

Región Industrial

Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia



Nº41
ABRIL 2007

Planta Solar Fotovoltaica “EDAR Bullas”



Entrevista: Miguel Ángel Cámara

Fotos Históricas

Personajes: José Manuel Fernández Acebal

Polígonos Industriales: el reconocimiento del terreno en grandes parcelas

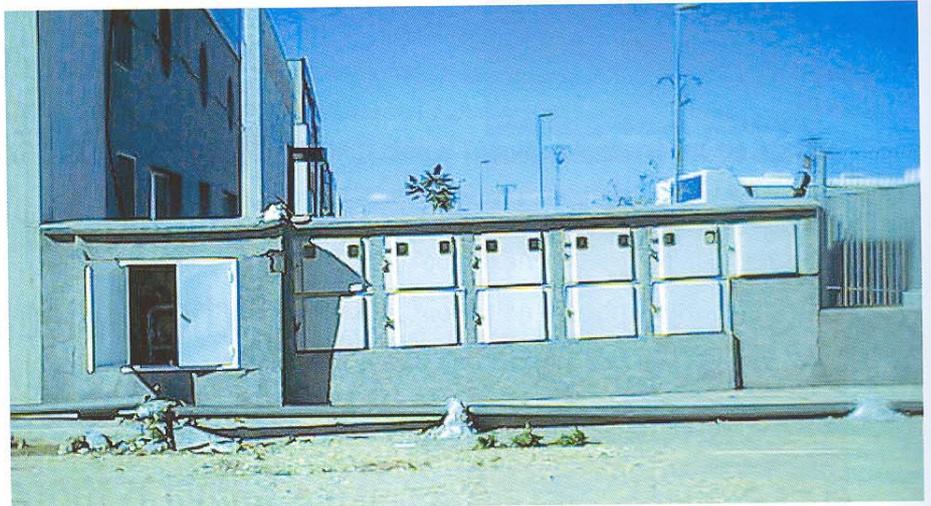
Planteamientos imprescindibles, previos al proyecto.

Jesús H. Alcañíz Martínez (*)

Cada día es más frecuente, nos encontramos con la aparición de importantes daños en nuestras naves industriales y en su entorno, debidos al conocido fenómeno de asentamientos diferenciales de cimentación, que tantos daños y problemas causan en nuestras naves y sus efectos colaterales, en el proceso de explotación de las naves industriales por parte de sus propietarios. Dado el interés que este tema suscita y dada la amplia experiencia y la información de que disponemos, vamos a desarrollar nuestro trabajo a través de dos artículos. En este primero nos centraremos más directamente en los aspectos relativos al diagnóstico (como conocerlos y como detectar su origen) y al conocimiento de su desarrollo. En la segunda entrega nos centraremos en el análisis de las alternativas de actuación para evitarlos y en su caso, para proceder a su reparación.

Introducción

Desde hace ya muchos años, venimos observando la aparición de un grupo concreto de patologías, con algo en común entre todas ellas: los asentamientos del terreno. Son muchos los factores que incrementan estos casos. No olvidemos el elevado número de edificaciones, nuevos polígonos industriales, aparición de naves industriales



Aspecto general de la fachada de una nave y sus complementos de instalaciones, donde se observan algunos signos externos que nos hacen pensar en que se han producido asentamientos diferenciales

por uno y otro lado, unos terrenos inadecuados, de deficiente calidad, con una escasa capacidad portante y la mayoría de ellos, poco estudiados, sin estudios geotécnicos previos, ni otra información complementaria.

Esta situación favorece la aparición de fenómenos de asentamientos de cimentación que arrastran las estructuras, dañan los cerramientos, afectan a las soleras y suelen deteriorar las propias instalaciones de la nave. Vamos a estudiar entonces este fenómeno, con el siguiente esquema:

- Descripción del fenómeno.
- Un caso muy común: Colindantes.
- Donde aparecen.
- Daños que se producen.
- Origen de los daños.

- Correcciones del problema.
- Contar con especialistas.

