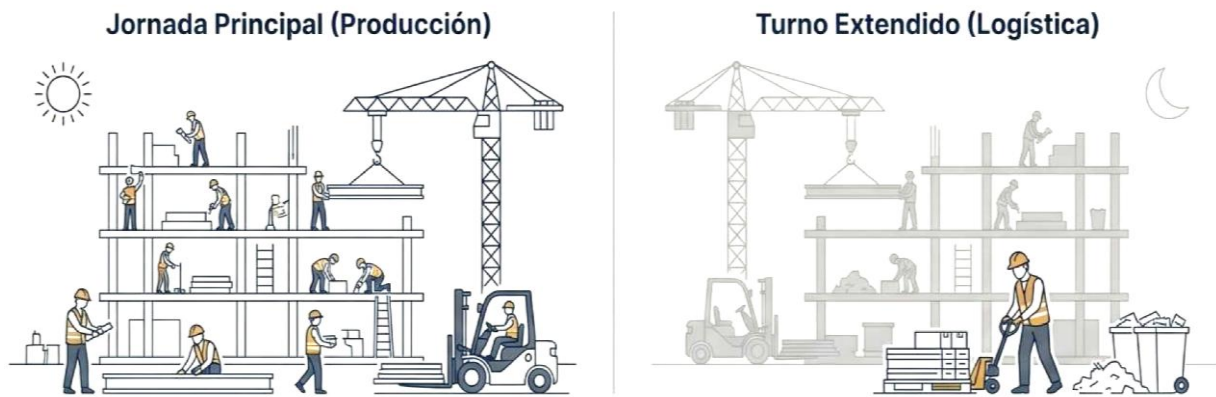


Figura 11.3.4. Esquema operativo del sistema de turnos

Principios Lean aplicados: Heijunka (nivelación), Takt planning, estandarización del trabajo, reducción de muda.

11.3.5. Sistema remoto de gestión de accesos

Está prevista la implantación de un sistema que permite abrir puertas y controlar accesos a viviendas de forma remota, facilitando los trabajos en unidades que se encuentran en fases finales.

Esta solución proporciona un acceso ágil y seguro a contratas de acabados, limpieza, repasos o testing & commissioning, evitando pérdidas de tiempo asociadas a la gestión manual de llaves o a la necesidad de intermediación constante. Con ello se mejora la trazabilidad, se reducen tiempos muertos y se facilita el control en tiempo real de los trabajos de cierre de obra.

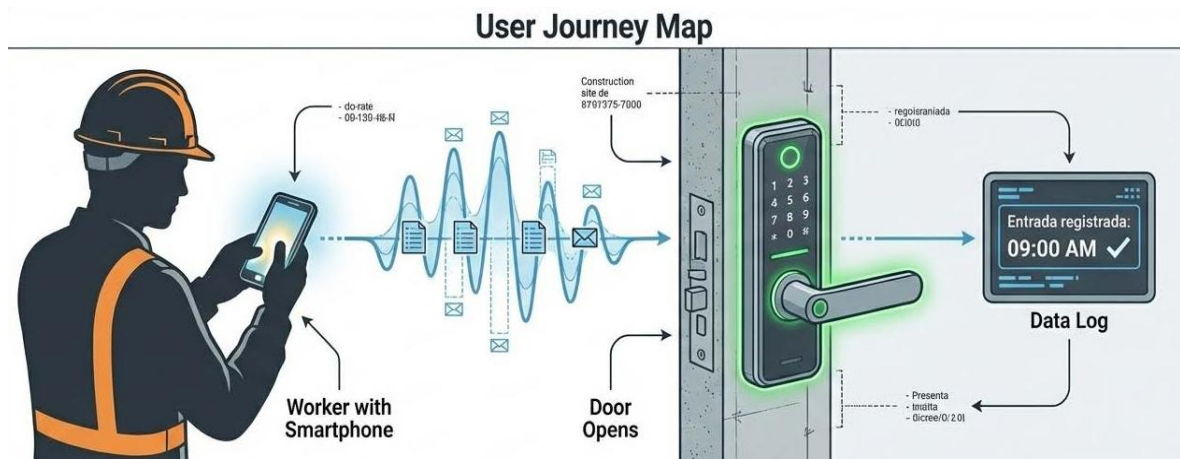


Figura 11.3.5. Esquema de funcionamiento del sistema de gestión de accesos
Principios Lean aplicados: Reducción de muda, jidoka, gestión visual, calidad en origen.

