

Expediente número: **102.765 / 2021****ASUNTO: PROYECTO de URBANIZACIÓN de la PLAZA SALAMERO**
DESARROLLO de las OBRAS de URBANIZACIÓN JUNIO de 2022**OBRAS de URBANIZACIÓN PREVISTAS sobre el TRAMO del ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO entre la AVENIDA CÉSAR AUGUSTO y la PLAZA SALAMERO ADECUACIÓN a la CARGA MÁXIMA ADMISIBLE sobre la LOSA de CUBIERTA****AI COORDINADOR del ÁREA de URBANISMO y EQUIPAMIENTOS y
GERENTE de URBANISMO**

El presente escrito tiene por objeto exponer los estudios realizados, actuaciones llevadas a cabo y previsiones a desarrollar en el tramo de la Plaza Salamero comprendido entre la avenida César Augusto y el interior de la plaza, con el propósito de comprobar la viabilidad técnica de las obras a ejecutar, prever las medidas necesarias a tomar para devolver la funcionalidad y el uso público al entorno, y garantizar la seguridad estructural del estacionamiento existente en el referido ámbito.

A raíz del fallo estructural sucedido en enero de 2020 en el aparcamiento de la Plaza Salamero de Zaragoza, el Ayuntamiento de Zaragoza encargó los servicios del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) para la realización de una serie de estudios sobre el origen de los daños, su transcendencia estructural y la definición y proyecto de medidas a adoptar, incluyendo en dichos estudios el aparcamiento de la avenida César Augusto, sobre el que se han realizado hasta la fecha cinco informes que se indican a continuación:

- Aparcamiento en la avenida de César Augusto de Zaragoza.
Informe sobre el estado de la estructura. 12 de febrero de 2021 (EX/OC-20052/E-9)
- Aparcamientos en la Plaza de Salamero y avenida de César Augusto de Zaragoza.
Informe sobre el estado de conservación, seguridad estructural y condiciones de uso.
25 de agosto de 2021 (EX/OC-20052/E-12).
- Tramo de aparcamiento entre la avenida de César Augusto y la Plaza de Salamero en Zaragoza.
Informe sobre la carga máxima admisible en la losa de cubierta.
15 de diciembre de 2021 (EX/OC-20052/E-13)
- Hueco de rampa de salida de vehículos en el tramo de aparcamiento entre la avenida de César Augusto y la Plaza de Salamero en Zaragoza.
Informe de resultados de las comprobaciones de cálculo de los elementos de la estructura vertical y cimentación afectados por la obra del cierre del hueco.
25 de abril de 2022 (EX/20052/E-14)
- Tramo de aparcamiento entre la avenida de César Augusto y la Plaza de Salamero en Zaragoza.
Refuerzo de la losa frente a punzonamiento en los apoyos sobre los pilares P45, P49, P65 y P66.
10 de mayo de 2022 (EX/OC-20052/E-15)

De las conclusiones del primer informe de 12 de febrero de 2021, se destaca lo siguiente:

- Los daños detectados en la inspección del inmueble del estacionamiento de César Augusto son en general leves, sin trascendencia estructural en lo relativo a su afección sobre la capacidad resistente en estado límite último. Básicamente consisten en fisuras longitudinales en los forjados unidireccionales (debidas principalmente a tracciones asociadas a la flexión transversal secundaria, a fenómenos de contracción térmica inicial y/o retracción hidráulica parcialmente coartada) y daños leves por corrosión puntual de armaduras.
- En la losa de la cubierta del aparcamiento de la Avenida de César Augusto se ha detectado el mismo defecto de ejecución en la colocación de la armadura de refuerzo frente a punzonamiento que el observado en la cubierta de la Plaza de Salamero, ya que la armadura de punzonamiento (o como mínimo una de las familias del refuerzo) se sitúa excesivamente profunda, por debajo de la de flexión, lo que hace que no pueda considerarse su contribución resistente frente a punzonamiento.

En estas condiciones la losa es plenamente válida para resistir la parte uniformemente distribuida de las sobrecargas de tráfico que contemplan tanto la actual Instrucción de Acciones en Puentes de Carretera como la vigente en la fecha de redacción del Proyecto, pero no para los vehículos pesados. Sin ese defecto de colocación la losa habría resultado correcta incluso también para estos últimos vehículos.