Analizando cada uno de estos capítulos, estaríamos en disposición de emitir unas claras conclusiones que nos van a llevar a unas prácticas recomendaciones, que una vez puestas en marcha, sin duda, reduciremos el impacto que nos producen la aparición de patologías en nuestras naves, debidas a los referidos asentamientos de cimentación.

Descripción del fenómeno.

Para conocer a fondo el problema de los asentamientos de cimentación, tenemos que estudiar muy bien los daños producidos. A la vista de los daños aparecidos, por los movimientos sufridos por la cimentación, puedan ser como consecuen-

cia de los asientos diferenciales, debidos a:

- Influencia de la tipología de la cimentación.
- Deficiente calidad del terreno donde se apoya (Arcillosos, alto contenido de humedad, etc.).
- No se descarta la posibilidad de la influencia del descenso del nivel freático.

Este fenómeno de movimiento de cimentación, provoca distorsiones angulares en los edificios, ya que dado que la estructura, así como la tabiquería y los cerramientos en edificios, tienen una deformabilidad que les permite un cierto grado de distorsión, sin que se alcancen los límites de resistencia de los materiales que las forman. Cuando los esfuerzos provocados por los movimientos diferenciales de los apoyos, sumados a los propios de la estructura, llegan a agotar la resistencia a tracción, a compresión o al esfuerzo cortante de los materiales o de las fábricas en algún punto, sobreviene la fisuración o el agrietamiento. Estos agrietamientos, con frecuencia, son debidos a un fallo de cimentación.

La morfología de los agrietamientos es el resultado de la interacción terreno - estructura, en el caso de fallo de cimentación. Las grietas son los síntomas, cuyo análisis ayuda a comprender los movimientos que ha sufrido la estructura y a diagnosticar las causas que han originado el fallo de la cimentación. El diagnóstico correcto es de capital importancia para la selección y adecuada aplicación de las medidas terapéuticas. Es además, muy frecuente, que no exista una causa única origen de una determinada patología, sino el concurso de varias causas, de

mayor o menor trascendencia, que complican la situación. Por eso, no es fácil, en muchos casos, dilucidar el grado de participación de las distintas causas en los daños observados.

En estructuras mixtas, como son las de edificación, formadas por muros de carga y tabiques o por estructuras reticulares, metálicas o de hormigón, cerramientos y tabiques, los agrietamientos suelen empezar a manifestarse por los elementos más rígidos o menos resistentes. Así, en los edificios, lo primero que suele agrietarse es la tabiquería, ya que los tabiques tienen una rigidez grande dentro de su plano, al tiempo que la fábrica que lo forma es frágil y poco resistente. Los tabiques se amoldan difícilmente a las distorsiones provocadas por los movimientos diferenciales de la cimentación.

Para luces ordinarias del orden de cinco metros, en estructuras convencionales de hormigón, los movimientos diferenciales a que se refieren los criterios anteriores son 1 cm, 1,7 cm y 3,3 cm. Una cifra semejante a 17 mm es la indicada por Terzaghi y Peck, como asiento diferencial admisible en la mayoría de los casos: "La mayor parte de las estructuras ordinarias, como edificios de oficinas, de viviendas o fábricas, pueden soportar un movimiento diferencial de tres cuartos de pulgada entre pilares adyacentes".

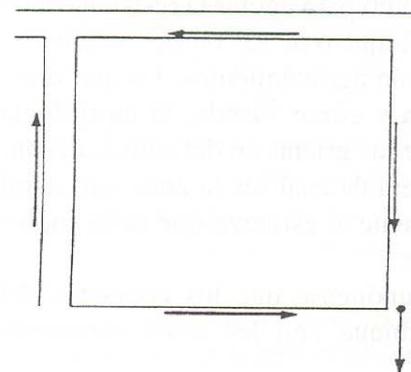
Por lo común, las grietas son la consecuencia de la rotura de las fábricas por tracción, pues la resistencia a tracción de tabiques y cerramientos es pequeña. Cuando se produce una distorsión, se crea en los paneles un estado tensional, con sus isostáticas de compresión y tracción.

