

anter

ASOCIACIÓN NACIONAL TÉCNICA
DE ESTABILIZADOS DE SUELOS
Y RECICLADO DE FIRMES

GUÍA DE SOLUCIONES

Para obras de
estabilización de suelos,
ejecución de suelo-cemento insitu
y reciclado de firmes

- 0.** PRÓLOGO
- 1.** INTRODUCCIÓN Y OBJETO
- 2.** TABLAS RESUMEN
- 3.** FICHAS CON PROBLEMAS DURANTE LOS ESTUDIOS PREVIOS
- 4.** FICHAS CON PROBLEMAS DURANTE LA EJECUCIÓN
- 5.** FICHAS CON PROBLEMAS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE CONTROL
- 6.** FICHAS CON PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN
- 7.** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

COMITÉ DE REDACCIÓN:

Miguel López-Bachiller Fernández (Presidente de ANTER)

Diego Parejo Vadillo (Vicepresidente de ANTER)

Angel Sampedor Rodríguez (Dtor. Ingeniería de Carreteras U. Alfonso X El Sabio)

Jesús Díaz Minguela (Director Zona Noroeste IECA)

Han colaborado en la redacción de esta Guía todos los asociados de ANTER, a través de sus representantes en la Asamblea General, Junta Directiva y Grupos de Trabajo.

Constituye para mí un honor redactar el Prólogo a la “Guía de Soluciones para Obras de Estabilizaciones de Suelos, Ejecución de Suelo-Cemento in situ y Reciclado de Firmes”, por lo que deseo expresar mi profundo agradecimiento a ANTER, por su ofrecimiento.

Las unidades de obra a las que se dedica esta Guía de Soluciones, han sido para mí objeto de estudio y preocupación desde hace muchos años, especialmente desde la responsabilidad de la gestión de una red de carreteras, la más extensa de España.

El convencimiento de la necesidad de optimización de los recursos públicos, para sacar el máximo rendimiento de los mismos, utilizando la solución idónea para cada problema, nos llevó a la publicación en el año 1996, de unas “Recomendaciones de Proyecto y Construcción de Firmes y Pavimentos en Castilla y León”,

Si la redefinición de las secciones con base de suelocemento, fue una de las novedades de esas Recomendaciones, probablemente el aspecto más innovador lo constituyó entonces, un planteamiento más exigente para la formación de las explanadas, fomentando, frente a soluciones de grandes espesores, otras alternativas con suelos estabilizados.

La segunda edición de esas Recomendaciones, editada el año 2004, incluyó y desarrolló el reciclado de firmes.

La estabilización de suelos, el suelocemento y el reciclado de firmes, en particular con cemento, vienen constituyendo desde esos años, unidades de obra habituales en la mayoría de los proyectos, de la Red Regional de carreteras pues añaden a su competencia estructural innegables ventajas medioambientales, haciendo de la sostenibilidad, no un principio teórico, sino una realidad.

Durante estos últimos años, ha sido importante el crecimiento del parque de maquinaria especializada para la ejecución de estas unidades de obra, que no obstante tienen cierto componente “artesanal”, por lo que una guía como esta será, sin duda, una herramienta imprescindible para todo tipo de técnicos involucrados en su proyecto y construcción.

Las experiencias en la materia del brillante equipo de redactores de la Guía, avalan su calidad.

En Valladolid, a 15 de Junio de 2010.

Luís Alberto Solís Villa
Director General de Carreteras e Infraestructuras
Junta de Castilla y León

La Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclados de Firmes (ANTER) tiene entre sus objetivos el de fomentar el uso y la mejora de las técnicas de estabilización de suelos y reciclado de firmes así como velar por su correcta aplicación.

La redacción de esta Guía de Soluciones tiene por objeto ayudar a resolver los problemas que surgen en todas las obras viarias y evitar puntos débiles en la estructura del firme que provoquen una clara reducción de la vida útil del mismo. También pretende servir de ayuda técnica a todos los profesionales que se inician, desarrollan o intervienen en las citadas unidades de obra.

Aunque estas técnicas llevan aplicándose en España desde hace más de 30 años, su desarrollo tal como se conoce hoy en día, ha tenido lugar desde mediados de los años noventa.

Las razones de este crecimiento han sido múltiples y variadas: la gran inversión en infraestructuras, las mayores exigencias de calidad y sostenibilidad que empezaron a aplicarse sobre las obras de ingeniería civil, el desarrollo de modernos equipos para su ejecución, las mejoras cualitativas logradas en conglomerantes y ligantes y, sobre todo, el desarrollo de la normativa referente a carreteras, tanto a nivel nacional como autonómico, abarcando cada vez en mayor medida estas técnicas.

Aunque el principal campo de aplicación de dichas técnicas ha sido la construcción y rehabilitación de carreteras, este se ha ido ampliando cada vez más por sus ventajas a otro tipo de obras, como urbanizaciones, aeropuertos, ferrocarriles o puertos.

La experiencia en este tipo de unidades, como en el resto de las técnicas de construcción, muestra que hay una serie de problemas y patologías comunes que aparecen de forma reiterada.

El objeto de esta Guía es el de ofrecer de forma sencilla y práctica las pautas a seguir cuando surge algún problema en una obra de estabilización de suelos o reciclado de firmes: primero, ayudando a identificar el problema, segundo, planteando sus posibles causas y, tercero y más importante, estableciendo la mejor forma de solucionar dicho problema.

No obstante, esta Guía persigue un objetivo mucho más ambicioso, como es el exponer una amplia colección de posibles errores y problemas que pueden surgir en este tipo de obras para que los técnicos involucrados establezcan las medidas oportunas que eviten su aparición.

La mejor forma de evitar los problemas es su prevención, y para ello, nada mejor que construir con buen oficio desde el principio. Es necesario realizar un adecuado estudio de los materiales a estabilizar o reciclar, respetar las dosificaciones mínimas necesarias de conglomerante o ligante para alcanzar los objetivos buscados, trabajar con los equipos y profesionales adecuados, y controlar en todo momento la calidad de las obras realizadas y la seguridad de los trabajadores, respetando siempre el entorno en el que se está trabajando.

Como complemento a esta Guía, se remite al lector a profundizar en todos estos aspectos en documentos muchos más amplios como el MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO O CAL, editado por las asociaciones ANTER, ANCADE e IECA, y que puede descargarse directamente de su página web (www.anter.es), el MANUAL DE FIRMES CON CAPAS TRATADAS CON CEMENTO, editado por el CEDEX e IECA, y por supuesto, a la normativa vigente, tanto a la editada por el Ministerio de Fomento, como por las distintas Comunidades Autónomas y otras Administraciones.

En este documento se ha intentado recoger la amplia experiencia de todas las empresas y personas que, bajo el paraguas de la asociación ANTER, llevan muchos años participando de forma activa en el estudio, ejecución y control de estos tipos de obras.

Las obras a las que se refiere esta guía son las siguientes:

- **Tratamientos de mejora de suelos y otros materiales (ej. residuos) para su reutilización en la construcción de rellenos.**
- **Tratamientos de secado o descongelación de suelos y capas de firme para permitir su compactación y terminación.**
- **Estabilizaciones de suelos a emplear en la coronación de rellenos y fondos de desmonte para la formación de explanadas (S-EST1, S-EST2 y S-EST3).**
- **Suelocemento in situ para capa de firmes.**
- **Reciclado de firmes in situ en frío, con cemento o emulsión bituminosa.**

Esta Guía de Soluciones para obras de Estabilización de Suelos, Ejecución de Suelocemento In Situ y Reciclado de Firmes está planteada de tal forma que se definen los distintos problemas y sus soluciones en función de las diferentes Fases en las que pueden presentarse. Estas son:

1. Problemas durante los estudios previos
2. Problemas durante la ejecución
3. Problemas con los resultados obtenidos en los ensayos de control
4. Problemas tras la finalización de la ejecución

Como podrá apreciarse, muchos problemas son comunes a varias fases y, como tales, aparecerán en cada una de ellas, con las soluciones correspondientes.