B. INDUSTRIALIZACIÓN DE PROCESOS

11.3.6. Replanteo con sistemas robóticos

Pruebas para la implantación de replanteos de cada planta mediante sistemas robóticos.

Esta tecnología permitiría eliminar errores humanos tanto de replanteo como de interpretación, garantizando una precisión milimétrica y un grafismo claro. Además, posibilita el replanteo directo de instalaciones sobre el soporte, favoreciendo una ejecución más ordenada, fiable y rápida.

Principios Lean aplicados: Poka-yoke, calidad en origen, jidoka, estandarización del trabajo, reducción de muda.



Figura 11.3.6. Fotografías de pruebas in-situ realizadas en la obra en curso de Sunset Sailors para TM Tower. Principios Lean aplicados: Poka-yoke, calidad en origen (built-in quality), jidoka, estandarización del trabajo, reducción de muda y digitalización del proceso mediante BIM como fuente única de información.

11.3.7. Maquinaria pesada gestionada con GPS

Como mejora adicional, se ha contratado el movimiento de tierras mediante maquinaria equipada con sistemas de guiado por GPS, lo que permite ejecutar taludes y zonas aterrazadas con una precisión muy elevada, dejándolas prácticamente listas para los acabados finales —en este caso, muros de gaviones—.

Este sistema reduce la necesidad de retoques posteriores, acelera los trabajos, mejora la calidad geométrica del resultado y disminuye los costes de ejecución. El control digital de cotas y pendientes optimiza tanto el consumo de combustible como las horas de maquinaria empleadas.



Figura 11.3.7. Fotografía obra TM Tower. Taludes esculpidos con gran precisión por excavadora con GPS. Principios Lean aplicados: Poka-yoke, calidad en origen, reducción de muda, PDCA.

11.3.8. Componentes industrializados

La industrialización se ha aplicado de forma **selectiva y pragmática**, centrándose en aquellos componentes que **no interfieren con la ejecución de la estructura ni con el uso intensivo de grúas y medios auxiliares en plantas superiores**. Este criterio ha sido clave en un edificio en altura, donde el ritmo de la obra viene marcado por la estructura. A continuación, se detallan dos ejemplos relevantes de industrialización:

Barandilla industrializada de terrazas

La barandilla de terrazas se diseña y fabrica como un sistema industrializado de alta precisión, con un nivel de definición comparable al de un sistema de muro cortina. Parte de mediciones láser y se fabrica en taller mediante procesos industriales avanzados, como el corte y plegado de acero con maquinaria robotizada y la fabricación de vidrios curvos.

Todos los elementos se entregan **pretaladrados, numerados y preparados para montaje en seco**. El sistema se organiza en módulos tridimensionales que se instalan de forma independiente a los trabajos de estructura.

La instalación se realiza en **dos fases**: una primera con la colocación del bastidor, que actúa como elemento de seguridad colectiva, y una segunda con la instalación de los vidrios y los acabados de aluminio, minimizando riesgos y posibles daños.

