

Patología en una vivienda unifamiliar de tres plantas construida sobre una ladera

Sandra Graciela Orlandi¹ y María Alejandra Espelet²

Resumen

El empleo de óptimos materiales de construcción si no es acompañado de una eficiente supervisión, puede conducir a patologías importantes en las construcciones. Ese es el caso de una vivienda unifamiliar construida en tres plantas sobre un faldeo compuesto por una secuencia de lutitas y areniscas. Apoyada en terreno natural la vivienda poseía un contrapiso en una de sus plantas, el mismo requirió el empleo de material de relleno. La mala supervisión trajo como consecuencia la rotura de varios elementos constructivos.

Employment of high quality construction materials isn't enough if an efficient supervision isn't present during the construction. Sometimes pathologies could be important. In the study case the house was a three-flat one and was based on an irregular land. In one of these flats, part of the floor needed the employment of selected refilling materials. In this part there were problems with walls and roofs, and big settlements were present. At the end all the falls were consequence of a bad supervision.

Key words: pathology, refilling material, supervision

Introducción

Durante la construcción de una vivienda, el empleo de materiales de buena calidad es fundamental si el resultado que se espera obtener debe perdurar en el tiempo. Pero el empleo de los mejores materiales no asegura los mejores resultados si no se acompaña al proceso de una eficiente inspección y control en obra. En toda obra la documentación técnica deberá ser resguardada y deberá acompañar a la misma en todas sus etapas.

Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería UNPSJB

1. Maestra en Ingeniería (Geotecnia) (UNAM- México); Ingeniera Civil e Ingeniera en Construcciones (UNPSJB). sandra.orlandi@gmail.com

2. Ingeniera Civil e Ingeniera en Construcciones (UNPSJB). aespelet@ing.unp.edu.ar.

El caso a desarrollar es la patología presentada en una vivienda construida en una de las zonas de mayor costo por metro cuadrado de Argentina, con un proyecto cuidado en todos sus detalles pero que adoleció de una correcta inspección. La patología consistió en la rotura de paredes y deformación de solados en algunos sectores coincidentes con zonas de relleno. La inexistencia de documentación de obra o la pérdida de la misma hizo de la reconstrucción de la secuencia constructiva un hecho casi imposible.

A lo largo del presente artículo se describirá la secuencia de las fallas descritas por el propietario, los estudios de suelos recomendados por personal del LISHA, los resultados obtenidos, el análisis de los mismos y las conclusiones a las que se llegó luego del análisis pormenorizado. Cabe destacar que no se tuvo acceso en ningún momento a los estudios de suelos previos, ni a la memoria constructiva, ni a los planos arquitectónicos y/o estructurales, ni a los cálculos de estructuras. Toda la información con que se pudo contar fue oral, parte del proceso previo consistió principalmente en entrevistas personales. Por ello no se adjuntarán secciones de planos.

Descripción, secuencia e indicios de los daños en proceso

Durante el mes de junio del año 2014 un estudio de suelos fue solicitado al Laboratorio de Suelos, Hormigón y Asfaltos, en adelante LISHA, por un asesor legal contratado por el propietario de una vivienda de la localidad de Rada Tilly. La misma presentaba patologías en su construcción. El estudio de suelos consistía de un simple ensayo de determinación de densidad y humedad in situ cuyo objetivo era la verificación de las condiciones de compactación del material de relleno debajo de un sector de los pisos y contrapisos.

Puesto que la descripción de los daños ocurridos no guardaba relación con la magnitud de los trabajos solicitados (una única determinación de densidad y humedad in situ) se solicitó la inspección ocular del sitio previo a la realización del trabajo encomendado.

Con anterioridad a la inspección de la vivienda en cuestión, se realizó un recorrido por la zona a los fines de identificar la presencia de suelos expansivos, cuya actividad suele ser la causa de la mayoría de las patologías que se presentan en la zona. En taludes con cortes desnudos en las cercanías de la construcción pudo identificarse parte de una secuencia de origen marino, fuertemente fisurada, constituida por arcilitas, limolitas y areniscas y un espesor de suelo meteorizado de espesor variable entre 0,5 a 1,5m (Fig.1). La vivienda estaba emplazada sobre la ladera de un cerro cuya pendiente se presentaba muy pronunciada (no pudo determinarse la topografía exacta original por no hallarse información previa, pero el simple recorrido y observación dio cuenta de ello). Parte de la edificación está ubicada sobre terreno al que se le había desmontado el espesor de suelo fértil (parte de los horizontes A y B y quizás hasta buena parte del horizonte C) y parte construida en "voladizo" en la que había sido necesario realizar un relleno de espesor importante previo a la materialización de uno de los contrapisos.



