

PROCEDIMIENTO MULTIDISCIPLINAR PARA LA DEFINICIÓN Y EXPLICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS EXISTENTES DEBIDAS A MOVIMIENTOS EN MASA Y RELLENOS ANTRÓPICOS EN EL I.E.S. VILLA DE ASPE Y SU ENTORNO, EN ASPE, ALICANTE

ISIDRO OCETE RUIZ (1), CARLOS ÁLVAREZ CALVO (1), FRANCISCO ÁNGEL UREÑA FERNÁNDEZ (1) y ANA MARÍA VILLENA RIVERA (1)

(1) Departamento de Geotecnia,
Cemosa, Ingeniería y Control
isidro.ocete@cemosa.es

RESUMEN

En este documento se recoge el procedimiento utilizado y que, desde el análisis aislado de cada disciplina en para el diagnóstico de un proceso patológico, permite tras su puesta en común validar dicho diagnóstico mediante un enfoque multidisciplinar.

Esta validación del modelo permite tener la seguridad suficiente para emitir las recomendaciones de cara a la solución o mitigación de las patologías con un nivel adecuado de garantías.

1. INTRODUCCIÓN

El I.E.S. Villa de Aspe, un centro de enseñanza construido aproximadamente en el año 2.000 ha sufrido numerosas incidencias desde su construcción.

A pesar de haberse realizado una actuación en el año 2.005, consistente en el recalce de la cimentación mediante micropilotes y un tratamiento de mejora del terreno mediante columnas de módulo controlado en la zona de pistas deportivas, las patologías han seguido produciéndose tanto en las edificaciones como en las zonas de pistas.

Con el objetivo de determinar el origen de las patologías y proponer las medidas conducentes a solucionarlas, se realizó un estudio de carácter multidisciplinar incluyendo la geología, hidrogeología, geofísica, ingeniería geológica e ingeniería de la edificación.

Durante las visitas se pudo observar la existencia de un importante paquete de rellenos localizados en varias zonas, con indicios de inestabilidades y deslizamientos (como se muestra en la figura 1) por este motivo, junto con las importantes pendientes presentes en la zona, se estableció la hipótesis de que el origen de las patologías podría deberse a fenómenos de inestabilidad de los rellenos, en conjunción con los colapsos asociados a este tipo de materiales.

Esta hipótesis de partida podía sostenerse en la práctica habitual en determinadas instalaciones públicas como pueden ser los centros educativos de utilizar los terrenos que requieren una menor

inversión para su adquisición y que, debido a esto, suelen presentar unas peores condiciones de cara a la construcción sobre ellos.

Con el objetivo de validar esta hipótesis se decidió abordar su análisis desde varias perspectivas de forma independiente, para que en el caso de coincidir confirmase la hipótesis planteada.

2. MARCO GEOGRÁFICO

La zona objeto de estudio, como se indica en la figura 2, se ubica en el sur del municipio de Aspe, situado en la provincia de Alicante, en el extremo meridional de la comarca del Medio Vinalopó, limitando al norte con Novelda, al este con Monforte del Cid, al sur con Elche y Crevillente y al oeste con Hondón de las Nieves y La Romana.

Esta comarca se encuentra bordeada por importantes sierras; la Sierra de Crevillente, la Sierra de Salinas, la Sierra del Cid y la sierra de Maigmó, alcanzando las tres últimas alturas superiores a los 1.100 m.

El municipio de Aspe se encuentra a orillas del río Tarafa, principal afluente del río Vinalopó, y a una altitud de 238 metros sobre el nivel del mar.

3. MARCO GEOLÓGICO

La zona objeto de estudio se inserta plenamente en un territorio configurado por las directrices béticas, que vienen configuradas por grandes estructuras geológicas de dirección suroeste-noreste abarcando en términos generales desde la provincia de Cádiz hasta las Islas Baleares, en contacto con la meseta ibérica situada al norte, concretamente en la zona de contacto entre el Subbético y el Prebético meridional. Dentro de estas directrices béticas, dos son los accidentes que más han influido en la actual configuración de este territorio: por un lado, el accidente Cádiz – Alicante, y por otro, el que constituye la Fosa Estructural Triásica del Vinalopó. Nos encontramos con un espacio muy afectado por los procesos tectónicos y por un intenso diapirismo.

