

EL SUELO COMO SOPORTE DE INFRAESTRUCTURAS.

Ramón de los Santos Alfonso.

Murcia. Marzo 2.011.

Introducción.-

El suelo es un cuerpo natural, no consolidado, compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se caracteriza por tener horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad y que actúa como soporte físico de infraestructura por sus características físicas, químicas y mecánicas, pudiendo desarrollarse actividades forestales, recreativas y agropecuarias, además de actividades socio-económicas como soporte de construcción: vivienda, industria, carreteras, balsas, presas, etc.

El suelo es una mezcla compleja de materiales inorgánicos (fracción mineral, formada principalmente de arcillas, limo y arena), materia orgánica, agua/aire y organismos vivos. A continuación se describe brevemente cada una de estas fracciones (Sposito 1989, Miller 1994).

Composición del suelo:

Los componentes de fracciones minerales constituyen la mayor parte de la estructura de un suelo. En orden de abundancia, los elementos más comúnmente encontrados en los minerales son: $O > Si > Al > Fe > C > Ca > K > Na > Mg > Ti$. Los minerales se dividen en primarios y secundarios; los primeros se encuentran constituidos principalmente por O y Si y forman silicatos de estructuras Si-O (grava y arena). Los minerales secundarios, provenientes de procesos de disolución y precipitación, son de suma importancia debido a su superficie de reacción, y a que sirven como depósitos de agua, nutrientes y materia orgánica, lo que le confiere la parte activa de un suelo (arcillas).

Clasificación y Composición del suelo:

Los suelos se clasifican, en función a su tamaño de partícula, en cuatro principales componentes: arcilla (tamaño de partícula menor a 0.002 mm), limo (0.002-0.05 mm), arena (0.05-2 mm) y grava (partículas mayores a 2 mm). Las cantidades relativas de cada tipo de partícula mineral determinan la textura de un suelo y tienen un impacto directo sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Miller 1994, Van Deuren et al. 2002).

Elementos desestabilizadores:

Naturales: Dependen de las características de su naturaleza, de su formación litológica del sustrato de origen, normalmente de origen sedimentario, de su altitud, donde actúan agentes erosivos de factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad, etc).

Complejas: Son agravadas y aceleradas por actuaciones sobre el terreno por la acción del hombre, como son explotaciones inadecuadas (forestal, agraria, minera, etc) infraestructuras (urbanizaciones, carreteras, etc).

Erosión: Puede ser por causas hidricas, eólicas y/o antrópicas. Sus manifestaciones son de forma laminar, surcos, cárcavas, colapsos, barranqueras, deslizamientos de masas en forma de reptación, rotacional, trasnacional, etc.

Tipos de deslizamientos de laderas gravitatorios.-

Rotación.- Movimientos del terreno desde la coronación y se desplazan en planos curvos apoyados en forma de lonchas.

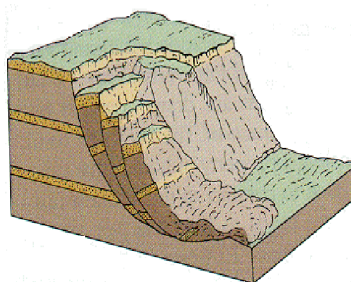


Fig nº 1.

Traslación.- Laderas suaves donde se realizan hundimientos paralelos empezando por las partes bajas.

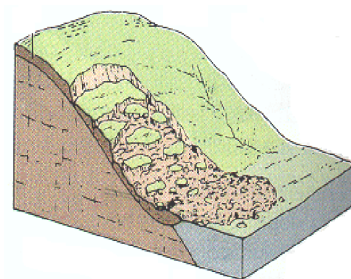


Fig nº 2.

Aceleración del proceso erosivo:

Normalmente, es el agua el principal acelerante en la manifestación rápida del proceso del deslizamiento de laderas, normalmente producidos por alteraciones del medio natural, donde actúa una fuente de humedad permanente.

Estado ruinoso de apartamentos en Ibiza, urbanización Sa Caixota, Vista Alegre de Sant Josep. Circulo rojo de la siguiente imagen tomada del Google.



Fig nº 3.

Podemos observar que la citada urbanización se localiza en un terreno con un relieve muy fragmentado, erosionado.



Fig nº 4.