Fig.1. Secuencia estratigráfica en cercanías de la vivienda

De la entrevista realizada al propietario surgieron diferentes y suficientes indicios previos que anunciaban algunas de las fallas que habrían de presentarse.

Habilitada la vivienda para su uso y una vez habitada, algunos años después del final de obra, comenzaron a percibirse fuertes olores provenientes de las rejillas de piso y cámaras de inspección ubicadas tanto dentro como fuera de la vivienda. La presencia de corrientes de aire provenientes de las mismas en días de viento y alimañas que emergían de las mismas eran parte de la cotidianeidad.

La vivienda con franca orientación este-oeste linda con un terreno baldío en su muro orientado al sur. Dada la topografía abrupta en la que fue construida, el desnivel existente con dicho terreno era al momento de la inspección de alrededor de entre tres y cuatro metros (Fig.2). Al poco tiempo que los fuertes olores provenientes de las cámaras habían comenzado a presentarse, en el terreno baldío lindero, la vegetación comenzó a ser de un color verde más intenso y mucho más frondosa. Una de las paredes apoyada sobre un contrapiso construido sobre material de relleno presentó fallas importantes acompañadas de desplazamientos con rotación (Fig.3)



Fig.2. Terreno baldío lindero

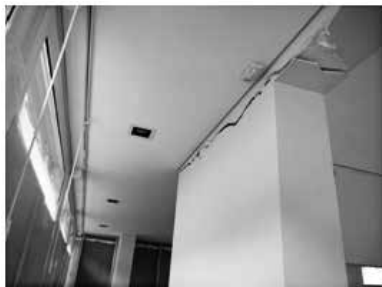


Fig.3. Falla presentada en muro interno

El piso de uno de los ambientes construido sobre material de relleno había presentado un desplazamiento vertical de alrededor de 3cm en superficie (Fig.4) en uno de sus bordes coincidente con el muro con roturas.



Fig.4. Deformación en piso de porcelanato (cada unidad de 1mx1m) y asentamiento en la pared apoyada en él.

Ante estos indicios el propietario decidió llamar a un profesional para que destapase las cámaras e inspeccionara el sistema. Fue allí que se detectó la rotura y pérdida de continuidad y correspondiente pérdida de estanqueidad en la instalación sanitaria. La rotura no tenía razón técnica fácilmente deducible, aunque el desplazamiento era de casi veinte centímetros (Fig.5).

Es necesario destacar que ningún elemento estructural presentaba deformaciones y/o rotur



Fig.5. Rotura del contrapiso realizada para verificar la condición de las instalaciones sanitarias (en esta fotografía la instalación ya había sido reparada).

Una vez solucionado el problema de la instalación sanitaria los problemas no cesaron. Los asentamientos de los pisos se sucedieron y la apertura en las fisuras continuó aunque los asientos poseían características instantáneas y no del tipo constante en el tiempo.

Las veredas perimetrales se deformaron irregularmente y las juntas de ellas se abrieron progresivamente (Fig.6).



Fig.6. Veredas perimetrales que cumplen con Código de Edificación Municipal de la ciudad de Comodoro Rivadavia (el ejido de Rada Tilly no cuenta aún con Código de Edificación propio)

La principal sospecha siempre se centró en una piscina lindera a la construcción que en reiteradas oportunidades había sufrido de problemas de falta de estanqueidad. El propietario decidió realizar reparaciones pero aun así las deformaciones continuaban incrementándose.

En ese momento el propietario decidió consultar a un especialista en patologías radicado en la ciudad de bahía Blanca quien recomendó, luego de una inspección ocular del lugar, el control del material de relleno debajo de un sector de los contrapisos. Como consecuencia de ello fueron encomendadas las determinaciones de la densidad y humedad in situ.

Estudios de suelos realizados

Habiendo realizado una cronología de los daños ocurridos y previendo la posibilidad de que a futuro el propietario iniciase un juicio al estudio responsable de la construcción y diseño de la vivienda se tomó la decisión de realizar estudios adicionales.

Para poder realizar el muestreo, se procedió al levantamiento del piso afectado y a la rotura del contrapiso en dos puntos seleccionados diagonalmente opuestos. Al dejar al descubierto el relleno, se descubrió un huelgo entre el contrapiso y el mencionado relleno. Dicho espacio variaba en espesor entre los 5cm y los 12cm. No debe olvidarse que el conjunto de piso y contrapiso había cedido en algunos sectores alrededor de 3cm.