Se propone impedir el tráfico de vehículos pesados (camiones de gran tonelaje, transportes especiales, etc) sobre la cubierta del aparcamiento y analizar si son necesarias actuaciones de refuerzo para permitir nuevamente el paso sobre ella de vehículos de mayor tonelaje en condiciones de total seguridad.

También se propone la ampliación del estudio de calidad del hormigón en los pilares para analizar la necesidad o no de su refuerzo estructural.

- El informe finaliza con dos recomendaciones a tener en cuenta en la gestión y explotación del aparcamiento:
 - Incorporar un nuevo recubrimiento de hormigón ligero sobre los forjados unidireccionales con armadura de reparto para mejorar tanto sus condiciones de flexión transversal como la respuesta dinámica, si bien las condiciones estrictas de gálibo actuales podrían impedir esta posible solución.
 - Llevar a cabo una reparación convencional de los daños puntuales por corrosión de armadura, eliminando previamente las fuentes de humedad que aportan filtraciones a través de las juntas, en muchos casos canalizadas durante las operaciones de mantenimiento interior del aparcamiento.

El segundo informe de 25 de agosto de 2021 es un resumen de anteriores informes sobre el estado de las estructuras de los aparcamientos de Salamero y César Augusto, reiterando las conclusiones destacadas anteriormente para el caso de César Augusto agrupadas en los conceptos de seguridad estructural, estado de conservación y directrices para su uso. El informe añade algún matiz respecto al anterior en relación con las directrices para el uso del aparcamiento de César Augusto, entre las que se destacan las siguientes:

- Se recomienda la sustitución de la losa de cubierta debido al defecto en la colocación de la armadura de refuerzo frente a punzonamiento y, si no se ejecuta dicha sustitución, restringir la circulación de vehículos pesados (por encima de 38 toneladas), transportes especiales, ...
- Bajo rasante la estructura sigue siendo plenamente apta para el uso histórico como aparcamiento de vehículos ligeros. Al igual que en el caso de Salamero, es necesario, tras la reparación de los daños por corrosión puntuales y de los elementos adyacentes a la junta (zunchos y pilares) establecer un protocolo de inspecciones y vigilancia.

Expediente número: **102.765 / 2021**

A la vista de estos informes y la problemática en ellos reflejada, durante la redacción del proyecto de obras de urbanización de la Plaza Salemero se analizó la sustitución de la cubierta en los dos vanos de la estructura del estacionamiento de César Augusto afectado por la urbanización de la Plaza (entre la avenida y la plaza) y que incluye una importante superficie bajo la avenida de César Augusto, exterior al ámbito de las obras. También se encargo un estudio específico sobre la carga máxima admisible en la losa de cubierta actual entre la avenida y la plaza al objeto de valorar una alternativa, diferente a la sustitución de la losa, consistente en adecuar el uso, y por tanto la sobrecarga admisible, a la capacidad resistente que tiene la estructura actualmente existente. Como consecuencia del citado encargo, se redactó el tercer informe de los señalados de 15 de diciembre de 2021, del que se destacan las siguientes características y conclusiones:

- Las acciones consideradas para el cálculo son:

- Peso propio:

Losa maciza de cubierta: 875 kp/m²

Rampas: 500 kp/m²

Forjados intermedios: 275 kp/m²

- Sobrecarga de uso (área peatonal con tráfico restringido):

Situación permanente o transitoria: 500 kp/m²

Situación accidental: 2.000 kp/m² en 3 m x 8 m

En forjados bajo rasante y rampas: 400 kp/m²

- Calidades de los materiales para el cálculo deducidas de los ensayos realizados:

Hormigón de la losa: $f_{ck,ls} = 19,9 \text{ N/mm}^2$

Hormigón de los pilares: $f_{ck,ls} = 10,9 \text{ N/mm}^2$

- No se consideran los refuerzos frente a punzonamiento dispuestos en la losa.

- De los resultados del estudio realizado se obtiene que la carga muerta máxima admisible, limitada por las condiciones de seguridad frente a punzonamiento de la estructura existente sin considerar los refuerzos a punzonamiento existentes e incorrectamente situados, es de 250 kp/m², correspondiente aproximadamente a un aglomerado asfáltico de 12 cm de espesor.