En el siguiente capítulo, el lector encontrará unas Tablas Resumen, donde podrá buscar el problema o los problemas que se le hayan presentado para que, a modo de “Tablas Llave”, pueda ver la numeración de las Fichas que son de su interés, y así poder buscarlas directamente.

A continuación se encuentran las Fichas que corresponden a las distintas fases antes citadas, en las que, de forma individual, se describe el problema, se analizan sus posibles causas, se establecen indicaciones para realizar los análisis complementarios que permitan confirmar la identidad del problema y, por último, se definen las soluciones que permitirán resolver el problema inicial y lograr los objetivos buscados.

Para finalizar, el último capítulo de la presente Guía establece unas Conclusiones y Recomendaciones con criterios prácticos basados también en la experiencia de los autores, que pretenden mentalizar al lector de la importancia que tiene la correcta realización de estas unidades de obra que quedan aparentemente ocultas bajo otras capas superiores, para prevenir problemas y evitar los llamados costes de “no calidad”. Estos costes, que se deben asumir para su resolución, abarcan en muchas ocasiones a otras capas de firme mucho más costosas.

Sea pues esta Guía, desarrollada con un criterio positivo, un listado de problemas que pueden surgir en cualquier estabilización de suelos o reciclado de firmes y sus posibles soluciones, pero sobretodo, sea un catálogo de posibles errores, que por su conocimiento, nunca llegarán a suceder.

1. PROBLEMAS DURANTE LOS ESTUDIOS PREVIOS

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
1.01 Las características del material son muy variables (especialmente contenido de finos y/o plasticidad).	a) El suelo disponible es muy heterogéneo, por lo que dará problemas durante la ejecución.
1.02 Los ensayos previos no parecen representativos de lo que hay en obra.	a) Muestras tomadas antes de iniciar la explotación del préstamo. b) Muestras tomadas en superficie y el desmonte/ préstamo se excava en profundidad. c) El material tiene muchos gruesos y en los ensayos se limita el tamaño máximo, rechazando los gruesos.
1.03 Las características granulométricas del suelo no se ajustan a las prescripciones existentes.	a) Granulometría discontinua o fuera de huso del suelo de partida. b) Exceso de elementos gruesos no tratables.
1.04 Incertidumbre en la elección del conglomerante adecuado.	a) Desconocimiento en la forma de actuar cada tipo de conglomerante. b) en la frontera de plasticidad y granulometría que impiden ver de forma clara, a priori, cuál es el conglomerante adecuado.
1.05 El cemento no actúa según lo esperado.	a) El conglomerante elegido no es el adecuado. b) La humedad de mezcla es excesiva. c) El suelo es excesivamente plástico. d) El suelo tiene muchos finos. e) Los ensayos no se han realizado de forma correcta. f) El cemento no tiene la calidad esperada o no es del tipo y la clase resistente apropiada. g) Presencia de sulfatos u otras sustancias por encima de los valores admitidos por las normativas.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
1.06 La cal no actúa según lo esperado).	a) El conglomerante elegido no es el adecuado. b) La humedad de mezcla es excesiva (especialmente cal apagada). c) El suelo es poco plástico. d) El suelo es granular (pocos finos). e) El suelo contiene carbonatos. f) Los ensayos no se han realizado de forma correcta. g) Se esta empleando cal apagada para secar. h) La cal no tiene la calidad necesaria.
1.07 Detección de porcentajes elevados de sulfatos solubles ($\geq 1\%$).	a) Presencia de capas con sulfatos solubles.

2. PROBLEMAS DURANTE LA EJECUCIÓN	
PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
2.01 La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.	a) Acumulación de agua en zonas de la traza. b) La cantidad de finos es muy variable y estos retienen más humedad en algunas zonas del suelo.
2.02 La humedad del material es excesiva, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.	a) El exceso de finos del suelo retiene la humedad de lluvia de días anteriores. b) El material está excesivamente húmedo en todo el tramo por tener que trabajar durante o después de un periodo de lluvias. c) Trabajar por vía húmeda cuando las condiciones del material no lo permiten. d) Aparición de manantiales en la traza. e) Estar trabajando por debajo del nivel freático. f) Los equipos de compactación hacen subir el agua desde las capas inferiores.
2.03 El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.	a) La capa no se ha regado o no se le incorpora agua suficiente. b) La capa está muy compactada y aunque se riega, el agua no penetra. c) La actuación del conglomerante seca excesivamente el material. d) Error en los equipos: el dosificador de lechada no aporta la cantidad de agua necesaria, los inyectores no se encuentran en buen estado de uso, etc. e) La labor de los equipos de nivelación y compactación provoca la desecación superficial de los materiales.
2.04 El material presenta partículas de tamaño excesivo que hace inviable la ejecución (bolos).	a) Existencia de bolos y gruesos de tamaño excesivo que dañan los equipos de mezclado, provocan averías.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
2.05 Hay que trabajar en días de viento y este afecta al conglomerante dosificado en polvo.	a) Existencia de viento.
2.06 No se logran las mejoras buscadas en la estabilización con cal.	a) No se corrige adecuadamente la plasticidad del material al añadir la cal. b) No se reduce la humedad del material todo lo esperado.
2.07 Irregularidades en el producto final.	a) Problemas de dosificación (reparto irregular de los dosificadores en polvo o de los inyectores de lechada). b) Excesivo desgaste de las picas que se traduce en mal mezclado. c) Mal mezclado por excesiva velocidad de avance. d) Demasiados gruesos en el suelo. Material de granulometría muy irregular. e) Espesor excesivo de la capa trabajada que dificulta el mezclado y la compactación. f) Espesor de mezclado incompleto, sin llegar a la totalidad de la capa. g) En reciclados, aparición de "tortas" de aglomerado.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
2.08 Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.	a) Mala rasante previa del terreno existente. b) Excesivo movimiento del material con la motoniveladora. c) Problemas con la compactación. d) Introducción de tráfico antes de los plazos indicados en la normativa. e) Errores en las referencias topográficas.
2.09 Aparición de fisuras superficiales finas, cortas y en gran número.	a) Desección superficial por mal curado (suelen aparecer en la dirección del viento).
2.10 Imprevistos con la maquinaria o el personal.	a) Rotura de elementos del equipo. b) Pinchazo de rueda. c) Problemas de seguridad y salud. d) Etc.
2.11 Alteraciones de la capa tratada.	a) Paso del tráfico sobre una capa tratada antes de lo adecuado (el CPI debe ser superior de 65).
2.12 El equipo avanza a velocidad muy reducida (2-3 m/min) o no puede avanzar, rebota y no consigue reciclar – estabilizar el material.	a) Una de las capas está tratada con cemento. b) El material es todo aglomerado. c) La zahorra artificial está cementada con el recebo calizo o tiene elementos muy duros tipo cuarcita.