Los conjuntos litológicos más característicos de la zona se pueden clasificar geológicamente como:

- Subbético Alóctono. Caracterizado por el macizo Triásico-Jurásico-Cretácico de la zona, donde afloran principalmente rocas calizo-margas, margas y conglomerados arcillosos muy litificados.
- Prebético de Alicante. Definido por Azema, corresponde al resto de los materiales que afloran en la región, caracterizado principalmente por facies de tipo intermedias en afloramientos de edad mesozoicos que no han sido incluidos en la categoría anterior.



Figura N°1.- Deslizamientos en material de relleno antrópico.



Figura N°2.- Ubicación del I.E.S. Villa de Aspe.

Podemos discernir una serie estratigráfica y litológica en las zonas cercanas dominada principalmente por los materiales calizo-margosos de los sistemas Triásico, Jurásico y Cretácico sobre los que se disponen los materiales detríticos de las cuencas neógenas de la región.

4. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO

Se realizó un extenso estudio bibliográfico de la documentación técnica disponible de la zona, principalmente de carácter geológico, hidrogeológico y tectónico-estructural, así como la documentación facilitada por el Excelentísimo Ayuntamiento de Aspe, que incluía el Informe Geotécnico realizado en el Proyecto, así como informes y proyectos de las diversas actuaciones llevadas a cabo sobre estas incidencias, con el objetivo de adquirir un conocimiento profundo de la zona que sirva como punto de partida para abordar los trabajos con garantías.

Con el objeto de conocer la evolución geomorfológica de la zona en estudio se realizó un reconocimiento sobre la fotografía aérea histórica existente desde el año 1945 hasta la actualidad, contando con un total de doce imágenes históricas.

Durante la realización de este trabajo se realizaron varias visitas a la zona y su entorno, por parte de técnicos especializados en diversas disciplinas con el objetivo de reconocer las edificaciones, las patologías existentes y su entorno.

En estas visitas se documentó fotográficamente las características de la zona y se cartografió en detalle la geología de la zona. También se realizó un inventario de las incidencias observadas en el IES Villa de Aspe y otros centros educativos en su entorno, como el C.E.I.P. La Paloma, el C.E.I.P. Vistahermosa y el I.E.S. La Nía, registrándolas también en un archivo fotográfico.

Además de contar con la información contenida en los distintos informes geotécnicos facilitados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Aspe, se realizó una campaña de reconocimientos en campo, consistentes en los siguientes tipos:

- 10 sondeos mecánicos y rotativos con extracción continua de testigo.
- 13 ensayos de penetraciones dinámicas y continuas de tipo DPSH.
- 8 calicatas de reconocimiento.
- 20 ensayos en sondeo de permeabilidad Lefranc.
- 12 ensayos presiométricos.
- 1 ensayo de bombeo
- 2 perfiles de tomografía eléctrica de 200 m.

Las principales incidencias identificadas instrumentadas mediante la instalación de 6 fisurómetros biaxiales y se dispuso de un clinómetro en la parte superior de la esquina más afectada del I.E.S. Villa de Aspe, para poder estudiar el proceso patológico de las edificaciones.

5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Uno de los análisis que se realizó consistió en una evaluación de la evolución geomorfológica para tratar de determinar las zonas en las que se habían producido los rellenos en una mayor medida.

Por otra parte, tomando de base los resultados de la campaña geotécnica y mediante software de tratamiento geoestadístico, se estudió la distribución de los rellenos detectados y se generó la superficie del contacto entre el material de relleno y el terreno natural.

También se realizó el análisis de los daños observados para tratar de determinar el origen de estas patologías. Este análisis se realizó por parte de un equipo de ingeniería de la edificación desconocedor de la hipótesis planteada, se determinó así con objeto de evitar posibles inducciones a este análisis.

El progreso y los resultados obtenidos de estos estudios se detallará a lo largo del presente artículo.

A pesar de la hipótesis planteada, también se evaluó la hidrogeología de la zona y los posibles problemas geotécnicos que podrían tener influencia en las patologías, como pueden ser la expansividad, la colapsabilidad y la capacidad portante del terreno natural.

6. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

En el estudio de la evolución geomorfológica se pudo comprobar la evidencia un área de un relieve muy desarrollado sobre todo en la zona que en la actualidad donde se ubican los centros de Vistahermosa y Villa de Aspe. Por el contrario, las zonas más al Norte y ocupadas en la actualidad por los centros educativos La Paloma y La Nía, indican áreas parcialmente abancaladas de uso netamente agrícola con un relieve muy planar, en contraposición con la situada más al Sur, como ya se ha indicado.



Figura N°3.- Foto aérea del periodo comprendido entre 1973 y 1986 donde se han marcado los límites de los centros educativos existentes. Facilitada por el Ayuntamiento de Aspe.

Se interpretaron dos paleo-cauces importantes en toda la serie de ortofotografías de las que se dispuso entre los años 1956 y 1986, estas interpretaciones se indican en las figuras 3 y 4. Uno primero más al Este que discurría sensiblemente por el sector del central de edificio principal del I.E.S. Villa de Aspe y continuaba hacia la zona de las pistas deportivas. Otro paleo-cauce más al Oeste que discurría en la zona del complejo principal en ese sector y afectando claramente a las pistas.

Esta geomorfología pretérita coincide sensiblemente con las zonas de patologías observadas, justificando en gran parte el origen de estas.

En la imagen del año 1988 evidencia un importante desarrollo urbanístico de la zona más al Norte del área en estudio. Que ya en la fotografía del año 1993 evidencia la actuación de



Figura N°4.- Detalle de la foto anterior donde se aprecia claramente un paleo-relieve y su ubicación con respecto a las instalaciones del I.E.S. Villa de Aspe.

relleno y nivelado de la zona que en la actualidad ocupa el Villa de Aspe apreciándose auténticos caminos donde antaño se referían relieves importantes. Además, se encuentra desarrollado el encauzamiento existente al Sur de la zona en estudio y el camino paralelo que lo acompaña. Se acompaña un detalle de la fotografía del año 1993 (figura 5), donde se indican dos importantes paleo-cauces que afectan notablemente al sector no construido entre el centro La Nía y el Villa de Aspe, y modo significativo a la zona de las pistas y gimnasio de este último.

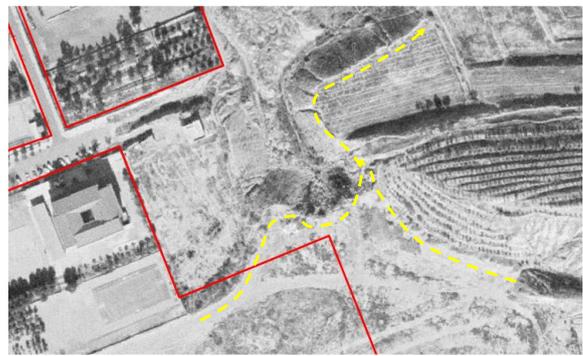


Figura N°5.- Paleo-relieves interpretados con indicación de sentido (líneas amarillas discontinuas) a partir de la foto del año 1993.

En la imagen del año 2002 ya ha sido construido el centro Villa de Aspe, con una fisonomía similar a la actual. Especialmente singular es el que entre la imagen del año 1993 y la del año que nos ocupa se ha construido la calle Antonio Ayala, junto con la calle Pintor Pastor Calpena y la calle Isaac Albéniz, además de la glorieta que las une.



Figura N°6.- Detalle de la imagen del año 2002 donde se observan los “aborregamientos” referidos en el texto.

De la misma manera, en la figura 6, se aprecia como finalmente se ha rellenado los relieves observados en la fotografía anterior e incluso se observar claramente el continuo relleno de la zona con abundantes “aborregamiento” de vertidos de antrópicos. La historia geomorfológica de la zona, desde el primer año estudiado hasta el momento referido parece que el área ha sido un sector tradicional de vertidos.

Hasta el año 2007 se observa la intensa actividad antrópica al Oeste de los Centro de C.E.I.P. Vistahermosa y al I.E.S. Villa de Aspe y aparentemente desde el año 2009 hasta la actualidad la actividad antrópica en el sector más afectados ha cesado.