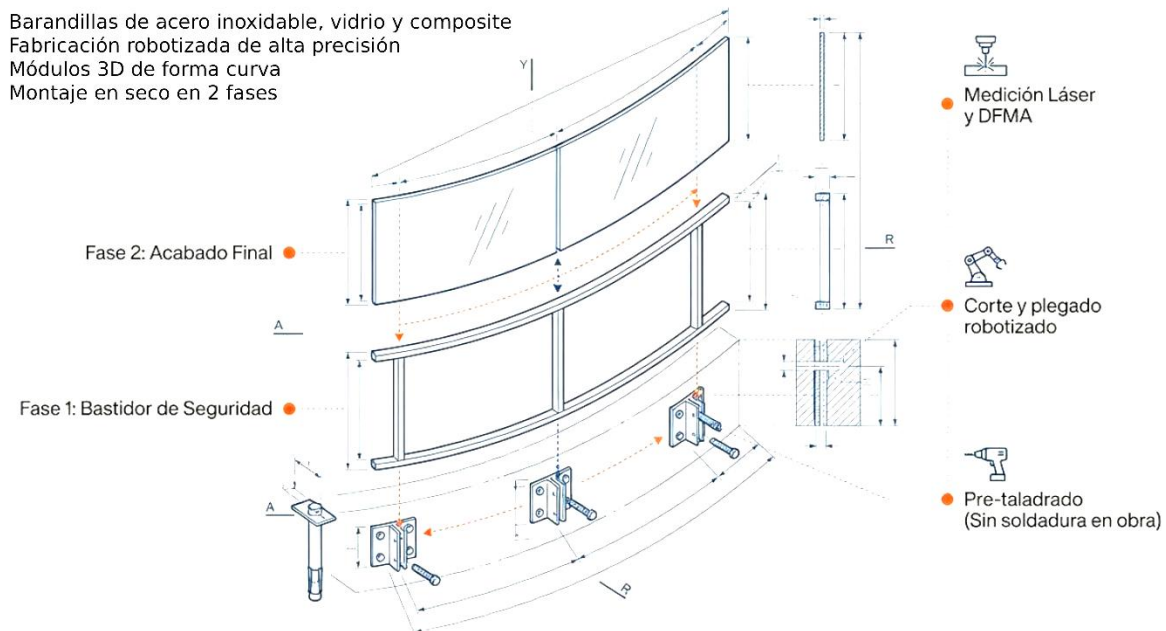


Figura 11.3.8-1 Esquema de referencia fases montaje barandillas TM Tower

Módulos técnicos prefabricados de instalaciones

Se está desarrollando un módulo prefabricado para los cuartos técnicos de planta que incorpora, ya instaladas, las líneas de geotermia, intercambiadores, bombas, depósitos y demás equipos necesarios.

Esta solución permite trasladar complejidad desde la obra a un entorno más controlado, mejorar la calidad del acabado, minimizar errores de montaje y reducir de forma significativa los tiempos de instalación en obra.





Figura 11.3.8-2 Fotografías de diferentes Mock-ups realizados en taller para la obra de TM Tower. Principios Lean aplicados: prefabricación e industrialización, DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), calidad en origen (built-in quality), estandarización del trabajo, poka-yoke, reducción de muda y desplazamiento de complejidad constructiva hacia entornos industriales controlados (off-site production).

C. MEJORA CONTINUA

11.3.9. Sistema de propuestas de mejora (asimilable a “Gemba Walk”)

Se propone la creación de un canal específico para que cualquier trabajador en obra pueda proponer ideas de mejora relacionadas con calidad, seguridad o productividad. Mediante un código QR, las sugerencias podrán enviarse por escrito o en formato grabado. Aquellas propuestas que resulten útiles y se implanten con éxito serán reconocidas mediante una pequeña bonificación o incentivo.

Este sistema busca implicar a toda la plantilla y aprovechar el conocimiento y la experiencia de quienes trabajan en primera línea, convirtiendo la mejora continua en una práctica cotidiana y compartida.