Las grietas se originan allí donde la tensión de tracción es máxima y

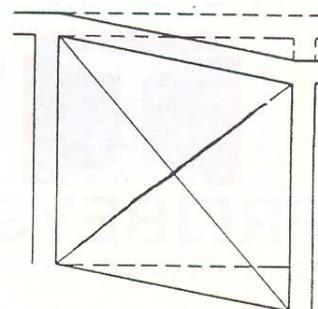
siguen las isostáticas de compresión, ya que son perpendiculares a las tensiones principales de tracción. En la figura siguiente se esquematiza un tabique, uno de cuyos extremos ha sufrido un asiento relativo.

El pilar o la zapata que más asienta, trata de arrastrar hacia abajo al tabique, transmitiéndole un esfuerzo tangencial en el contacto entre ambos elementos. El pilar que menos asienta trata de impedir el descenso del tabique, oponiéndose a ello y transmitiéndole asimismo un esfuerzo tangencial de igual magnitud que el anterior, pero en este caso dirigido hacia arriba, por equilibrio.

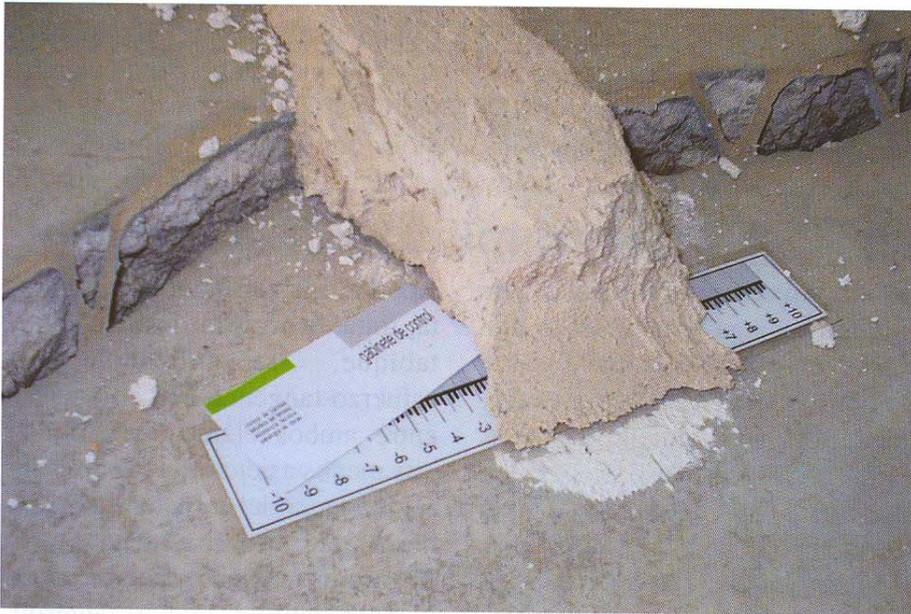
Ese conjunto de fuerzas forma un par, de resultante nula, pero momento no nulo. El equilibrio de fuerzas requiere que se forme otro par que del mismo momento, pero de sentido contrario. Aparecen, entonces, unos esfuerzos tangen-



Esfuerzos en el perímetro de un tabique por movimiento diferencial en los extremos



Distorsión y grieta de un tabique por movimiento diferencial entre los extremos



Detalle de un testigo de yeso colocado en una de las grietas aparecidas en la solera, por asiento e cimentación de una línea de zapatas de la nave industrial. Véase como se ha despegado del soporte, al seguir avanzando el movimiento

ciales en la parte superior y en la inferior del tabique, que equilibran a los anteriores. Si el movimiento diferencial es pequeño, estas fuerzas a que se ve sometido el tabique serán resistidas sin problema. Pero, si es suficientemente grande como para agotar la resistencia del tabique o de sus bordes, sobrevendrán agrietamientos. Lo que suceda y cómo suceda, la morfología de las grietas en definitiva, dependerá de cuál sea la zona más débil frente al esfuerzo que debe soportar.

Supóngase que los contactos del tabique con los otros elementos

estructurales, en su perímetro, son capaces de resistir los esfuerzos tangenciales. El tabique se distorsiona por el efecto de las fuerzas que aparecen en sus contornos (Ver las figuras), entonces una diagonal se alarga y la otra se acorta. Según la diagonal que se alarga, se genera un esfuerzo de tracción y según la que se acorta, un esfuerzo de compresión. Esta es la razón de que estos movimientos causen, típicamente, grietas inclinadas (más o menos a 45°).