3. PROBLEMAS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE CONTROL	
PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
3.01 No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables	a) Las características del material del tramo son diferentes a las del empleado en los ensayos previos o se modifican tras el tratamiento b) Los resultados de densidad máxima y humedad óptima del Proctor de referencia no son válidos c) La humedad del material es muy diferente de la óptima del ensayo Proctor d) El equipo de medición in situ (densímetro nuclear) carece de precisión e) Los equipos de compactación no aportan la energía necesaria f) Los equipos de compactación son muy pesados o aportan demasiada energía y rompen el material tratado g) El material no se deja compactar bien (por ejemplo una arena de terraza de río, muy limpia) h) Los equipos de compactación hacen subir el agua de las capas inferiores i) Se está excediendo en el proceso el plazo de trabajabilidad debido a temperaturas altas o problemas en la ejecución (en el caso de cemento)
3.02 No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra	a) Las capas tratadas se apoyan en un terreno de características deficientes b) Las características físicas del material han cambiado o se modifican tras el tratamiento c) Los suelos a estabilizar son muy heterogéneos d) La humedad del material varía mucho respecto a la óptima del ensayo Proctor (con material seco no se obtienen las densidades y si está muy húmedo, se produce “colchoneo”) e) El equipo de medición in situ (densímetro nuclear) carece de precisión f) Los equipos de compactación no aportan la energía necesaria g) Los equipos de compactación son muy pesados o aportan demasiada energía y rompen el material tratado h) Los equipos de compactación hacen subir el agua de las capas inferiores i) Se está excediendo en el proceso el plazo de trabajabilidad debido a temperaturas altas o problemas en la ejecución (en el caso de cemento)

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
3.03 No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.	a) Las características del material son diferentes a las del utilizado en los ensayos previos para definir la fórmula de trabajo. b) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en la fórmula de trabajo (en el ensayo Proctor). c) Las probetas tienen igual densidad que en la fórmula de trabajo pero la resistencia es baja. d) Las probetas no se han fabricado con la humedad suficiente para que reaccione el conglomerante y permitir su adecuada compactación. e) En la realización de los ensayos no se han conservado las probetas adecuadamente.
3.04 No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.	a) Las características del material han cambiado. b) Ha habido un problema en la dosificación del conglomerante. c) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en el resto de la obra. d) Las probetas tienen igual densidad que en el resto de la obra pero la resistencia es baja. e) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en el ensayo Proctor Modificado. f) Las probetas no se han fabricado con la humedad suficiente para que reaccione el conglomerante y permitir su adecuada compactación. g) En la realización de los ensayos no se han conservado las probetas adecuadamente.
3.05 Al finalizar la obra se detecta que las resistencias descienden ligeramente en una zona delimitada de obra	a) Mismas causas que en la ficha 3.04. “no se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra”. Ver esta ficha

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
3.06 No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).	a) Malas resistencias o densidades en ese tramo. b) El conglomerante no cumple con las especificaciones necesarias. c) Demoras en la ejecución que superan los plazos de trabajabilidad. d) Problemas en la capacidad de soporte de las capas inferiores. e) Baja resistencia o capacidad de soporte de la capa tratada. f) Espesor de tratamiento insuficiente. g) Variabilidad de los equipos de medición. h) Variabilidad de la humedad de las capas tratadas e inferiores por problemas de drenaje. i) Realización de los ensayos demasiado pronto. j) Haber permitido el paso de tráfico de forma prematura, especialmente en épocas de lluvia.

4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN	
PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
4.01 Descompactación generalizada del material.	a) Efecto de la helada por no haberse protegido.
4.02 Hinchamientos del material con rotura de las capas superiores.	a) Presencia de sulfatos solubles o sales expansivas en el propio material tratado o procedentes de aguas infiltradas.
4.03 Fallo de terraplenes tratados.	a) Inadecuada estabilización debida a una mala dosificación del conglomerante necesario. b) Empleo de conglomerantes de baja calidad. c) Ejecución defectuosa, empleando maquinaria inapropiada. d) Condiciones de drenaje defectuosas. e) Defectos en la compactación de las capas.
4.04 Fisuras próximas aparecidas en la mezcla bituminosa dispuesta encima, con tramos fatigados prematuramente.	a) Falta de adherencia entre las capas del firme y/o capas tratadas. b) Falta de conglomerante durante la realización del reciclado o suelocemento in situ. c) Suelo excesivamente plástico (que ha limitado la acción del cemento), diferente al de los ensayos previos o fórmula de trabajo. d) Falta de resistencia en las capas inferiores.
4.05 Fisuras transversales finas y rectas aparecidas a distancia constante (4 a 10 m), incluso en alguna ocasión con fisura longitudinal.	a) Exceso de conglomerante en la capa del material tratado con cemento que da lugar a un material de resistencias elevadas.

PROBLEMAS	POSIBLES CAUSAS
4.06 Fisuras longitudinales abiertas.	a) Formación de juntas finas entre bandas por falta de solape. b) Aparición de fisura abierta próxima al borde por descenso del terraplén.
4.07 Fisuras longitudinales y oblicuas en los bordes de la calzada de un reciclado.	a) Contaminación de los bordes con materia orgánica por reciclar mayor anchura de la sección disponible. b) Bandas de reducida densidad y escaso espesor de las capas del firme. c) Baja capacidad de soporte en los bordes de las capas inferiores.
4.08 Aparición de blandones en zonas concretas.	a) Inadecuado tratamiento debido a una mala dosificación del conglomerante necesario, exceso de humedad, escasez de compactación o suelo de otras características. b) Presencia de suelos plásticos con baja capacidad de soporte en zonas inferiores a la capa tratada. c) Condiciones de drenaje defectuosas.

3

1. PROBLEMAS DURANTE LOS ESTUDIOS PREVIOS

FICHA 1.01

PROBLEMA

Las características del material son muy variables (especialmente en el contenido de finos y/o plasticidad)

POSIBLES CAUSAS

a) El suelo disponible es muy heterogéneo, por lo que dará problemas durante la ejecución.

SOLUCIONES

- Acopiar y homogenizar el material todo lo posible y tomar muestras de nuevo.
- Acotar tramos con características homogéneas para tratar de manera diferente cada tramo.
- Dosificar para el peor de los casos (suelo de menor calidad).



FICHA 1.02_{a y b}

PROBLEMA

Los ensayos previos no parecen representativos de lo que hay en obra

POSIBLES CAUSAS

- a) Muestras tomadas antes de iniciar la explotación del préstamo.
- b) Muestras tomadas en superficie y el desmonte/préstamo se excava en profundidad.

SOLUCIONES

- Acopiar el suelo, homogenizarlo y tomar muestras de nuevo.
- Repetir los ensayos previos y estudio de dosificación.



FICHA 1.02_c

PROBLEMA

Los ensayos previos parecen no representativos de lo que hay en obra.

POSIBLES CAUSAS

c) El material tiene muchos gruesos y en los ensayos se limita el tamaño máximo, rechazando los gruesos.

SOLUCIONES

- Analizar con detalle la granulometría del suelo correlacionando bien la muestra ensayada con el suelo real. Considerar la opción de desterronar y retirar gruesos.



FICHA 1.03

PROBLEMA

Las características granulométricas del suelo no se ajustan a las prescripciones existentes.

POSIBLES CAUSAS

- a) Granulometría discontinua o fuera de huso del suelo de partida.
- b) Exceso de elementos gruesos no tratables.

SOLUCIONES

- Tratamiento previo mezclando con otro suelo que corrija la granulometría.
- Tratamiento mecánico de disgregación o retirada de gruesos con los equipos adecuados.



PROBLEMA

Incertidumbre en la elección del conglomerante adecuado.

POSIBLES CAUSAS

- Desconocimiento en la forma de actuar cada tipo de conglomerante.
- Tipos de suelos situados en la frontera de plasticidad y granulometría que impiden ver de forma clara, a priori, cuál es el conglomerante adecuado.