- En los apoyos sobre los pilares afectados por el ensanche del paso de 7,20 m a 9,00 m (pilares P65 y P66) y también en los pilares P45 y P49 el incremento de área tributaria es relevante y en tales casos las condiciones de seguridad frente a punzonamiento no serían técnicamente admisibles para una carga muerta máxima sobre la losa de 250 kp/m², por lo que es necesario reforzar los pilares P45, P49, P65 y P66 frente a punzonamiento. Se debería realizar una investigación detallada de dichos apoyos o en su defecto proyectar y ejecutar un refuerzo preventivo, que podría consistir en la incorporación de capiteles en cabeza de los tramos de la planta sótano-1 en los pilares citados.

- La sobrecarga de uso de 500 kp/m² en situación permanente es claramente condicionante sobre la de 2.000 kp/m² en la situación accidental.



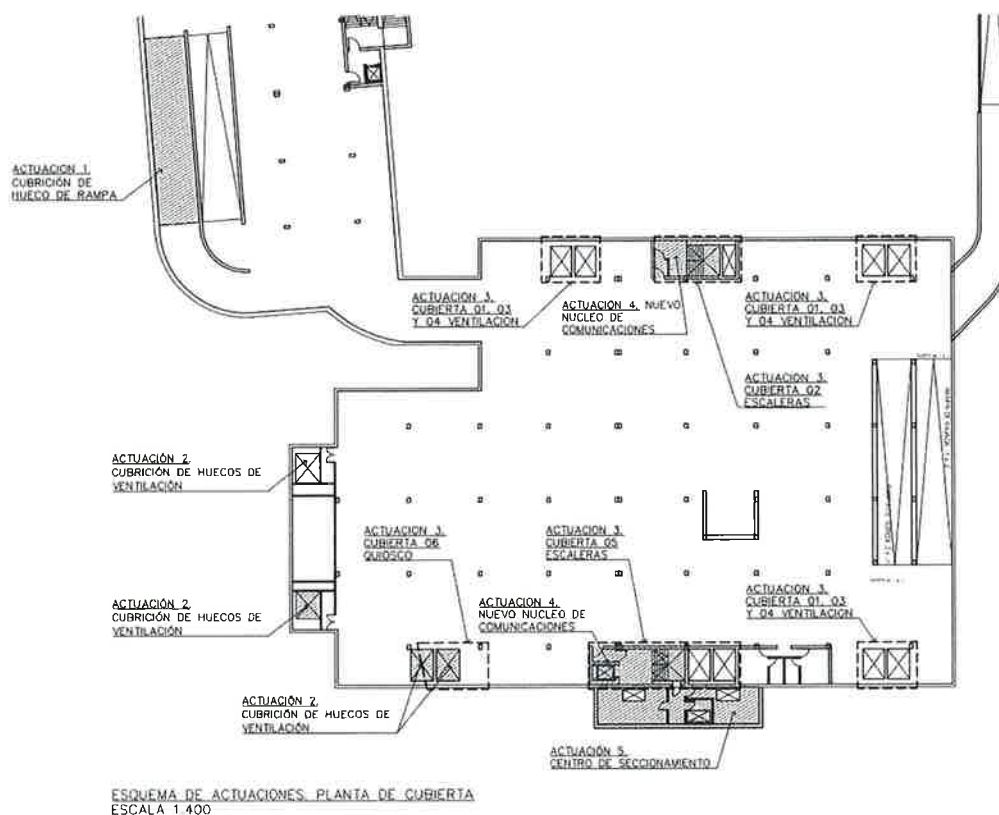
- Se ha ampliado el estudio de calidad del hormigón de los pilares con la extracción y rotura a compresión de 12 probetas testigo de hormigón endurecido de pilares situados entre la avenida y la plaza, corroborando las conclusiones del primer informe, con una resistencia característica, en el caso más desfavorable, de $10,9 \text{ N/mm}^2$. Las considerables cuantías de acero dispuestas en los pilares, compensan la baja resistencia característica del hormigón, de modo que estos presentan condiciones de seguridad frente a esfuerzos de flexocompresión en todos los casos.
- Se recomienda la sustitución de la losa de cubierta debido al defecto en la colocación de la armadura de refuerzo frente a punzonamiento y, mientras no se ejecute dicha sustitución, restringir la circulación de vehículos pesados (por encima de 38 toneladas), transportes especiales, ... y ejecutar los refuerzos puntuales en los pilares indicados.
- La losa no es apta para soportar ningún tipo de cambio de uso que suponga un incremento de la carga muerta actualmente dispuesta sobre ella. La transformación al nuevo uso peatonal con tráfico restringido podría llevarse a cabo, siempre que la sustitución del pavimento actual se realice por una solución cuyo peso no sobrepase la carga muerta máxima indicada de 250 kp/m^2 .