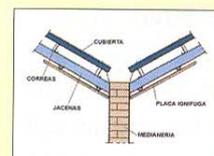
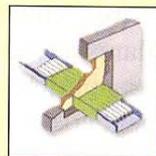
Por otra parte, los tabiques están formados, normalmente, por hileras de ladrillos, tomadas con mor-

tero. La resistencia del ladrillo y la del mortero son diferentes. Con frecuencia, la junta de mortero entre ladrillos es el elemento menos resistente. Entonces, una grieta de 45° se resuelve en ocasiones, según grietas verticales y horizontales en forma de escalera, siguiendo las juntas entre ladrillos, que son más débiles. Como los ladrillos no suelen ser cuadrados, si en condiciones homogéneas la grieta hubiese sido a 45°, el resultado es la grieta discontinua, con tramos separados y en partes solapados que, visto en conjunto, equivalen a la grieta de 45°. En donde dos tramos se solapan, la suma de aberturas es igual a la abertura total. Una grieta va perdiendo intensidad mientras que la otra va abriéndose, manteniéndose la suma de aberturas aproximadamente constante.

Los huecos en los tabiques (puertas o ventanas) suponen una heterogeneidad muy acusada. Su presencia en tabiques sometidos a una situación como la descrita anteriormente, provoca fuertes concentraciones de tensiones en las esquinas de los huecos. Las isostáticas de tracción, que no pueden pasar por el vacío, se ven forzadas a contornear los huecos, concentrándose y “apretándose”



GABRIEL GIL PLAZA
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
639579909



PROTECCION DE ESTRUCTURAS METALICAS MEDIANTE PINTURA INTUMESCENTE O MORTERO DE LANA DE ROCA
CORTAFUEGOS EN MEDIANERIAS
PUERTAS CORTAFUEGOS
DIVISIONES RESISTENTES AL FUEGO
FALSOS TECHOS RESISTENTES AL FUEGO
PROTECCION DE FORJADOS
SELLADO DE PASO DE INSTALACIONES



PROTECCIÓN PASIVA CONTRA EL FUEGO

en las inmediaciones de las esquinas.

Toda concentración de isostáticas supone un incremento de la intensidad del esfuerzo.

Siendo las esquinas de los huecos, los puntos donde se producen las máximas tracciones, es allí en donde se generan las grietas inclinadas. Esto determina que las grietas a 45° en presencia de ventanas nazcan en sus esquinas y pasen de una esquina a la diagonalmente opuesta, situación típica de asentamientos diferenciales.

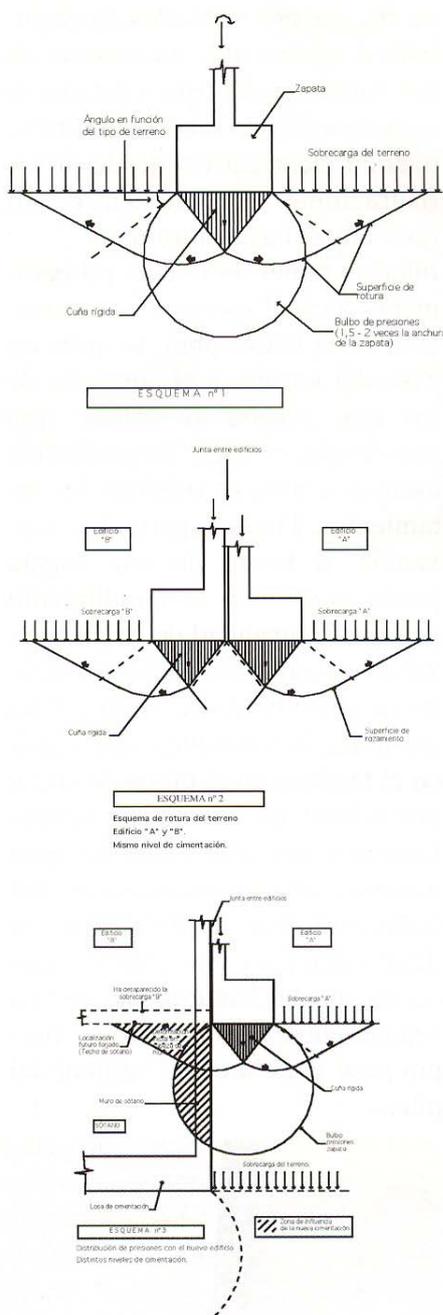
Estas situaciones se repiten en nuestras naves industriales, afectadas por lesiones que se manifiestan con grietas de distinta longitud y trazado, junto con la aparición de separaciones importantes en las placas prefabricadas de cerramiento.