La naturaleza del suelo, parece ser de composiciones de margas. La definición de Wikipedia: "Se denomina **marga** a un tipo de roca sedimentaria compuesta principalmente de caliza y arcilla, con predominio, por lo general, de la caliza, lo que le confiere un color blanquecino con tonos que pueden variar bastante".



Fig nº 5.

En la figura 5, se puede observar en el círculo rojo, una parte de la rotura de un canal hormigonado para evacuación de lluvias, así como una tubería azul de PVC, todo ello por delante de la urbanización. Se puede observar además como en la figura 5, en la zona del círculo rojo, existe un escarpe en el terreno, donde parece presagiar el proceso de la rotura de dicha canal, con la aceleración de la zona colapsada y el deslizamiento del terreno que se encuentra con declive, según se puede observar en la siguiente figura nº 6. En ella se aprecia la colocación de escolleras a los pies de la urbanización, con el propósito de dar estabilidad al conjunto del edificio, aunque más abajo se han producido deslizamiento en las terrazas inferiores.



Fig nº 6.

En otra situación, se producen deslizamientos de laderas en aquellos terrenos que son añadidos y condicionan antiguos vertientes, como el ocurrido en Carmona, en noviembre del 2.010, en el paraje denominado Albollón, Fig nº 7 y 8, cuya palabra deriva del latín "alveolus", cuyo significado es "desagüe de corrales, de aguas sucias" y donde el agua de lluvia que aconteció en esos días, fue percolando en

ellos, produciendo un embolsamiento que al romper al exterior, incidió en el arrastre del terreno.



Fig nº 7.

Hay que precisar, que la tierra deslizada es la añadida sobre un terreno rocoso, conocido como "albero", cuya composición abundante es la caliza y que mediante el objetivo de dotar de aparcamientos a la zona antigua, se construyó una plataforma en terraplén, en los inicios de la cuenca de vertidos señalados.



Fig nº 8.

Otras de las urbanizaciones que se encuentra con graves problemas por deslizamiento de laderas de terrenos, es la Verbena en la población de Arcos de la Frontera. Noticias 9 de Marzo 2.011, en Diario Cádiz: "Esta localidad serrana sufre **desde hace un año** una serie de desplazamientos del terreno provocados por su composición arcillosa y la acumulación de aguas subterráneas en una zona concreta, que necesita de intervenciones para frenar los continuos corrimientos, que ya son, para muchos, una pesadilla con la que tienen que lidiar día tras día. Una situación que **se agravó con el último temporal de lluvia del pasado año**".

Desde mi opinión y desde el punto de vista de un aprendizaje y en un medio libre, responsable y como técnico, me llevó a interesarme este asunto y realicé la siguiente investigación desde lejos, desde internet:

Durante el periodo que va de su construcción que es a partir del año 2.001 hasta el 2.009, no existen problemas de deslizamiento de la urbanización, organizada en una colina, siendo a partir del 2.010, cuando comienzan los problemas (un año, como dice el periódico).

Observé que coincide con el recorrido que hace por la calle la verbena, las tomas de visión de Google en 2009, posiblemente en el otoño, y donde se aprecian dos hundimientos transversales frente a una calle "alzada" que posee jardines de arbolado y césped, posiblemente regado por el verdor que presentan y como se observa a continuación:



Fig nº 9

En la secuencia del recorrido que hace Google, no existe más arriba de la calle, alteraciones en el asfalto. Obsérvese en la figura de arriba, nº 9, las rajas del asfaltos que son perpendiculares a la calle y que al mismo tiempo están inclinadas, donde coincide con dos registros de alcantarilla en ambos lados de la calle.

La calle con jardines del anuncio del arquitecto, se puede observar en la ortofoto de infrarrojos del 2004, donde los jardines están de rojo, así como la concentración de las escorrentías producidas por el agua de lluvia en los terrenos colindantes de la urbanización, erosionados. Más adelante, posee una sección de una cuenca identificada como arroyo, adonde no llegan las escorrentías de lluvias, que van paralelas, posiblemente por

modificaciones en el terreno.



Fig nº 10

Siguiendo el recorrido de visión de Google, calle abajo, existen pequeñas grietas de asfaltos que corren paralelas al bordillo del paseo (pintadas de azul), grietas de poco espesor, pero que en general, no están repercutiendo en gran medida en el asfalto como se observa en la siguiente figura nº 11, así como la conducción de pluviales, pintada en color rojo.