Se tomaron muestras en los primeros treinta centímetros de relleno, en diferentes puntos de la planta, para analizar en laboratorio. Se obtuvieron los valores de humedad óptima y densidad seca que surgieron del ensayo Proctor. Se determinó así la insuficiente compactación de dicho material. Por desconocerse la profundidad hasta la cual dicho material de relleno había sido colocado y dadas las condiciones en las que el mismo podía presumirse, se encontraba, se decidió continuar muestreando después de retirar todo el piso y el contrapiso hasta alrededor de 3m para luego volver a colocarlo en capas correctamente compactadas cada 15cm.

Muestreo cada metro de avance en la excavación, determinaciones de humedad, clasificación del material de relleno, pruebas de compactación PROCTOR, fueron realizadas hasta alcanzar una profundidad en la que el material encontrado cambiase sus propiedades. Para proceder al muestreo a partir de los 3m se utilizó un sistema de dovelas cilíndricas como sistema de entibación.



Fig. 7. Muestreo manual a 6m de profundidad utilizando un sistema de dovelas para el entibado.

A los fines de documentar y certificar el proceso de toma de muestras el mismo se llevó a cabo en presencia de un escribano.

Al alcanzar la profundidad en la que el material de relleno se encontraba en contacto con terreno natural se procedió a muestrear y realizar un ensayo SPT manual con trípode, dada la imposibilidad de acceder a la zona con un equipo de muestreo mecánico por rotación.

Resultados obtenidos

Del análisis de la granulometría del material de relleno surge que el mismo es apto para la función para la cual fue concebido. Clasificado como arena limosa con gravas en los primeros centímetros (Fig.8) y como grava mal graduada con limos (Fig.9) a mayor profundidad su humedad natural varió entre un mínimo de 3,6% en superficie (los primeros 50cm aproximadamente) hasta una humedad que se mantuvo prácticamente constante cercana al 10,5% (Tabla 1).

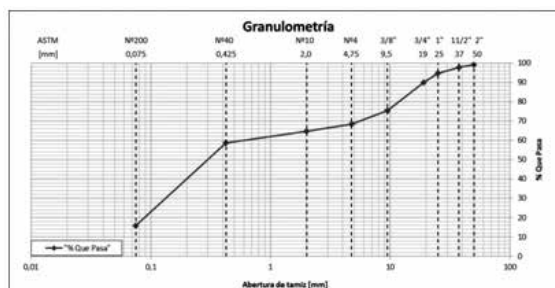


Fig. 8. Curva granulométrica del material muestreado en los primeros 50cm de relleno

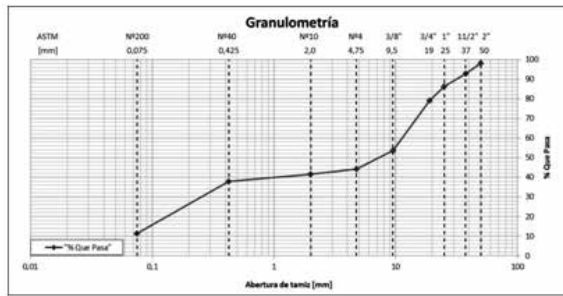


Fig.9. Curva granulométrica del material muestreado a partir de los 50cm de profundidad y hasta los 3,5m aproximadamente.

Muestra	Límite Líquido IRAM 10501	Límite Plástico IRAM 10502	Índice de Plasticidad IRAM 10502	Clasificación Unificada IRAM 10509
Muestra 1 Material de relleno. Prof. 0,30m M.227/14	No presenta	No presenta	No plástico	SM (Arena limosa con gravas)
Muestra 13 Material de relleno. Prof. 3,20m M.252/14	No presenta	No presenta	No plástico	GP-GM (Grava mal graduada con limo)

Tabla 1. Resumen resultados obtenidos en la clasificación del relleno

La humedad menor en los primeros centímetros se infiere disminuyó como consecuencia de las corrientes de aire que se producían por debajo del contrapiso y por encima del relleno, la misma que se establecía entre cámaras de inspección internas y externas. Otro factor que contribuyó fue el calor transmitido por el sistema de calefacción por losa radiante. La inexistencia de un manto aislante térmico entre el contrapiso y el relleno contribuyó también a la pérdida de humedad en el espesor superior del material granular utilizado.

La humedad promedio por debajo de ese espesor más superficial resultó de un valor cercano a la humedad óptima. En tanto que la densidad seca obtenida in situ mediante el ensayo del cono de arena solo alcanzó un 85% de la densidad seca determinada con el ensayo Proctor para el material hallado como relleno (Tabla 2). Puede concluirse rápidamente que el grado de compactación era completamente insuficiente a pesar de haberse producido un asentamiento en el mismo que provocó el espacio vacío por debajo del contrapiso.