Figura N°7.- Foto aérea actual en que se puede observar la morfología actual de la zona.

Las imágenes parecen indicar que desde el año 2012 las pistas deportivas del centro Villa de Aspe han dejado de estar en servicio, en la figura 7 se puede observar su falta de mantenimiento.

7. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LOS RELLENOS ANTRÓPICOS

En un trabajo de esta índole es conveniente localizar la situación exacta de los rellenos de carácter antrópico y la profundidad que estos presentan.

Para la elaboración de este tipo de planos, los métodos de estudio utilizados han sido los basados en distintos modelos matemáticos impuestos para la simulación de superficies, tales como Modelos de Distancia Inversa, Modelos de Mínima Curvatura y Modelos de Cuadrados Mínimos (Kriging).

Finalmente se ha optado por el empleo de Modelos de Cuadrados Mínimos o Kriging, debido a que ha supuesto un mayor grado de similitud obtenido para las superficies conocidas, y su posterior aplicación para los parámetros correspondientes a la superficie que representa el relleno o el material competente.

La finalidad del Mapa de Espesor del Material competente es la de poder determinar de forma rápida y sencilla el espesor del relleno en cualquier punto del terreno englobado en el ámbito del estudio.

Desde un punto de vista mecánico-geotécnico la existencia de rellenos supone una problemática relacionada con el bajo e irregular grado de compactación que presentan. Esta condición puede repercutir, en mayor o menor medida, propiciando el desarrollo de asentamientos imprevisibles en las mismas. Todo esto justifica la realización de este tipo de mapas de espesor de material de relleno.

A continuación, adjuntamos el Plano de Espesor del Material de Relleno donde puede observarse básicamente una distribución de curvas de nivel, dispuestas en intervalos y representativas de la profundidad del material de relleno en cada zona.

En el Plano de Espesor de Material de Relleno, recogido en la figura 8, se estableció una gradación de color en base al espesor de estos, en tonos cian, se encuentran las zonas que presentan los menores espesores, inferiores a 1 metro, y que no revisten importancia. En tonos verdes se encuentran las zonas en las que los espesores del relleno se encuentran entre 1 y 5 m. que, si bien ya presentan una importancia a tener en cuenta, siguen permitiendo sobrepasarlos con cimentaciones semiprofundas, mediante pozos o vigas corridas, en el caso de cimentaciones. El resto de colores, variando de amarillo a rojo, pasando por tonos naranjas, representan los mayores espesores de rellenos de hasta 20 m. En estas zonas, será necesario recurrir a modelos de cimentación profunda en el caso de edificaciones.

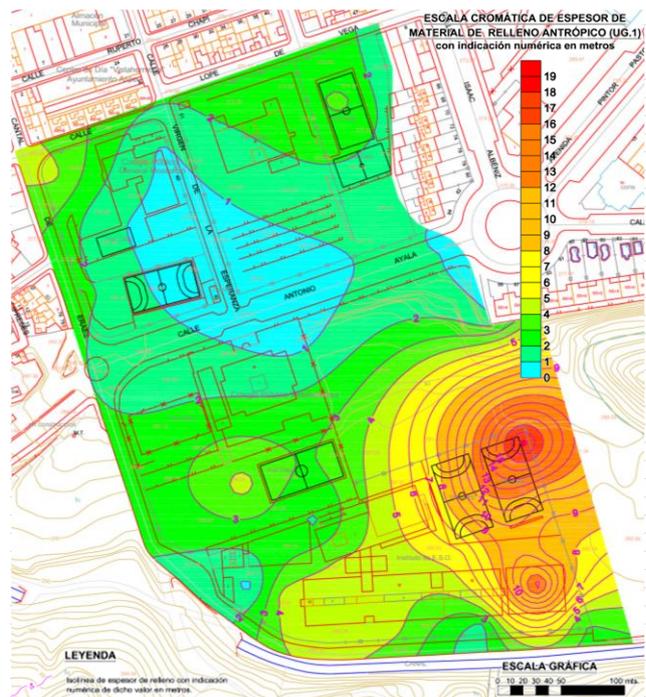


Figura N°8.- Plano cromático de espesor del Material de Relleno.