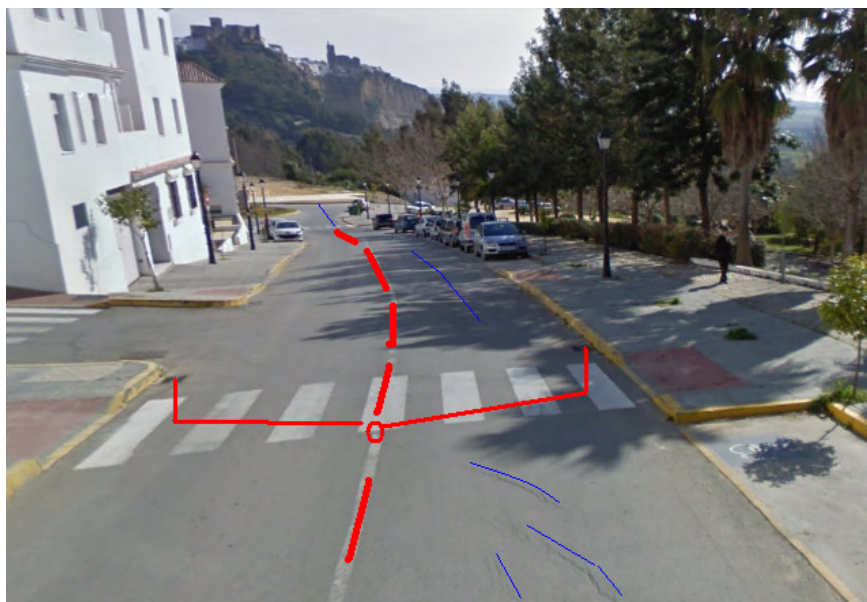


Fig nº 11

El alcantarillado de la calle, parece ser, se encuentra en el centro, según se observan las tapas de registros y tomaría el agua de las arquetas de alcantarillas, conforme se dibuja en rojo en la figura 11.

Parece que la calle posee dos pendientes, una de mayor inclinación en el sentido longitudinal y otra más pequeña, en sentido transversal, hacia las casas. Obsérvese que las rajaduras están más cercanas a la acera de la zona de jardines.

En la parte más baja de la calle, las grietas del asfalto cambian (pintados en azul), conforme se muestra a continuación en la figura 12:

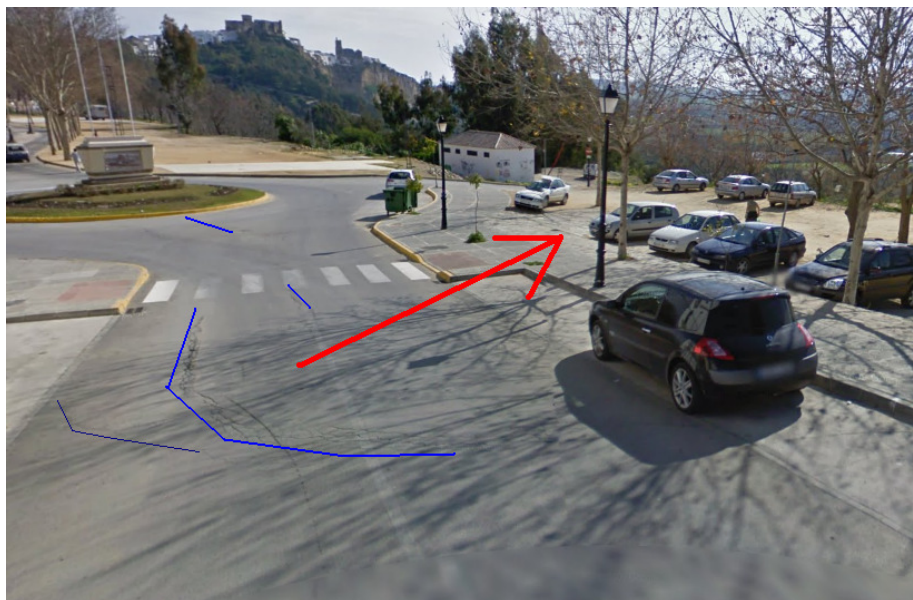


Fig nº 12.

Esto indica que el agua subterránea que corre junto al tubo, tiene un cambio de tendencia (flecha roja) y es más importante la derivación por la acción de la gravedad, de caída, que la cantidad de agua que sigue acompañando la tubería hasta el centro de la rotonda.