SOLUCIONES

- La cal es apta para:
 - Secar suelos con humedad excesiva. El 1% de cal viva puede reducir la humedad del suelo un 3 – 4%.
 - Estabilización de suelos cohesivos, suelos plásticos ($IP \geq 12$), que tengan muchos finos (pase 0,063 mm ≥ 15 %).
- El cemento es apto para:
 - Obtener resistencias a edad temprana.
 - Con suelos granulares (pase 0.063 mm ≤ 35 -50 %) y poco plásticos ($IP \leq 15$).

En el caso de suelos situados en la frontera de estos límites, o muy húmedos, es recomendable plantear una estabilización mixta (cal + cemento) para optimizar la acción de cada conglomerante.

En esta primera fase de estudio, es recomendable en estos casos realizar ensayos con distintas combinaciones de cal y cemento, para determinar la dosificación óptima que permita lograr todos los objetivos buscados.

En ocasiones es conveniente probar con ambos conglomerantes, pues no siempre se cumple la teoría. Por ejemplo, la presencia de carbonatos puede dificultar la acción de la cal sobre suelos con muchos finos.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD				
	0	12	15	40
CEMENTO	1 ETAPA			
CAL		1 ETAPA		2 ETAPAS
CAL + CEMENTO		2 ETAPAS		

GRANULOMETRÍA				
% pasa 0,063 mm	0	15	35	50
CEMENTO				
CAL				
T _{máx} = 80 mm				

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- El conglomerante elegido no es el adecuado.

SOLUCIONES

- Realizar ensayos con otro tipo de conglomerante (cal) o desechar ese tipo de suelo si se trata de capas en las que obligatoriamente debe emplearse cemento (S - EST3).



FICHA 1.05_b

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

b) La humedad de mezcla es excesiva.

SOLUCIONES

- Repetir el ensayo Proctor para determinar con precisión la humedad a la que realizar el resto de ensayos.



FICHA 1.05_c

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

c) El suelo es excesivamente plástico.

SOLUCIONES

- Ensayar con pequeños porcentajes de cal para plantear una estabilización mixta.



FICHA 1.05_d

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

d) El suelo tiene muchos finos.

SOLUCIONES

- Ensayar con pequeños porcentajes de cal para plantear una estabilización mixta.



FICHA 1.05_e

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

e) Los ensayos no se han realizado de forma correcta.

SOLUCIONES

- Repetir los ensayos en otro laboratorio de contraste.



FICHA 1.05_f

PROBLEMA

El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- f) El cemento no tiene la calidad esperada o no es del tipo y la clase resistente apropiada.

SOLUCIONES

- Cambiar el tipo de cemento o el proveedor si este no ofrece la garantía adecuada. Realizar ensayos de calidad del conglomerante.



FICHA 1.05_g

PROBLEMA

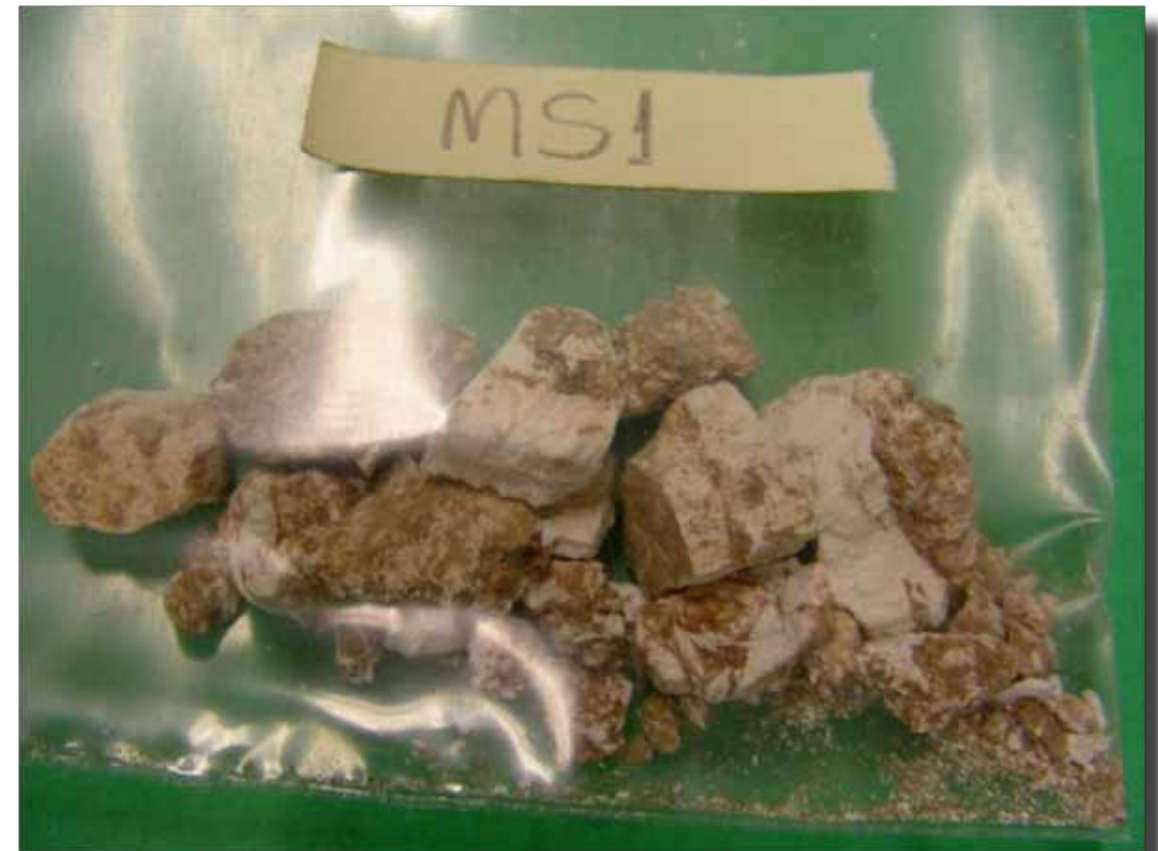
El cemento no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- g) Presencia de sulfatos u otras sustancias por encima de los valores admitidos por las normativas.

SOLUCIONES

- Realizar de nuevo ensayos de identificación y localizar las zonas problemáticas.



FICHA 1.06a

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- a) El conglomerante elegido no es el adecuado.

SOLUCIONES

- Realizar ensayos con otro tipo de conglomerante (cemento).



FICHA 1.06b

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- b) La humedad de mezcla es excesiva (especialmente cal apagada).

SOLUCIONES

- Repetir el ensayo Proctor para determinar con precisión la humedad a la que realizar el resto de ensayos.



FICHA

1.06_{c,d,e}

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- c) El suelo es poco plástico
- d) El suelo es granular (pocos finos)
- e) El suelo contiene carbonatos

SOLUCIONES

- Realizar ensayos con cemento.



FICHA

1.06_f

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

- f) Los ensayos no se han realizado de forma correcta.

SOLUCIONES

- Repetir los ensayos en otro laboratorio de contraste.



FICHA 1.06_g

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

g) Se está empleando cal apagada para secar.

SOLUCIONES

- Cambiar a cal viva, que es la única que realmente seca.



FICHA 1.06_h

PROBLEMA

La cal no actúa según lo esperado.

POSIBLES CAUSAS

h) La cal no tiene la calidad necesaria.

SOLUCIONES

- Cambiar el tipo de cal o el proveedor si este no ofrece la garantía adecuada. Realizar ensayos de calidad del conglomerante.



PROBLEMA

Detección de porcentajes elevados de sulfatos solubles ($\geq 1\%$).