La representación de las distintas curvas de nivel nos va a permitir distinguir entre aquellas zonas con un alto espesor de relleno, de aquellas en las que éste constituye una ligera película o incluso no llega a aparecer.

Con el Plano de Espesor del Material de Relleno quedan por fin establecidas las distintas profundidades que alcanza el relleno en cada zona. El paso siguiente será el de localizar la cota topográfica de todo material consistente, o lo que es lo mismo, la cota del material competente, el cual debe ser capaz de presentar los parámetros geotécnicos necesarios para su uso en edificación

Para el desarrollo de este plano hemos utilizado un esquema muy similar al empleado para la

realización del Plano de Espesor de Material de Relleno, la variación más significativa que se ha introducido ha sido que se ha tenido en cuenta la cota topográfica y la profundidad de afloramiento del material competente en los diferentes reconocimientos, para obtener la cota de afloramiento de estos, y mediante la aplicación de los modelos matemáticos anteriormente mencionados, hemos realizado un laborioso análisis de los diversos parámetros empleados.

En el Plano de Cota Topográfica del Material Competente queda definido por la distribución de distintas curvas de nivel las cuales, podríamos decir, presentan un significado especial. Las curvas de nivel representan la cota topográfica a la que se encuentra el material competente.

Para una mejor visualización de la zona en base a este plano, se ha generado la superficie tridimensional, que se muestra en la figura 9, que formaría el contacto entre el material competente y el material de relleno. La vista isométrica de esta superficie se adjunta a continuación sobrepuesta al propio Plano de Cota Topográfica del Material Competente.

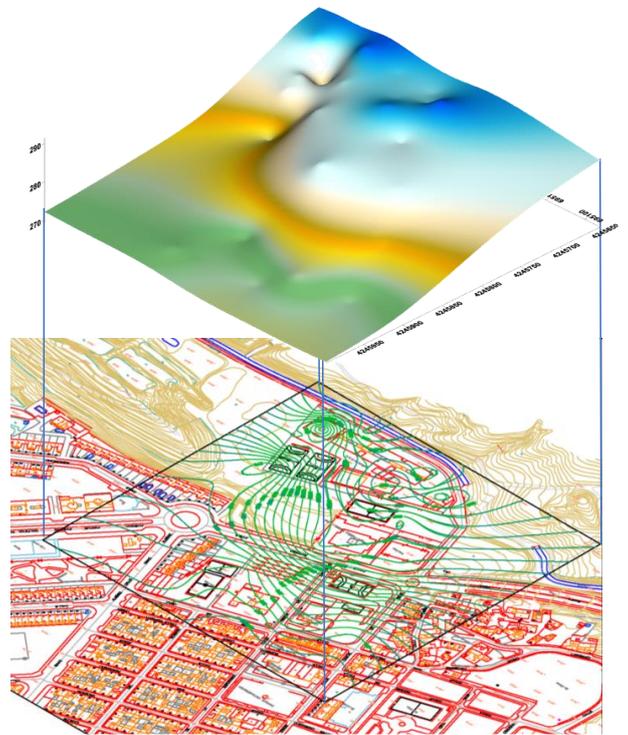


Figura N°9.- Superficie tridimensional del techo del Material Competente.

8. ANÁLISIS PATOLÓGICO

Para el análisis de un problema constructivo debemos conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado. Este conjunto de actuaciones es el que conforma el proceso de patología a analizar y se agrupa de un modo secuencial.

En dicha secuencia temporal del proceso de cualquier patología se distinguen tres partes claramente diferenciadas: el origen, la evolución y el resultado final. Para el estudio y análisis del proceso patológico ha de realizarse la secuencia al inverso, es decir, empezar por observar las lesiones, después el síntoma para llegar a posteriori a determinar el origen de las mismas.

En nuestro caso, se comenzó el estudio patológico realizando un análisis de la documentación obtenida con objeto de conocer en detalle las características de la edificación.

Posteriormente, el personal de CEMOSA se desplazó a obra para realizar inspecciones visuales con objeto de identificar los daños y lesiones que presenta la edificación objeto de estudio, realizando un levantamiento de los mismos de forma que, en una fase posterior y una vez recopilados todos los datos de daños así como los referentes a tipología y características estructurales, se puedan establecer de forma inequívoca las causas que han originado los daños y patologías existentes en diferentes zonas y elementos del inmueble.