A la vista del informe de 15 de diciembre de 2021 se opta, en el tramo del estacionamiento de César Augusto comprendido entre la avenida y la plaza, por adecuar la carga muerta de la urbanización sobre la losa de la cubierta a un máximo de 250 kp/m^2 y realizar el refuerzo de los pilares P45, P49, P65 y P66 frente a punzonamiento. Esta solución es técnicamente viable con la seguridad estructural del estacionamiento subterráneo, minimiza la afección a la ciudadanía al evitar cortar el tráfico de la avenida de César Augusto que supondría la sustitución de la losa de cubierta, elimina los inconvenientes de su ejecución (ruidos, presencia de grandes máquinas en el centro de la ciudad, ...), minimiza los tiempos de obra y supone una mayor eficiencia de la inversión a realizar.

Expediente número: **102.765 / 2021**

Así está previsto, dentro de las obras de urbanización de la Plaza Salamero, la ejecución sobre la cubierta del estacionamiento de la renovación del pavimento de aceras, calzada, bordillos e isletas por uno de uso preferente peatonal, la ejecución de parterres de espesor reducido y la colocación de elementos puntuales de alumbrado público, mobiliario urbano y señalización, de modo que en ningún caso se superen los 250 kp/m² de carga muerta. Se ha eliminado del proyecto inicialmente previsto los parterres de espesores que superen dicha carga, la colocación de pérgolas metálicas y de cualquier elemento no imprescindible para la urbanización que provoque superar la carga máxima señalada. También se ha eliminado el paso de tráfico rodado por este tramo, reducido exclusivamente a vehículos de mantenimiento y emergencia.

También se han encargado sendos estudios de comprobación de cálculo de estructuras en el cierre de la actual rampa de salida del estacionamiento y de refuerzo de la losa frente a punzonamiento en los cuatro pilares señalados en el informe de 15 de diciembre de 2021.



En el cuarto informe de 25 de abril de 2022 de INTEMAC se ha comprobado que las condiciones de seguridad los pilares, muro perimetral y cimentaciones afectados por el incremento de las cargas asociado a la construcción de la nueva losa de cierre del hueco de la rampa de la salida del aparcamiento son correctas y que no es necesario por tanto proyectar y ejecutar ninguna intervención de refuerzo de los elementos de la estructura vertical o recalce de las cimentaciones afectadas previamente a la construcción de la losa.

En el quinto informe de 10 de mayo de 2022 de INTEMAC de refuerzo de la losa frente a punzonamiento en los apoyos sobre los pilares P45, P49, P65 y P66 se realizan los cálculos y comprobaciones necesarios para proyectar y ejecutar un refuerzo preventivo frente a punzonamiento en los apoyos de los citados pilares en la planta sótano -1, con las previsiones de carga indicadas anteriormente, que incluyen una carga muerta de urbanización de 250 kp/m² y una carga en situación accidental (vehículo de emergencia o similar) de 2.000 kp/m² en una superficie de 3 m x 8 m (3 m x 8 m x 2.000 kp/m² = 48.000 kp de peso).

CONCLUSIÓN:

En conclusión, tanto las actuaciones previstas de carácter estructural en el módulo de aparcamiento de la avenida César Augusto, en la zona de la plaza Salamero comprendida entre la avenida y la plaza (cierre de la rampa de salida y refuerzo del apoyo de los pilares P45, P49, P65 y P66), como la limitación de la carga muerta máxima admisible sobre la losa de la cubierta del aparcamiento a ejecutar con la urbanización a 250 kp/m², y a la vista de los estudios e informes señalados en el presente escrito, justifican la viabilidad técnica de las obras a ejecutar en la urbanización de la Plaza Salamero, devuelven la funcionalidad y el uso público al entorno, y garantizan totalmente la seguridad estructural del estacionamiento existente en el referido ámbito y, consecuentemente, de la urbanización prevista para la plaza.

I.C. de Zaragoza, a 29 de junio de 2022

El INGENIERO de CAMINOS, JEFE del
SERVICIO de INGENIERIA de DESARROLLO URBANO



Fdo.: Jose Angel Navamuel Aparicio