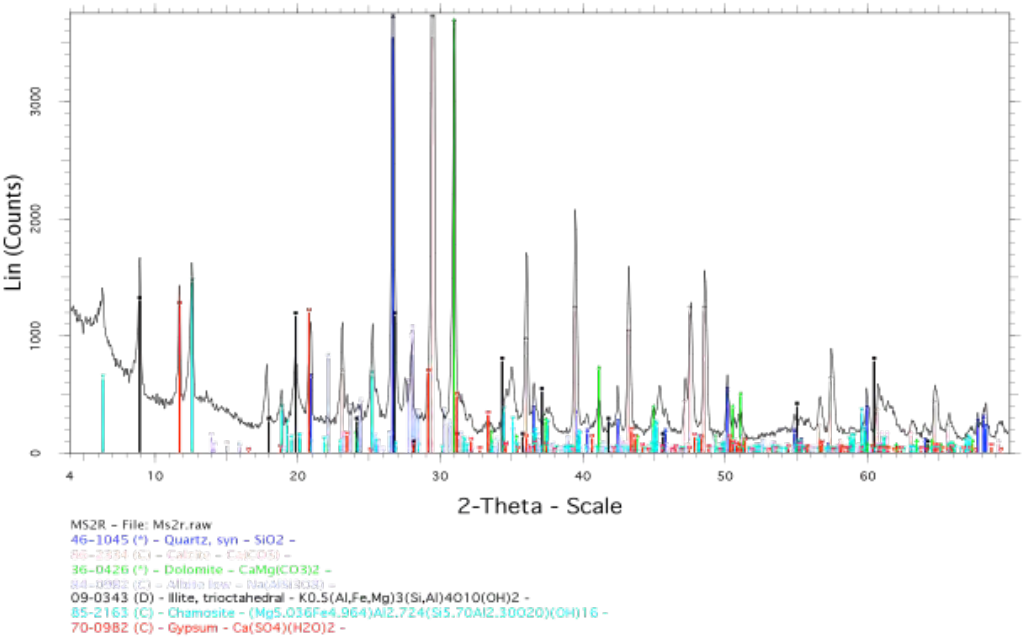
POSIBLES CAUSAS

a) Presencia de capas con sulfatos solubles.

SOLUCIONES

- Acotar los suelos que presentan realmente esa problemática y sanearlos.
- Realizar un Estudio Especial que determine la potencialidad de formación de etringita y taumasita, para ver si existe la posibilidad de plantear una estabilización especial (y si se puede determinar el final del periodo expansivo)
- Mezclar estos suelos con otros de la traza que permitan rebajar este porcentaje hasta valores admisibles.
- Es recomendable realizar ensayos de curado acelerado para estudiar el hinchamiento potencial de la mezcla, según la Norma Francesa NF P 94 – 100.

MS2R



4

2. PROBLEMAS DURANTE LA EJECUCIÓN

FICHA 2.01_a

PROBLEMA

La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- a) Acumulación de agua en zonas de la traza.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Detectar las zonas y las causas.
- Tener en cuenta que el gammadensímetro sólo mide la humedad de los 15 cm superiores.

SOLUCIONES

- Realizar un buen drenaje, eliminando todos los puntos de acumulación del agua.
- Hacer secados parciales en las zonas húmedas y luego aplicar el tratamiento previsto a toda la obra.
- Homogenizar el material todo lo posible. Dosificar siempre para la peor situación (mayor humedad) o prever 2 dosificaciones, una normal y otra para zonas húmedas.



FICHA 2.01_b

PROBLEMA

La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- b) La cantidad de finos es muy variable y estos retienen más humedad en algunas zonas del suelo

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la cantidad de finos del material (análisis granulométrico).

SOLUCIONES

- Homogenizar el material todo lo posible. Dosificar siempre para la peor situación (mayor humedad).
- Sanear previamente los posibles blandones formados o tratarlos con cal por vía seca antes de la estabilización.



FICHA 2.02_a

PROBLEMA

La humedad del material es excesiva, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- a) El exceso de finos del suelo retiene la humedad de lluvia de días anteriores

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Medir la humedad para comprobar si es excesiva (ver si supera la óptima Proctor menos la humedad mínima a aportar).
- Comprobar la cantidad de finos del material (análisis granulométrico).
- Tener en cuenta que el gammadensímetro sólo mide la humedad en los 15 cm. superiores. Medir la humedad habiendo mezclado todo el espesor de tratamiento.

SOLUCIONES

- Remover y orear el material, dosificando mayor cantidad de conglomerante en caso necesario.
- Secar previamente con cal viva.
- Esperar a que el material seque.
- Dosificar en polvo (vía seca).



FICHA 2.02_b

PROBLEMA

La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- b) El material está excesivamente húmedo en todo el tramo por tener que trabajar durante o después de un periodo de lluvias

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar las mediciones de humedad y contrastar el quipo empleado para medir.
- Realizar pruebas con cal viva para conocer el porcentaje necesario para secar.

SOLUCIONES

- Utilizar un equipo por delante que levante, remueva y oree el material para que se seque (si no llueve). Dosificar el conglomerante en polvo, por vía seca.
- Secar previamente con cal viva.
- Preparar bien las obras para que las lluvias provoquen los menores daños posibles (rasante longitudinal, bombeo transversal, capas cerradas y compactadas, fácil salida al agua, mejoras en el drenaje, etc.).



FICHA 2.02_c

PROBLEMA

La humedad del material es excesiva, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- c) Trabajar por vía húmeda cuando las condiciones del material no lo permiten.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar si la humedad del suelo más la aportada por la lechada es superior a la óptima Proctor. En caso afirmativo, no debe emplearse la vía húmeda.

SOLUCIONES

- Trabajar por vía seca y, en caso necesario, dosificar algo más de conglomerante o secar previamente con cal viva.
- Esperar a que el material seque.



FICHA 2.02_d

PROBLEMA

La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- d) Aparición de manantiales en la traza.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Estudiar bien la hidrogeología de la zona.

SOLUCIONES

- Desviar el agua, reponiendo el cauce. Realizar un buen drenaje.



PROBLEMA

La humedad del material es excesiva, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- e) Estar trabajando por debajo del nivel freático.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar los niveles de los acuíferos de la zona.

SOLUCIONES

- Elevar la rasante.
- Construir sistemas de drenaje que mantengan rebajado el nivel freático.



PROBLEMA

La humedad del material es heterogénea, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- f) Los equipos de compactación hacen subir el agua desde las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Controlar las humedades antes y después del paso de estos equipos.

SOLUCIONES

- Reducir la humedad de aportación considerando el incremento que provocan, por ascenso, los equipos de compactación.
- Aumentar la dosificación de conglomerante.



FICHA 2.03_a

PROBLEMA

El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- a) La capa no se ha regado o no se le incorpora agua suficiente.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la humedad del material después de humedecer.

SOLUCIONES

- Añadir más agua.



FICHA 2.03_b

PROBLEMA

El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- b) La capa está muy compactada y aunque se riega, el agua no penetra

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar inspección visual (ver si el agua regada escurre) y comprobar la humedad del material después de humedecer.

SOLUCIONES

- Disgregar y remover el suelo previamente para mejorar la eficacia del riego.
- Hacer surcos con una motoniveladora, riper o el mismo estabilizador para retener el agua y favorecer su infiltración en el suelo.



FICHA 2.03_c

PROBLEMA

El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- c) La actuación del conglomerante seca excesivamente el material.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la humedad antes y después (2 – 3 horas) de añadir el conglomerante.

SOLUCIONES

- Añadir más agua.
- En su caso, cambiar de cal viva a cal apagada.



FICHA 2.03_d

PROBLEMA

El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- d) Error en los equipos: el dosificador de lechada no aporta la cantidad de agua necesaria, los inyectores no se encuentran en buen estado de uso, etc.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el funcionamiento de todos los sistemas de los equipos.