Un caso muy común: Influencia de nuevas edificaciones colindantes.

Analizando las circunstancias que se dan en la construcción de un nuevo edificio colindante, contiguo, en medianera, sin separación entre ellos (caso muy frecuente en la construcción de naves industriales), se producen las siguientes circunstancias:

Inicialmente en las dos zonas colindantes ("A": Edificio - Nave afectada y "B" edificio de nueva construcción, con sótano o semi-sótano o desnivel del terreno, habitual en Naves Industriales de polígonos con desniveles importantes), las tensiones transmitidas al terreno y las tensiones soportadas estaban equilibradas, no manifestando daño alguno en ninguno de los dos inmuebles. (Ver esquema nº 1 y 2).

En la zona "B" se ha construido un nuevo edificio, con sótano y losa de cimentación, con lo que se produce una interferencia en el



suelo de apoyo de ambos inmuebles (Ver esquema nº 3).

A partir de este momento, se producen dos circunstancias, dos fases, la primera durante la ejecución de la excavación, realización de la cimentación y el muro, hasta la ejecución del primer forjado de techo de sótano.

Otra circunstancia, en la denominada segunda fase, a partir de este momento, durante la ejecución de la obra, hasta su puesta en servicio

y entrada total en carga.

En la primera fase, cuando se inicia la excavación, con el movimiento de tierras para la ejecución del sótano, se produce un desequilibrio del terreno bajo el edificio "B" y un movimiento lateral que continúa durante la ejecución del muro de contención, hasta la construcción del primer forjado, que sirve de elemento de arriostramiento al sótano perimetral del nuevo edificio.

En la segunda fase, el nuevo edificio entra en carga de forma paulatina en el tiempo, durante su construcción, que provoca la aparición de asentamientos del terreno, alrededor de las zapatas del edificio "A".

Según esto, en la primera fase, que se puede considerar como fase crítica (antes de la ejecución del forjado del edificio "B") se produce una importante interferencia "al cortar" o interceptar el bulbo de presiones de las zapatas del edificio "A", primero y con el posterior "cabeceo" del muro durante su ejecución, con la aparición de los citados empujes laterales.

En la segunda fase, cuando se produce el citado cambio tensional del terreno, también induce a la aparición de asentamientos, de menor grado.

Por ello, los daños en el edificio "A" aparecen fundamentalmente al inicio de la ejecución de la obra colindante, coincidiendo con los primeros días de excavación y ejecución del muro del sótano. Posteriormente se detecta la aparición de alguna fisura, pero en menor grado de importancia.

Esta situación de aparición de daños en naves existentes, cuando se ejecuta una nueva colindante, solamente pueden ser evitadas, durante el período de ejecución de la obra, tomando las siguientes precauciones:

- Cimentación por losa, con sótano incluido, para compensar el efecto de la excavación.
- Excavación por pequeños batches y rápida ejecución del muro, para evitar incremento de tensiones.
- Control y seguimiento del comportamiento y posible afección, por presencia de niveles freáticos o agua de otra procedencia.
- Ejecución cuidadosa de los distintos tramos de muro de hormigón armado.
- Rápida ejecución del forjado del nuevo edificio, en las zonas junto al colindante, para activar el arriostamiento del conjunto estructural, de forma inmediata.