Durante los trabajos, se realizó el seguimiento de los daños por movimientos y basculamiento de bloques estructurales, que se denota en las juntas de dilatación entre módulos. Para ello se dispuso un clinómetro y seis fisurómetros bidimensionales. De esta forma se consigue tener un seguimiento real de la actividad patológica o si por el contrario ésta misma se encuentra estabilizada.

En cinco de los fisurómetros instalados, se pudo observar un movimiento de apertura en sentido

horizontal y desplazamiento en eje vertical de las juntas de dilatación instrumentalizadas, en el fisurómetro restante, instalado en fisura en unión entre fábrica de ladrillo y pilar, se observa pequeño movimiento de esta considerado despreciable.

El clinómetro mostró una evolución del movimiento de basculación de uno de los módulos estructurales.

Por tanto, a la vista de estos resultados, se pudo concluir que el proceso patológico no se encontraba estabilizado.

Los edificios presentaban los siguientes daños

- Apertura de las juntas de dilatación y movimientos relativos entre módulos estructurales contiguos.
- Fisuras de tipo vertical, inclinado y horizontal tanto en elementos de cerramiento como en elementos estructurales de hormigón armado.
- Descuadre generalizado de ventanas y puertas.
- Daños por fisuras en tabiquería interior y desprendimientos localizados de alicatados.

El análisis de los daños juntamente con el estudio de las características de la cimentación proyectada y ejecutada y del terreno existente bajo la misma, indica de forma inequívoca como origen del proceso patológico el asiento de la cimentación con carácter diferencial entre los módulos estructurales.

9. CONJUNCIÓN DE LOS DIFERENTES ANÁLISIS

Tras la realización de los diferentes análisis se descartó que la hidrogeología, así como problemas asociados al terreno consistente, pudiesen tener una incidencia a tener en cuenta en el desarrollo del proceso patológico.

Por otra parte, se pudo comprobar la existencia de rellenos de naturaleza antrópica de consistencia o compacidad reducida. En cualquier caso, debe considerarse que desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asientos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.

El espesor de estos rellenos fue muy variable, asociado principalmente al nivelado de los paleocauces existentes hasta 1993 y que en el análisis geoestadístico se pudo comprobar, que la ubicación coincidía perfectamente con la morfología pretérita, como se aprecia en la figura 10.

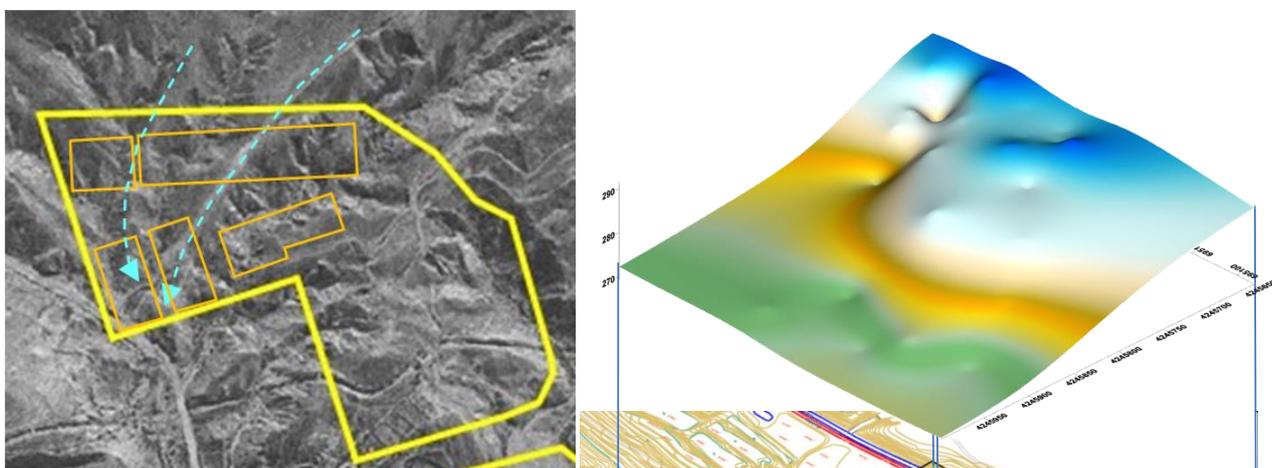


Figura N°10.- Imagen de los paleocauces detectados en el análisis de la evolución geomorfológica y el análisis geoestadístico de los rellenos antrópicos.