SOLUCIONES

- Realizar una correcta revisión y mantenimiento de los equipos, comprobando todos los sistemas.



FICHA 2.03_e

PROBLEMA

El material está excesivamente seco, lo que repercute en las densidades obtenidas y resistencias logradas.

POSIBLES CAUSAS

- e) La labor de los equipos de nivelación y compactación provoca la desecación superficial de los materiales

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar humedades a diferentes profundidades de la capa tratada.

SOLUCIONES

- Regar las superficies estabilizadas.



FICHA 2.04

PROBLEMA

El material presenta partículas de tamaño excesivo que hace inviable la ejecución (bolos).

POSIBLES CAUSAS

- a) Existencia de bolos y gruesos de tamaño excesivo que dañan los equipos de mezclado, provocando averías.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Inspección visual tras remover el material.

SOLUCIONES

- Realizar un cribado previo del material que elimine las partículas gruesas.



FICHA 2.05

PROBLEMA

Hay que trabajar en días de viento y este afecta al conglomerante dosificado en polvo.

POSIBLES CAUSAS

- a) Existencia de viento.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Medir el viento con un anemómetro.

SOLUCIONES

- Comprobar que la cantidad de material que se lleva el viento es relevante. Para ello, se controlará la variación de conglomerante con una bandeja, considerando el tiempo que realmente el conglomerante estará en el suelo, antes de que pase la estabilizadora.
- Una medida muy eficaz es realizar un riego previo para que el conglomerante se adhiera al suelo nada más caer.
- En caso afirmativo, una posible opción es cambiar a dosificación por vía húmeda.
- Sincronizar equipos de dosificación y mezclado para que la longitud de conglomerante extendida sea mínima.
- Detener la ejecución cuando la velocidad del viento supere los 35 km/h aproximadamente.



FICHA 2.06a

PROBLEMA

No se logran las mejoras buscadas en la estabilización con cal.

POSIBLES CAUSAS

- a) No se corrige adecuadamente la plasticidad del material al añadir la cal.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar ensayos de plasticidad del material mezclado y estudiar el porcentaje necesario de cal para reducir adecuadamente la plasticidad.

SOLUCIONES

- Aumentar el porcentaje de cal hasta los valores obtenidos en los ensayos.
- Si el material presenta una plasticidad muy alta ($IP \geq 40$), debe realizarse la estabilización en dos etapas.



FICHA 2.06_b

PROBLEMA

No se logran las mejoras buscadas en la estabilización con cal.

POSIBLES CAUSAS

b) No se reduce la humedad del material todo lo esperado.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar mediciones de humedad del material mezclado.
- Contrastar las mediciones obtenidas con el gammadensímetro con ensayos tradicionales (secado en estufa).
- Analizar la reactividad de la cal viva.

SOLUCIONES

- Incrementar el porcentaje de cal viva necesaria.
- Esperar a que las condiciones meteorológicas mejoren.
- Emplear cal de calidad contrastada.



FICHA 2.07_a

PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

a) Problemas de dosificación (reparto irregular de los dosificadores en polvo o de los inyectores de lechada)

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar un control de la dosificación en diversos puntos.

SOLUCIONES

- Limpiar y mantener bien los equipos.



FICHA
2.07_b

PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

- b) Excesivo desgaste de las picas que se traduce en mal mezclado.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el estado de los equipos.

SOLUCIONES

- Renovar las picas cuando sea necesario.
- Aunque las picas estén gastadas, no suele influir en el mezclado. Tiene mucha más influencia la falta de alguno de los elementos completos del tambor (brazos) y especialmente si faltan varios en una misma zona del tambor. Por lo tanto, comprobar el estado del tambor y reponer los brazos de mezclado que se hayan perdido.



FICHA
2.07_c

PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

- c) Mal mezclado por excesiva velocidad de avance.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar calicatas por detrás del equipo (antes de compactar) para comprobar la calidad del mezclado.
- Inspección visual tras remover el material.

SOLUCIONES

- Reducir la velocidad de trabajo, mezclando durante un mayor tiempo aunque se comprometa el rendimiento.
- Utilizar un equipo de mezclado de mayor potencia.
- Reducir el espesor de capa para lograr una mayor eficacia de mezclado.
- Aumentar la velocidad de giro del rotor.



PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

d) Demasiados gruesos en el suelo. Material de granulometría muy irregular.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Inspección visual tras remover el material.

SOLUCIONES

- Si los terrones son de arcilla, se debe realizar el mezclado en 2 etapas, con la mitad de la cal en cada una de ellas.
- Si los gruesos son rocas, se deben retirar aquellos de tamaño excesivo mediante cribado previo.
- Homogenizar en lo posible el material antes del mezclado.



PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

e) Espesor excesivo de la capa trabajada que dificulta el mezclado y la compactación.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar que el mezclado y la compactación son correctas en el fondo de la capa tratada.

SOLUCIONES

- Emplear equipos más potentes (estabilizador-reciclador y compactador) que permitan trabajar con ese espesor de capa.
- Reducir el espesor de las capas tratadas.



FICHA 2.07_f

PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

f) Espesor de mezclado incompleto, sin llegar a la totalidad de la capa.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar comprobaciones visuales.
- Realización de catas.

SOLUCIONES

- Ajustar la profundidad de estabilización.
- Re-estabilizar los tajos ya ejecutados.



FICHA 2.07_g

PROBLEMA

Irregularidades en el producto final.

POSIBLES CAUSAS

g) En reciclados, aparición de "tortas" de aglomerado.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar comprobaciones visuales.

SOLUCIONES

- Emplear equipos de gran potencia.
- Reducir la velocidad de trabajo de la recicladora.
- Aumentar la velocidad del rotor.



FICHA 2.08_a

PROBLEMA

Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.

POSIBLES CAUSAS

- a) Mala rasante previa del terreno existente.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobación topográfica del terreno a tratar.

SOLUCIONES

- Nivelar adecuadamente el material con los peraltes, bombeo y rasante necesarios antes de proceder al estabilizado-reciclado.
- Para capas de refino, no se puede colocar la cota de las estacas de tierras con sistemas GPS, al menos en la actualidad (2009). Pese a las indicaciones de los fabricantes, este sistema produce errores hasta de 10 cm. La precisión que se exija detrás de la estabilización debe ser la misma que se tiene antes de estabilizar. Este defecto cobra una importancia especial en el caso de emplear cemento, porque el tiempo que se emplea en retirar el material sobrante es tiempo que se pierde y el cemento puede empezar a fraguar.



FICHA 2.08_b

PROBLEMA

Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.

POSIBLES CAUSAS

- b) Excesivo movimiento del material con la motoniveladora

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Análisis visual del comportamiento del material al nivelarlo.

SOLUCIONES

- La motoniveladora segrega el material y forma cordones de gruesos. Debe utilizarse únicamente para realizar un refino de 2-3 cm y no para dar rasante o peralte.
- Para capas de refino, no se puede colocar la cota de las estacas de tierras con sistemas GPS, al menos en la actualidad (2009). Pese a las indicaciones que se exija detrás de la estabilización debe ser la misma que se tiene antes de estabilizar. Este defecto cobra una importancia especial en el caso de emplear cemento, porque el tiempo que se emplea en retirar el material sobrante es tiempo que se pierde y el cemento puede empezar a fraguar.



PROBLEMA

Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.

POSIBLES CAUSAS

c) Problemas con la compactación.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Análisis visual del comportamiento del material al compactarlo.