Abundando más, en el caso de construcción junto a una nave industrial colindante, se sabe que las operaciones constructivas necesarias para la ejecución de las cimentaciones, así como las acciones que éste ejerce sobre el suelo, implican una alteración del estado de tensiones inicial del terreno. Al ser éste un medio continuo, los efectos debidos a aquellas causas no se circunscriben a la masa de suelo contenida dentro de los límites verticales del perímetro del solar, sino que afectan de manera más o menos sensible a una zona de influencia alrededor de la nueva obra, en la que pueden estar ubicados otras naves ya construidas.

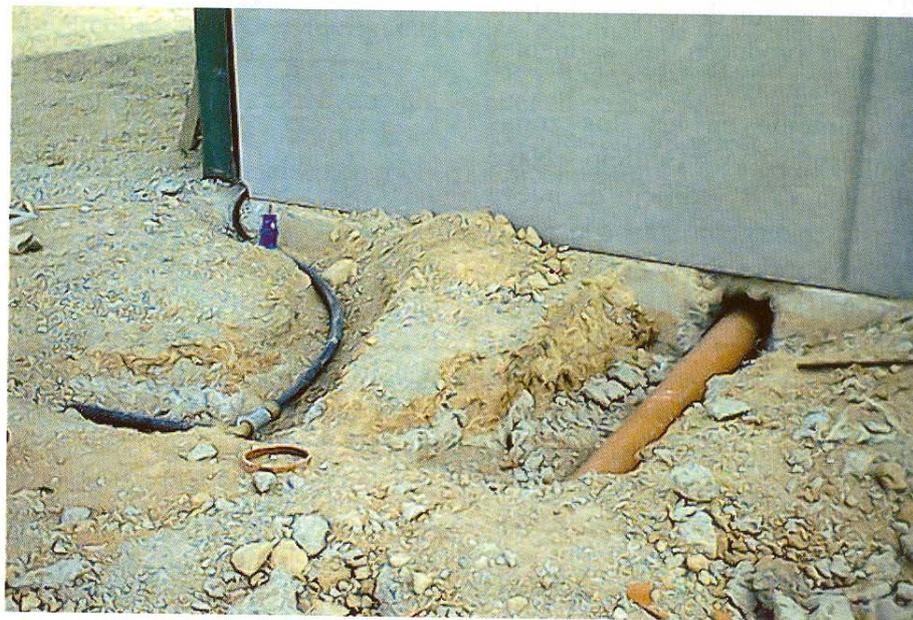
Dependiendo de la naturaleza de las operaciones de construcción a realizar, del tipo de las cimentaciones del edificio a construir, de la magnitud de las cargas que debe soportar el terreno, de su naturaleza y del tipo y condición de la cimentación de las naves próximas, puede inducirse en las estructuras vecinas, unos movimientos

de sus apoyos verticales, horizontales o ambos que, en función de sus valores y del tipo y estado de conservación de tales estructuras, pueden acarrearles desde leves fisuraciones en elementos no resistentes, hasta su ruina.

Interesa poner de relieve primeramente, que al ejecutar la excavación de la nueva obra, se quita un peso del terreno y al contrario de los que sucede al aplicar una sobrecarga, en lugar de producirse asentamientos, se originan levantamientos. Por otra parte, la excavación al borde de una zapata puede ocasionar su hundimiento ya que la capacidad de carga de la zapata en cuestión se ve drásticamente disminuida, al suprimir las tensiones horizontales que había en el terreno, en el plano de corte, por debajo de la cota de apoyo, tensiones que contribuían en gran manera, al mantenimiento del equilibrio, sin permitir que se desarrollen las cuñas plásticas que acompañan al hundimiento de una zapata, entre la acción de su propio peso y de la carga vertical del pilar.

Desde este punto de vista, resulta claro que la existencia de un inmueble en la vecindad de un solar, en el que se va a construir un edificio de nueva planta, lo grava con una cierta hipoteca, que se traducirá en la adopción de determinados criterios de proyecto o sistemas de ejecución e implícitamente, en un aumento de coste con relación al que resultaría si no hubiese ninguna estructura cimentada en los alrededores. Es por ello que deben tomarse todas las medidas a nivel de redacción del proyecto y de la ejecución de las obras, incluidas las precautorias previas si fuesen precisas, para evitar a toda costa, ocasionar daños a las edificaciones próximas, pues los problemas legales, de aumento de costes y retrasos, suelen ser muy importantes.