Densidad Nº	Fecha	Hum. Nat. [%]	Dens. Seca [tn/m ³]	Dens. Proctor Corr. [tn/m ³]	Compactación [%]	Grado de saturación	Grado de sat. +5%	Grado de sat. -5%
1	01/07/2014	3,60	1,55	2,08	74	12,73	12,48	13,05
2	01/07/2014	4,00	1,36	2,04	67	10,96	10,76	11,18
3	01/07/2014	1,70	1,55	2,04	76	6,19	6,01	6,35
4	01/07/2014	1,40	1,56	2,10	75	5,20	5,08	5,34
5	01/07/2014	1,60	1,80	2,11	85	8,60	8,30	8,93
6	16/07/2014	11,20	1,50	2,05	73	37,63	36,80	38,54
7	16/07/2014	10,60	1,34	2,05	65	26,24	27,74	28,78
8	16/07/2014	10,10	1,36	2,04	67	27,60	27,10	28,13
9	25/07/2014	11,70	1,34	2,04	66	30,99	30,44	31,57
10	25/07/2014	10,50	1,41	2,05	68	30,76	30,16	31,40
11	25/07/2014	7,50	1,38	2,07	66	21,11	20,72	21,53
12	31/07/2014	7,30	2,06	2,16	95	68,83	60,28	67,99

Tabla 2. Resultados de los ensayos Proctor y densidades obtenidas mediante el ensayo in situ del cono de arena

Adicionalmente se decidió realizar un análisis de sensibilidad sobre los resultados obtenidos a los fines de considerar la posibilidad de error en la estimación de la densidad de sólidos. Puede observarse que un error de +/- 5% en la mencionada densidad únicamente introduce un pequeño error en el grado de saturación calculado del suelo.

Conclusiones

De los ensayos de clasificación realizados y del análisis de los mismos puede confirmarse la aptitud del relleno. Es claro que si se lo hubiese mezclado con una fracción de granulometría intermedia la curva granulométrica hubiese tenido un mejor tendido. Pero a pesar de ello no sería correcto decir que no es apto. Su humedad coincidía con la recomendada para alcanzar la densidad óptima pero el grado de compactación se encontraba muy por debajo del requerido. En un uso como para el que fue utilizado no es correcto aceptar un grado de compactación menor al 95%.

La razón del asentamiento del material de relleno se pudo concluir fue la siguiente:

Es sabido que materiales granulares se compactan más fácilmente bajo la acción de cargas dinámicas. En tanto que materiales finos se compactan correctamente bajo la acción de cargas estáticas. Si analizamos las curvas granulométricas es posible visualizar que estamos en presencia de materiales francamente granulares. La incorrecta colocación del mismo y la incorrecta compactación lo llevan a permanecer en las condiciones originales hasta que la acción

de una carga dinámica logra el reacomodamiento de las partículas. Dicha carga pudo tener su origen en la compactación del suelo en zonas aledañas durante la construcción de nuevas viviendas o inclusive como consecuencia de las vibraciones transmitidas por tránsito pesado. En las cercanías de la vivienda es común la circulación de tránsito pesado, los mismos transmiten vibraciones a los suelos por los que transitan. No hay forma de determinar el origen real de dichas cargas dinámicas.

Se destaca que otras opciones que se analizaron como posibles contribuciones al cambio en la compacidad del relleno pero que fueron descartadas hasta llegar a la informada fueron:

-Cambio en la humedad del relleno,

-Falta de estanqueidad del espacio en el que el mismo se encuentra contenido (el sector se encuentra rodeado parcialmente por muros impermeabilizados mediante la utilización de membranas y calculados para resistir los empujes del suelo de relleno)

-Establecimiento de una red de flujo con origen en la piscina colindante con la vivienda fue la única solución lógica que surgió del análisis integral de datos (fig. 8)

El anteriormente mencionado desplazamiento de un sector en la instalación sanitaria también fue como consecuencia del asiento del material de relleno. Al producirse el asiento del suelo, la tubería acompañó al movimiento desvinculándose del tramo al que se hallaba vinculado.



Fig.8. Levantamiento del deck en la zona de pileta para detectar fisuras, fugas o posibles roturas.