SOLUCIONES

- Ajustar el proceso de compactación. Compactar bien la capa antes de refinar y nivelar. Cuidar la compactación final.
- Comprobar que las mediciones de la humedad son correctas, comprobando con ensayos tradicionales (secado en estufa).
- Emplear compactómetros (equipos de compactación dinámica).



PROBLEMA

Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.

POSIBLES CAUSAS

d) Introducción de tráfico antes de los plazos indicados en la normativa.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Evaluar los daños producidos.

SOLUCIONES

- No permitir el paso del tráfico antes de los plazos estipulados.
- Reparar las zonas afectadas (ver ficha 2.11).



PROBLEMA

Obtención de mala rasante carente de regularidad superficial.

POSIBLES CAUSAS

- e) Errores en las referencias topográficas.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobación de las estacas de control y bases de replanteo.

SOLUCIONES

- Ubicar correctamente las referencias topográficas.



PROBLEMA

Aparición de fisuras superficiales finas, cortas y en gran número.

POSIBLES CAUSAS

- a) Desecación superficial por mal curado (suelen aparecer en la dirección del viento)

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Analizar la meteorología de la zona (comprobar si hace sol o viento).

SOLUCIONES

- Mantener la superficie húmeda pulverizando agua hasta que se extienda la película de emulsión o la capa superior.
- Aplicar alguna protección superficial a la capa tratada.



FICHA 2.10

PROBLEMA

Imprevistos con la maquinaria o el personal.

POSIBLES CAUSAS

- a) Rotura de elementos del equipo.
- b) Pinchazo de rueda.
- c) Problemas de seguridad y salud.
- d) Etc.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Analizar según el caso.

SOLUCIONES

- Se trata de cuestiones de planificación dependientes del sistema de gestión de cada empresa que se deben resolver puntualmente.
- Deben emplearse equipos que cumplan con la legislación vigente.



FICHA 2.11

PROBLEMA

Alteraciones de la capa tratada.

POSIBLES CAUSAS

- a) Paso del tráfico sobre una capa tratada antes de lo adecuado (el CPI debe ser superior de 65)

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Evaluar el estado de la capa y el alcance de los daños (deterioros superficiales, levantamientos, baches, ...)

SOLUCIONES

- Tratar de nuevo el tramo de capa dañado (re-estabilizar, re-reciclar).
- Retirada del espesor alterado y compactación de la capa que queda si es admisible (compensando con sobreespesor de la capa superior).



PROBLEMA

El equipo avanza a velocidad muy reducida (2-3 m/min) o no puede avanzar, rebota y no consigue reciclar – estabilizar el material.

POSIBLES CAUSAS

- a) Una de las capas está tratada con cemento
- b) El material es todo aglomerado
- c) La zahorra artificial está cementada con el recebo calizo o tiene elementos muy duros tipo cuarcita

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el firme existente realizando calicatas nada más pasar el equipo. Comprobar las realizadas en los ensayos previos.

SOLUCIONES

- Reducir el espesor del tratamiento y aumentar la dosificación de conglomerante, pues al ir tan despacio triturará el material generando muchos más finos de lo previsto.
- Esponjar y destrozar previamente el material pasando un bulldozer, con varias pasadas a 1/3, 2/3 y todo el espesor.
- No se puede obligar a realizar el tratamiento si la estabilizadora-recicladora no puede avanzar, o en caso contrario se dañará el embrague y el motor. Se debe diseñar otro tipo de rehabilitación o tratamiento, como fresado con saneos puntuales, incremento de las capas bituminosas, etc.



5

3. PROBLEMAS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE CONTROL

FICHA 3.01_a

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

- a) Las características del material del tramo son diferentes a las del empleado en los ensayos previos o se modifican tras el tratamiento.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar los ensayos de caracterización del material tratado en el tramo de prueba y un nuevo ensayo Proctor. Comprobar especialmente si ha cambiado el contenido de finos (granulometría) y la plasticidad.

SOLUCIONES

- Modificar la humedad óptima y la densidad máxima de referencia a las obtenidas en el nuevo ensayo Proctor.



FICHA 3.01_b

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

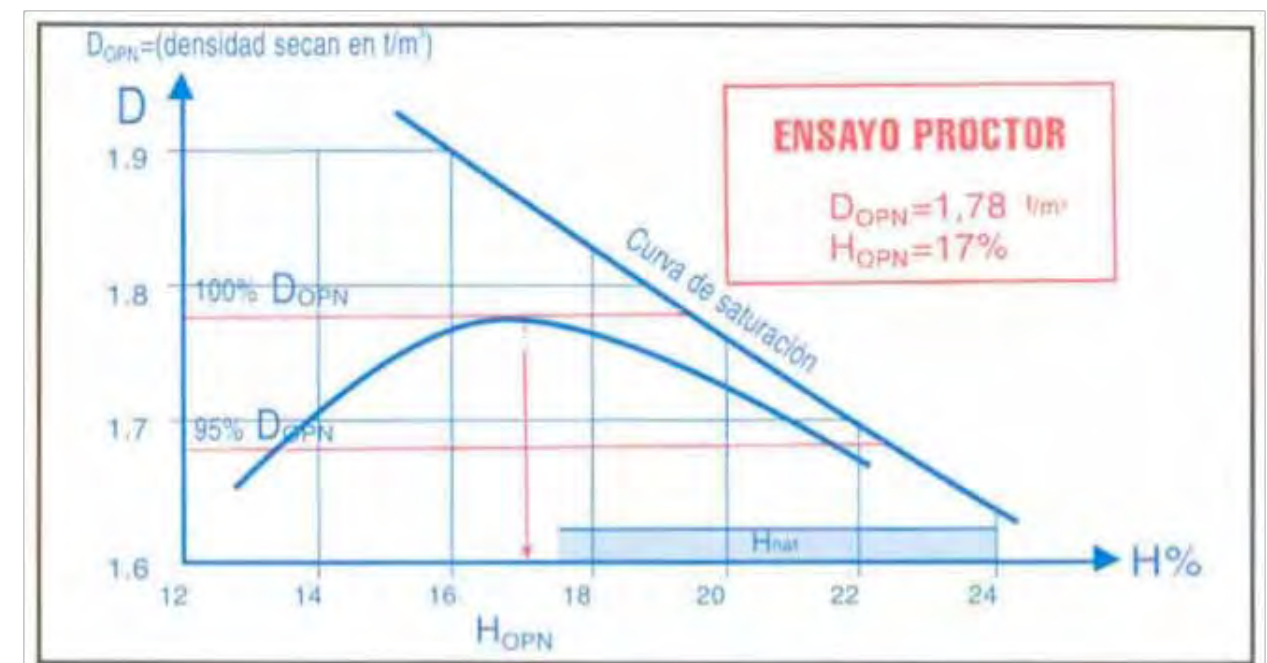
- b) Los resultados de densidad máxima y humedad óptima del Proctor de referencia no son válidos

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la densidad máxima y humedad óptima de compactación realizando un nuevo ensayo Proctor.

SOLUCIONES

- Modificar la humedad óptima y la densidad máxima de referencia a las obtenidas en el nuevo ensayo Proctor.



FICHA 3.01_c

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

c) La humedad del material es muy diferente de la óptima del ensayo Proctor.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la humedad del material y contrastar el equipo empleado (contrastar las mediciones obtenidas con el densímetro nuclear con las de secado en estufa).

SOLUCIONES

- Ajustar la humedad del material (humedecer / orear) pues la densidad y resistencia dependen directamente de este parámetro. Si es necesario secar, pasar el equipo levantando el material en una primera pasada sin aportar agua y después iniciar el proceso.
- Es importante recordar que se requiere una humedad mínima para las reacciones del conglomerante más la humedad necesaria para su compactación.