El origen de los daños presentes en las edificaciones también coincide en naturaleza y ubicación con la presencia de rellenos de naturaleza antrópica de espesor variable y con mayor potencia en las zonas al este del I.E.S. Villa de Aspe, la zona en la que se ubicaban los paleocauces rellenos.

Como se puede apreciar en la figura 10, la zona de mayor concentración de relleno, al ser la que una menor cota topográfica presentaba en su origen es sobre la que se ubican actualmente las pistas deportivas y que presentan un desarrollo de la patología que, como se puede observar en la figura 11, imposibilita su uso.



Figura N°11.- Estado de las pistas deportivas.

10. ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y RECOMENDACIONES PARA NUEVAS INSTALACIONES EN LA ZONA

Tras la diagnosis del origen de la patología del existente, se procedió a realizar un plano de riesgos, que se incluye en la figura 12, que pueda servir de referencia para la planificación de actuaciones que se pretendan realizar en la zona.

En el contexto propio de este trabajo y definido por el área ocupada por los centros educativos los riesgos geológicos y geotécnicos son los siguientes:

- Existencia de rellenos de naturaleza antrópica de consistencia o compacidad reducida. En cualquier caso, debe considerarse que desde un punto de vista mecánico-geotécnico, este material se caracteriza por presentar bajo e irregular grado de compacidad, siendo imprevisibles los asentamientos que se pueden producir. Por tal motivo, no lo consideramos apto para cimentar directamente sobre él.
- Zonas con accidentes tectónicos y más concretamente fracturas de tipo normal, que se detectaron en una pequeña área en la parte sureste de la zona de estudio. Estas zonas suelen ser comprometidas por la existencia de materiales muy alterados y fracturados.

En función de esos riesgos se ha realizado un plano donde se indica la “peligrosidad” geológica-geotécnica de los materiales existentes y sus condicionantes. De esa manera, se han zonificado cuatro grupos de gravedad de riesgos siguiendo una clasificación gráfica de tipo semafórica. Es importante referir que los límites entre zonas no deben ser entendidos como contactos “fronterizos” sino como una zona transicional de anchura desconocida e interpretable.

En un primer lugar y tras haber elegido el modelo geotécnico a llevar a cabo, describiremos aquellas zonas del terreno que consideramos de buena calidad para la cimentación.

Seguidamente y en función de las profundidades a las que se encuentre el material competente, estableceremos posibles tipos de cimentación.

En este punto haremos mención a la importante relación que existe entre ambos planos, ya que el Plano Litológico nos permite reconocer los “materiales tipo” y nos facilita el entendimiento que nos ocupa.