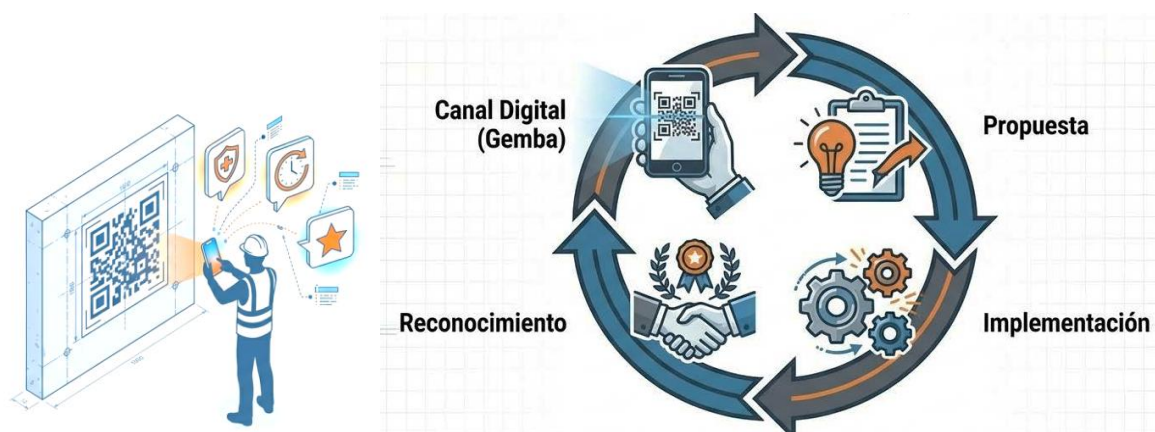


Figura 11.3.9. Esquema operativo del sistema de mejora continua. Principios Lean aplicados: Gemba, Kaizen, respeto por las personas, PDCA, reconocimiento.

Esta medida se suma al conjunto de **procesos de mejora continua ya implantados en TM**, que incorporan de forma sistemática la experiencia de los **clientes**, de los **equipos propios** de la compañía y **las ingenierías colaboradoras** a lo largo de los distintos proyectos. El sistema de propuestas de mejora descrito en este apartado amplía ese enfoque, incorporando de forma directa a los **trabajadores externos y contratistas** que ejecutan directamente las tareas en obra y que disponen de un conocimiento muy valioso de los problemas reales del día a día. Con la combinación de ambos mecanismos se busca **cubrir a todos los intervinientes en el ciclo promotor**, integrando aprendizajes que se traducen en mejoras continuas de diseño, fabricación de componentes y procesos de ejecución. No se detallan de forma individualizada por tratarse de un gran número de pequeños ajustes, pero su impacto acumulado es elevado, reduciendo incidencias, mejorando el funcionamiento del edificio y reforzando la fiabilidad global del proceso constructivo.

11.4. Medios y logística para la eficiencia en la ejecución de la estructura

Como complemento a la filosofía **Lean**, se han integrado una serie de medidas específicas orientadas a optimizar la ejecución de la estructura, poniendo al servicio del proyecto los medios técnicos más avanzados disponibles actualmente en el mercado.

Para el desarrollo de los trabajos estructurales se ha previsto la utilización de **grúas trepantes instaladas en el interior de los huecos de ascensor**, lo que permite un ascenso continuo de la estructura sin interferir en la zona perimetral del edificio ni depender del ritmo de ejecución y montaje de la fachada. Esta solución mejora la continuidad del proceso y reduce interferencias entre sistemas constructivos.

De forma complementaria, la ejecución de los **núcleos de comunicación vertical** se apoya en el uso de **encofrados trepantes**, que permiten un ciclo de trabajo repetitivo, seguro y altamente eficiente. Estos sistemas garantizan una geometría constante, reducen la dependencia de medios auxiliares convencionales y facilitan un avance sostenido de los núcleos, elemento clave en la cadena crítica de un edificio en altura. La combinación de encofrado trepante y grúas interiores permite desacoplar el crecimiento del núcleo del resto de actividades, aumentando la fiabilidad del ritmo de ejecución.



Figura 11.4-1. Izquierda, detalle de referencia de encofrado trepante para núcleos. Derecha, pantalla de seguridad para la planta completa con plataformas de acopio voladas.

Asimismo, se ha proyectado la instalación de un **distribuidor de hormigón**, un elemento que supone una mejora sustancial en el hormigonado de los forjados y, especialmente, de las pantallas. Hasta ahora, el hormigonado de estas últimas se realizaba mediante grúa y cazo, con un elevado consumo de tiempo y de recursos.

Con la incorporación del distribuidor, conectado a una **bomba estática situada en planta baja**, el proceso podrá ejecutarse por bombeo directo, reduciendo los tiempos de ciclo y liberando las grúas para otras operaciones críticas de la obra. El hormigonado de los forjados continuará realizándose mediante bomba, como es habitual, pero con una mayor agilidad gracias a esta nueva configuración del circuito de distribución.

De forma adicional, se ha previsto que **todos los elementos de seguridad y los sistemas de encofrado se eleven de manera hidráulica**, eliminando la dependencia de las grúas para su reposicionamiento. Esta medida libera un número significativo de horas de uso de los medios auxiliares —auténtico corazón operativo de la obra— y permite destinar estos recursos a tareas de mayor valor añadido.