No todos los suelos ni todos los edificios, son susceptibles por igual de plantear problemas, a la hora de construir en las proximidades de algún inmueble. La causa primera de los daños originados en una estructura, por una construcción cercana, radica en la alte-



Detalle del terreno del entorno de las zapatas de una nave industrial, deficientemente compactada, con acometidas de instalaciones y deficiente calidad del terreno, que puede ser origen o foco de entrada de agua y de amenaza de futuros asentamientos de cimentación

ración del estado de las tensiones del terreno, cuya influencia se deja sentir a cierta distancia por la continuidad del suelo. Los efectos pueden provenir por una transmisión directa del cambio del estado tensional, en cuyo caso, la mayor parte de los problemas están asociados con suelos de los tipos arcillas blandas, arenas y suelos granulares flojos o mal graduados, limos y suelos residuales no consolidados o de rellenos de mala calidad y no compactados, muy habituales en los nuevos emplazamientos de Polígonos Industriales.

Dónde aparecen los daños.

Fundamentalmente nos vamos a encontrar estos daños, manifestándose en las estructuras, en las soleras de nuestras naves industriales y en otras zonas de su entorno (plataformas, pavimentos, aparcamientos, etc.).

En las estructuras, vamos a distinguir si son de hormigón o de acero. En ambas se va a producir una distorsión angular en sus pórticos. En las de hormigón, pueden llegar a dañar la pieza, con aparición de grietas en mayor o menor profundidad, con trazados claros especialmente junto a los puntos de encuentro entre piezas. En las estructuras metálicas se van a producir tensiones en sus uniones, deformación de los nudos y a veces, arranque de los propios cordones de soldadura. En ambas estructuras, en caso de disponer de tabiquería (especialmente en zonas de oficinas, aseos, almacenes, etc.) se van a dejar sentir especialmente, ya que se trata de elementos muy rígidos, superficiales, delgados y con ello, muy sensibles a las citadas distorsiones angulares. Aparecerán grietas de trazado inclinado, generalmente en diagonal y especialmente loca-



Detalle de una zona de solera donde se inició el proceso de asiento, por una deficiente compactación de terreno de base de apoyo de la solera de hormigón

lizadas en las esquinas de huecos de puertas y ventanas. En la base de apoyo de estas estructuras, al asentar la zapata de cimentación, arrastra lo que sobre ella apoya, remarcándose el perímetro de la zapata de los pórticos contiguos. En las soleras de hormigón, estos fenómenos se manifiestan con la aparición del citado agrietamiento, de trazado longitudinal, que en ocasiones producen un seccionado total del espesor de la solera. Los mallazos de reparto no soportan estos esfuerzos y se producen cortes por cizalladura, en cuanto se producen asientos no compatibles con los movimientos estructurales. En este sentido juegan un importante papel las juntas de dilatación, juntas de hormigonado, pastillas de soleras y las uniones de distintos pavimentos, ya que se trata de los puntos débiles por donde se produce el movimiento. Sí estas juntas no son capaces de soportar el esfuerzo transmitido por el asiento, se inicia la rotura de la superficie de la solera, con la aparición de grietas, de trazado caprichoso y de longitud y envergadura, acorde con el avance de la

siento con el paso del tiempo. Estas lesiones causan muchos trastornos a la propia explotación de la nave industrial afectada. En el próximo número de la revista, trataremos mas en profundidad los aspectos relacionados con los daños que realmente se producen, origen de los daños, correcciones del problema, la necesidad de contar con especialistas que nos ayuden a esclarecer las circunstancias de estos daños y llegar a las conclusiones mas fiables que permitan adelantar planteamientos de actuación y recomendaciones concretas.

(*) **Jesús H. Alcañiz Martínez**, es Arquitecto Técnico, Director del "GABINETE DE CONTROL", (Organización de Control de Calidad y Patología de Obras: www.gabinetedecontrol.com), Profesor de la Escuela de Arquitectura Técnica de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) y Especialista en Materiales, del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia (COA-ATMU).
e-mail: gabinetedecontrol@ono.com