Desde mi opinión, todo se debe a riegos de jardines y percolación de aguas de lluvia sobre dichos terrenos o una fuga de tubería de los riegos y que se encuentra enfrente o cruza la calle, según la figura 9, al aparecer los problemas en el 2.009, donde la fuga de poca importancia posee un caudal continuo, que va “trabajando” el suelo, y que probablemente, produce ¿roturas? en la tubería de pluviales, agravando los problemas.

En conclusión, según mi hipótesis, las zonas ajardinadas de la figura 13, con el nº 1 y 2, habrían sido receptora de agua de caudales continuos y mediante drenaje, habrían producido daños en la tubería de pluviales (nº 3) y una vez se producen ¿roturas? en dicha tubería, cuando llueve, las fugas de dicha tubería pasan al terreno y acompañan la tubería (nº 3), con tendencia hacia planos inferiores hasta localizar el drenaje natural del terreno (nº 4). Todo esto se ve agravado en los días de lluvias, no sólo por el agua canalizada en los tubos y con ¿fallos? de la tubería, sino por la penetración también del agua de lluvia en jardines, el que corre por el asfalto y que penetra en las rajaduras, originando una erosión interna del terreno horadado por la corriente del agua, donde por migraciones del terreno se producen socavones y hundimientos continuos que repercuten en la infraestructura, en un terreno además de arcillas, produciendo daños en los edificios colindantes a la calle, primeros los inferiores y sucesivamente, los superiores (nº 5).



Fig nº 13

En general, la presencia de humedad en urbanizaciones asentadas en terrenos con riesgo desestabilizante, donde una concentración de aguas de lluvia, fuga de aguas debido a fallos de las instalaciones, aceleran que en esos terrenos de composición de elementos finos, con o sin plasticidad, den finalmente un resultado de movimientos tendentes a la apertura del proceso erosivo, produciendo deficiencia en las estructuras que soportan.

Si consideramos una balsa de riego, donde la mayor parte del tiempo se encuentra conteniendo una masa de agua y que de ésta infraestructura en teoría estanca, existen situaciones de algún porcentaje de fugas *difusas* en las soldaduras efectuadas, en las entregas de lámina en obras de fábrica, en la entrega de la geomembrana con piezas, tuberías, etc., donde pasado unos límites de cantidad y espacio en el tiempo, pueden ocasionar el colapso de dicha estructura debido al cambio que experimenta el suelo al transformarse su estructura con la presencia de la humedad.

Tenemos por ejemplo la siguiente balsa. Fig nº 14.



Fig nº 14.

Donde una serie de fallos de soldaduras de PE, mal efectuados y ejecutados, produjo la fuga de agua a través de las mismas, concentrando la humedad en la toma de salida, produciendo una rotura en trinchera del dique, rotura de la balsa que fue inmediata a su puesta en carga y donde la naturaleza del terreno, formado por margas calizas, produjo el resultado de su rotura.



Fig nº 15.

La rotura de la balsa se organizó de noche, de manera rápida, mediante la apertura de una trinchera, Fig nº 14 y 15. El proceso comenzó con acumulación del agua en el punto más bajo de la solera, coincidente con la toma de salida, no disponía de drenaje que hubiese aliviado la presión de la acumulación del agua procedente de fugas de la balsa. Por la zona de contacto de la tubería de salida, el agua consiguió

salir al exterior, produciendo canalización tubular, donde migraban partículas sólidas del suelo, produciendo alrededor de la toma de salida, un vacío que mediante el peso del agua, terminó rompiendo la geomembrana y produciendo el escape de todo el volumen embalsado.



Fig nº 16.

En la figura nº 16, se aprecian los restos de geomembrana que acompaña la brida, con las deformaciones de los restos, donde se puede apreciar que los bordes de la superficie están deformados, estirados, debido a la tracción soportadas hasta producir el desgarró de la geomembrana.

Conclusión: Existen suelos, como son las margas, yesos, arcillosos, etc., que en presencia y contacto permanente del agua, producen en la composición de sus estructuras, cambios tendentes a la desestabilización del suelo en caso de inclinaciones, produciendo daños en las construcciones que soportan y de ahí la importancia de un análisis que eviten fugas en conducciones y depósitos, con posibilidades de controlarlas mediante sistemas que eviten y/o permitan la evacuación de aguas por debajo de las construcciones, para que no actúen en la desestabilización del soporte.