El objetivo es que la estructura avance en vertical de manera **fluida y continua**, evitando interrupciones, esperas innecesarias y cuellos de botella que penalicen el ritmo de producción.

Con la misma lógica, se están diseñando **plataformas de acopio en altura**, que permitirán almacenar materiales en plantas intermedias sin necesidad de bajarlos a planta baja para volver a elevarlos posteriormente. Esta estrategia reduce desplazamientos innecesarios, optimiza la logística interna y proporciona una mayor autonomía a los distintos tajos de trabajo.

Adicionalmente, se están analizando soluciones de apoyo específicas, como la instalación de **grúas tipo Derrick** en los retranqueos de determinadas plantas. Estas grúas de pequeño tamaño facilitan la manipulación de materiales voluminosos, pero de bajo peso —como tramos de barandillas, carpinterías exteriores o prefabricados ligeros— que, de otro modo, generan interferencias y pérdidas de eficiencia en el transporte mediante montacargas.

En conjunto, todas estas medidas persiguen un objetivo común: distribuir materiales y personas con la máxima agilidad posible, manteniendo un flujo de trabajo continuo, ordenado y estable en el ascenso vertical de la obra, en coherencia con los principios Lean que estructuran la ejecución de TM Tower.



Figura 11.4-2. Izquierda, Distribuidor de hormigón. Derecha, grúa Derrick para izado auxiliar

11.5. Conclusiones y reflexión final

La implantación progresiva del **Last Planner System®** ha demostrado una mejora clara y medible en la productividad y en la fiabilidad de los plazos, permitiendo evolucionar desde un modelo de control reactivo hacia una planificación compartida, previsible y orientada al flujo real de producción. Este cambio de enfoque ha tenido un impacto directo no solo en los rendimientos, sino también en la estabilidad del proceso constructivo.

La colaboración entre obra, equipos técnicos y contratistas ha aumentado de forma significativa, reduciendo las pérdidas asociadas a la falta de coordinación y mejorando la calidad de la comunicación entre todos los agentes implicados. Los indicadores de rendimiento confirman una tendencia positiva y sostenida hacia un modelo de ejecución más eficiente, estable y controlable, especialmente relevante en el contexto de la edificación en altura.

A este avance metodológico se suma la incorporación de nuevas estrategias logísticas y de control de materiales —como la paquetización por fases, la gestión avanzada de consumibles o la verificación sistemática de partidas realmente ejecutadas— que permiten reducir desperdicios, mejorar la calidad final y optimizar los solapamientos entre oficios. Del mismo modo, la adopción de medios auxiliares y recursos técnicos avanzados —grúas trepantes, distribuidores de hormigón, sistemas hidráulicos de encofrado, plataformas de acopio en altura o replanteos robotizados— refuerza la metodología Lean y la dota de una base práctica y tangible, directamente aplicable en obra.

El desarrollo de **TM Tower** representa una oportunidad para consolidar estos aprendizajes e incorporar nuevas palancas de mejora, como la ampliación de turnos logísticos, la implantación de almacenes intermedios en altura o la gestión remota de accesos, con el objetivo de lograr una sincronización aún mayor entre planificación y ejecución.

La experiencia acumulada en estos años confirma que el **Last Planner System®** no es únicamente una herramienta de planificación, sino una forma diferente de entender cómo debe organizarse una obra. Su implantación exige, en una fase inicial, ceder parte del control individual y confiar en el trabajo colectivo, pero cuando todos los niveles del proyecto —desde la dirección hasta los equipos de producción— interiorizan que planificar juntos evita improvisar, el proceso constructivo comienza a fluir de manera natural.

Asimismo, se ha constatado que la tecnología no sustituye la experiencia, sino que la potencia. Los nuevos medios y sistemas —desde la robotización del replanteo hasta la logística vertical automatizada— solo generan valor cuando se integran dentro de una metodología colaborativa que les da sentido y propósito.

En definitiva, el objetivo no es solo reducir plazos, sino mejorar de forma equilibrada la calidad, la fiabilidad y la experiencia final del cliente. Cuando la planificación es fiable, la coordinación es real y el trabajo se organiza como un sistema, los plazos, la calidad y el ambiente en obra mejoran de forma conjunta. Ese es, en última instancia, el verdadero éxito del **Last Planner System®**: conseguir que la obra funcione como un equipo cohesionado y no como una simple suma de oficios.