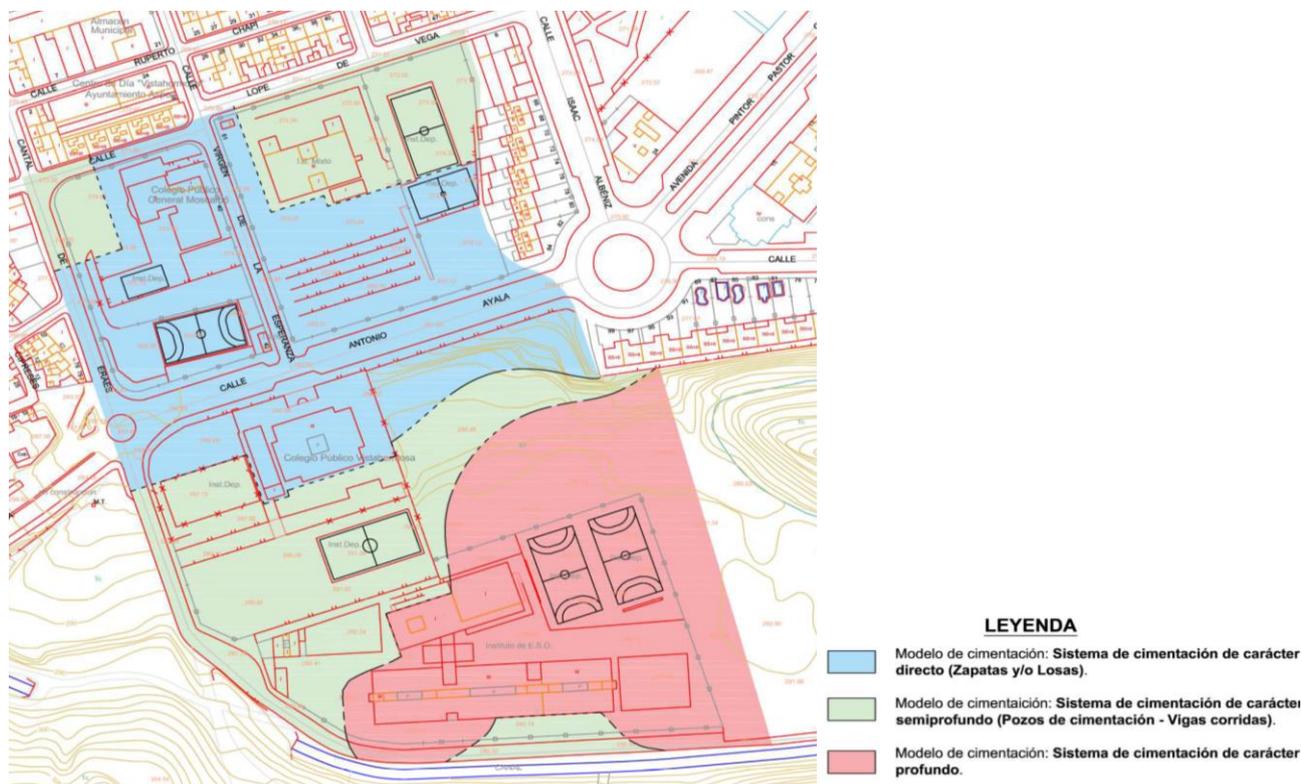


Figura N°13.- Condiciones referentes a los modelos de cimentación establecidos.

11. CONCLUSIONES

La realización de forma independiente de los diferentes análisis realizados, permiten validar con garantías un modelo, en aquellos casos en los que las conclusiones coincidan, al tener la certeza de que no ha existido el condicionamiento entre los análisis realizados.

Esta validación en el diagnóstico de un proceso patológico dotará de un punto de partida con unas garantías suficientes a las acciones correctoras que se propongan sean para su solución definitiva o para mitigar el desarrollo de este proceso.

En el caso que nos ocupa, permitió definir el origen en el paquete de rellenos de naturaleza antrópica vertidos durante la nivelación de la zona, y que presenta dos condicionantes básicos para la patología, los asientos asociados a la consolidación de estos, así como inestabilidades localizadas en las zonas de mayor pendiente, que si bien no tienen una magnitud suficiente para poner en riesgo las zonas aledañas, si que descomprimen el terreno sobre ellos pudiendo aumentar la envergadura de los daños en las edificaciones y pistas.

No obstante, la solución para ambas situaciones pasa por recalzar las cimentaciones existentes,

de forma que queden soportadas por el terreno consistente detectado bajo los rellenos antrópicos.

Del análisis de la actuación de recalce y mejora realizada previamente en el I.E.S. Villa de Aspe, pudimos deducir, que en cuanto al recalce no alcanzó el terreno competente referido, al menos en todas las zonas y que la mejora mediante columnas de módulo controlado no fue suficiente en cuanto a la profundidad alcanzada ni en cuanto a la densidad de las columnas.

Los planos aportados de Zonificación de Riesgos Geológicos y Geotécnicos y de Condiciones de Cimentación, si bien los límites entre sus zonas no deben ser entendidos como contactos “fronterizos” sino como una zona transicional de anchura desconocida e interpretable, permiten definir de una forma sencilla las actuaciones para nuevas construcciones, así como los modelos de recalce de las cimentaciones actuales.