Por último, un hecho que contribuyó en forma negativa al comportamiento del conjunto

fue el diseño y construcción del contrapiso. La armadura con la que nos encontramos en el momento de romper el contrapiso se trataba, apenas, de una armadura constructiva: malla Sima de 4,2 mm de diámetro de barra. Una losa de esas características sin anclaje a las vigas portamuros perimetrales y/o a los muros de contención diseñados para soportar la carga transmitida por el material de relleno, debería poseer una armadura correctamente calculada para soportar las cargas de diseño así como también para redistribuirlas sobre el material de relleno. En caso de hallarse anclada a los elementos estructurales con los que se encontraba relacionada, la armadura requiere también de su correspondiente cálculo. En el caso en estudio la losa no puede ser denominada como tal, siendo solamente un contrapiso, y no correspondiendo a ninguna de las dos opciones siguientes: dotado insuficientemente de armadura para tratarse de una losa flotante y carente de anclajes para ser un elemento que trabaja como parte del conjunto estructural.

Remediación

El principal inconveniente para las recomendaciones presentadas a los fines de encarar la remediación radicaba en el hecho de que el sector afectado estaba rodeado de paredes vidriadas y ubicado en el corazón mismo de la construcción. La imposibilidad de acceder con maquinaria de gran porte requirió la extracción del material de relleno de forma manual. La colocación en capas de quince centímetros para su posterior compactación con equipo también manual hizo que el proceso fuera lento y prolongado en el tiempo (Fig.9).



Fig.9. Equipo manual de compactación utilizado para compactar el relleno

La remediación de la losa y su cimentación, corrieron por cuenta del propietario, puesto que al realizar el ensayo SPT se detectó una capa de espesor no definido de arena fina en estado suelto con humedad natural superior a la del material de relleno. El profesional contratado por el propietario sugirió la utilización de una zapata central apoyada en esa capa de arena, sin necesidad de vincular la losa a los elementos perimetrales existentes. La inexistencia de una memoria de cálculo y diseño estructural, o planos estructurales imposibilitaba verificar los cálculos previos y vincular la losa a los mismos de forma técnicamente segura. Y dada la imposibilidad de acceso a los estudios de suelos y planos de cimentación realizados no era posible analizar la interacción entre los bulbos de cargas transmitidos al suelo de cimentación. La premura con la que contaba el propietario para remediar los daños y habilitar la vivienda, llevó al mismo a encarar la remediación bajo su propia responsabilidad.

Habiendo realizado un minucioso análisis de los datos obtenidos, de los daños observados y del recorrido de las zonas aledañas, se realizaron las siguientes recomendaciones técnicas al solicitante:

- Retiro del material de relleno en un espesor de entre 3 a 3,5m para ser colocado posteriormente en capas no mayores a los 15cm, convenientemente compactadas hasta la densidad seca máxima Proctor y con humedad óptima, no involucrando bajo ningún concepto el terreno afectado por las cimentaciones (esta recomendación surgió de la imposibilidad de acceder al estudio de suelos). En rigor de verdad se prefería alcanzar los 6m de profundidad pero analizado el bulbo de cargas transmitido por la losa y la posibilidad de afectar los bulbos de cimentación cuya profundidad se desconoce se opta por alcanzar los tres y medio metros.

- Dada la ubicación dentro de la vivienda del sector afectado y la necesidad de no generar daños en la estructura ni en la construcción en general, no se consideró conveniente la utilización de equipos de gran porte para la etapa de compactación, pudiéndose recurrir al mejoramiento del material de relleno con cemento o en su defecto cal. Se mencionó la posibilidad de

recurrir al empleo de geosintéticos como materiales estructurales y de separación debiendo ser colocados los mismos en forma horizontal, disminuyendo su espaciamiento en la medida que se alcanzase la cota de fondo.

- Materialización de un contrapiso diseñado y calculado como elemento estructural independiente del resto de las estructuras, a los efectos de no introducir alteraciones en los estados de carga de las mismas. El mismo debería contar con armadura tal que pudiese ser considerado una losa de cimentación en sí mismo.

- Colocación de un sistema térmicamente aislante entre el relleno y el contrapiso, para que por efecto del calor las condiciones del material de relleno no se viesen afectadas.

Bibliografía

Orlandi S., Espelet A.; Informes 392/14 y 393/14 LISHA (Laboratorio de Suelos Hormigón y Asfaltos), UNPSJB.

“Fundamentos de Mecánica de Suelos”

Roy Whitlow. CECSA.

Geotecnia y Cimientos I.

Jimenez Salas & Alpañez. Editorial Rueda.

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.

Volumen 1.

Rico & Del Castillo. Editorial Limusa.

Mecánica de Suelos. Tomo 1.

Juarez Badillo & Rico Rodríguez. Editorial Limusa Noriega.

“Patología de las cimentaciones”

Fructuoso Mañá – Editorial Blume. 1978

“Fallas en Fundaciones”

Romualdo Trujillo – Editora Tecniciencia. 1964