Figura 11.5-1. Fotografía de ejecución de pilotaje de gran diámetro 120cm. Septiembre 2025.



Figura 11.5-2. Fotografía del avance de obra en fase descabezado de pilotaje de zona este. Diciembre 2025.

12. LECCIONES APRENDIDAS Y APORTACIÓN AL SECTOR

A partir del caso real de TM Tower, se identifican los siguientes aprendizajes clave con clara vocación de transferencia al sector de la edificación:

Integración vertical como estructura de coherencia

El caso TM Tower demuestra que la integración vertical del promotor no es una cuestión meramente organizativa, sino una palanca estructural de coherencia del proyecto. La capacidad de alinear desde el inicio producto, diseño, ingeniería, obra y relación con el cliente permite tomar decisiones consistentes, anticipar conflictos y evitar las rupturas habituales entre fases propias de modelos fragmentados.

El anteproyecto como espacio real de decisión (Smart Effort Curve)

El anteproyecto deja de ser una fase conceptual para convertirse en el principal espacio de toma de decisiones del proyecto. Concentrar el esfuerzo técnico, económico y organizativo en fases tempranas permite reducir incertidumbre, eliminar redefiniciones posteriores y afrontar la ejecución con un grado de madurez y fiabilidad muy superior al estándar habitual del sector.

La calidad se construye en el proyecto y se implementa en la obra

La experiencia confirma que muchos de los problemas de coste, plazo y satisfacción del cliente tienen su origen en definiciones imprecisas o decisiones tardías de proyecto. Un sistema de calidad preventivo, integrado desde el diseño, asegura la coherencia técnica y permite que el proyecto se traduzca fielmente en el edificio construido. Este enfoque se refuerza con un sistema integral de control en la ejecución y en la fase previa a la entrega, contribuyendo de forma directa a la satisfacción, confianza y fidelización de los clientes.

Planificación colaborativa como garantía de fiabilidad

La planificación deja de ser un ejercicio reactivo para convertirse en un sistema de compromisos compartidos. La aplicación de metodologías colaborativas y Lean, tanto en fases tempranas como en obra, refuerza la estabilidad del flujo de trabajo, mejora la coordinación entre agentes y permite gestionar la ejecución con mayor previsibilidad y control.

Cultura de mejora continua como base del sistema

Más allá de herramientas o metodologías concretas, los resultados obtenidos responden a una cultura organizativa orientada al aprendizaje continuo. La capacidad de transformar la experiencia de obra, postventa y uso real del edificio en estándares replicables, junto con la incorporación progresiva de nuevos métodos, refuerza la fiabilidad del sistema y consolida mejoras sostenidas entre proyectos consecutivos.

Innovación técnica integrada y orientada a valor

La innovación demuestra su verdadero impacto cuando se integra de forma temprana y coherente en el proyecto, evaluando su impacto real en plazo, coste y calidad, y cuando se orienta a resolver problemas concretos de ejecución, uso y operación. En TM Tower, las soluciones técnicas no se incorporan como elementos aislados, sino como parte de un sistema que combina diseño, constructibilidad, seguridad y eficiencia operativa.

Orientación al cliente como eje transversal del proyecto

La integración de la voz del cliente a lo largo de todo el ciclo inmobiliario permite alinear decisiones técnicas, organizativas y comerciales con la experiencia real de uso. Este enfoque refuerza la confianza, la satisfacción y la fidelización, y sitúa al cliente como referencia última para validar la calidad del proyecto y del modelo aplicado.

Conclusión

TM Tower explica cómo TM afronta la ejecución de proyectos residenciales complejos desde su experiencia y muestra que, cuando se decide antes, se trabaja de forma integrada y se planifica de manera colaborativa, la obra deja de ser un ejercicio de corrección continua y pasa a ser un proceso mucho más controlado y predecible.

Esta experiencia refuerza una idea clave para el sector: la mejora no depende de optimizar fases aisladas, sino de alinear organización, decisiones tempranas y planificación, convirtiendo la complejidad en un sistema gobernable y replicable.