FICHA 3.01_d

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

d) El equipo de medición in situ (densímetro nuclear) carece de precisión.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Contrastar la densidad obtenida con el densímetro nuclear con la obtenida mediante el método de la arena.
- Contrastar además la medición de la humedad con la obtenida mediante el secado en estufa.

SOLUCIONES

- La medición con densímetro nuclear se debe realizar con el vástago hasta el fondo de la capa para obtener la densidad media de la capa. En caso de no poder correlacionar los resultados entre la sonda y el método de la arena, se debe cambiar el equipo de medición.



PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

e) Los equipos de compactación no aportan la energía necesaria

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar los parámetros de los equipos de compactación (amplitud, número de pasadas, etc.), realizando varias pruebas de compactación con diversas pasadas a máxima amplitud y midiendo la densidad obtenida en cada caso (la compactación es la operación más monótona y aburrida).

SOLUCIONES

- Corregir los parámetros de trabajo, si es el caso.
- Cambiar los equipos de compactación por otros rodillos más eficaces o en mejor estado.
- Reducir el espesor de capa hasta un valor que pueda ser compactado por los equipos disponibles en obra.



PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

f) Los equipos de compactación son muy pesados o aportan demasiada energía y rompen el material tratado, o la capa inferior

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el número de pasadas de los equipos de compactación y las características de trabajo (amplitud).
- Medir la densidad después de cada pasada de rodillo para determinar el proceso de compactación adecuado.
- Comprobar la granulometría del material antes y después de compactar.

SOLUCIONES

- Corregir los parámetros de trabajo de compactación (reducir el número de pasadas o utilizar amplitud baja).
- Cambiar los equipos de compactación por otros rodillos más pequeños.



FICHA

3.01_g

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

- g) El material no se deja compactar bien (por ejemplo una arena de terraza de río, muy limpia).

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la granulometría (carencia de gruesos y finos de 60 micras) y los resultados obtenidos en el Proctor. Una arena limpia permite obtener una densidad cuando está confinada en la probeta, que luego es difícil obtener en obra.

SOLUCIONES

- Mezclar previamente con otro suelo que aporte gruesos y finos, para lograr una granulometría más continua y compactable.
- Reducir la densidad exigida a la máxima obtenida en obra e incrementar la dosificación de conglomerante (tras repetir los estudios de dosificación). Si no se obtienen resultados, habrá que recurrir a la anterior solución.



FICHA

3.01_h

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

- h) Los equipos de compactación hacen subir el agua de las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar las humedades antes y después del paso de estos equipos.

SOLUCIONES

- Reducir la humedad de aportación considerando este aumento de la humedad.
- Aumentar la dosificación de conglomerante.



FICHA 3.01i

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la densidad exigida o las densidades medidas son muy variables.

POSIBLES CAUSAS

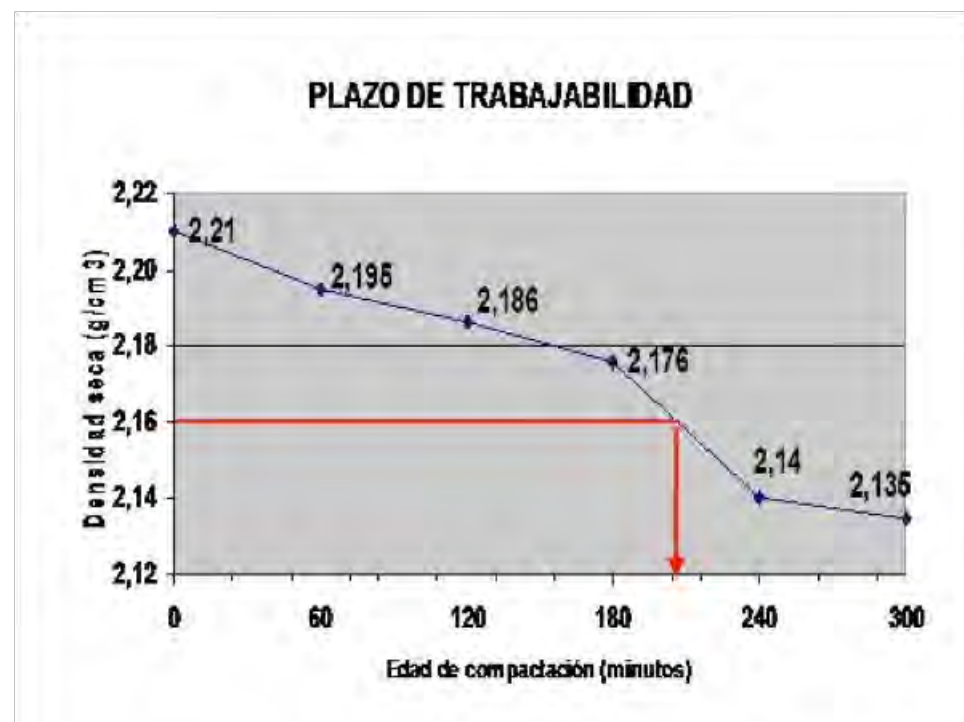
- i) Se está excediendo en el proceso el plazo de trabajabilidad debido a temperaturas altas o problemas en la ejecución (en el caso de cemento).

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Determinar el plazo de trabajabilidad (UNE 41240) con la máxima temperatura que haya en obra.
- Comprobar si el tiempo transcurrido desde el mezclado hasta la terminación supera el de trabajabilidad de la mezcla.

SOLUCIONES

- Emplear un retardador de fraguado.
- Emplear cementos con alto contenido de adiciones.
- Establecer un riguroso control de los tiempos en la obra.



FICHA 3.02a

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- a) Las capas tratadas se apoyan en un terreno de características deficientes.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el estado de humedad y densidad de estos terrenos en desmontes y rellenos.

SOLUCIONES

- Corregir previamente los problemas del material subyacente.



FICHA 3.02_b

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- b) Las características físicas del material han cambiado o se modifican tras el tratamiento.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar las características del material (granulometría, plasticidad y materia orgánica) y los resultados del ensayo Proctor. Si no se ajustan a lo previsto hay que modificar los parámetros de trabajo.

SOLUCIONES

- Adoptar los nuevos valores obtenidos de humedad óptima y densidad máxima Proctor.
- Realizar de nuevo pruebas de compactación para ajustar los parámetros de los equipos.



FICHA 3.02_c

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- c) Los suelos a estabilizar son muy heterogéneos.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar ensayos de sus características geotécnicas para comprobar su heterogeneidad.

SOLUCIONES

- No es posible considerar la densidad de referencia Proctor para el control de la compactación.
- Establecer un control de procedimiento (densidad máxima y número de pasadas).
- Realizar las probetas en el laboratorio con la densidad obtenida en obra.
- Comprobar con ensayos de control de producto terminado: placa de carga y ensayo de huella.



FICHA 3.02_d

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- d) La humedad del material varía mucho respecto a la óptima del ensayo Proctor (con material seco no se obtienen las densidades y si está muy húmedo, se produce “colchoneo”).

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Medir y contrastar (con el método de secado en estufa) la humedad del tramo en cuestión.

SOLUCIONES

- Ajustar la humedad del material (humedecer / secar) pues la densidad y resistencia dependen directamente de este parámetro.
- Si está muy húmedo, pasar el equipo levantando el material en una primera pasada sin aportar agua y después iniciar el proceso.
- Recordar que se requiere una humedad mínima para las reacciones del conglomerante más la humedad necesaria para su compactación.
- Realizar un control de procedimiento de la compactación basado en los resultados del tramo de prueba.



FICHA 3.02_e

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- e) El equipo de medición in situ (densímetro nuclear) carece de precisión.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Contrastar la densidad obtenida con el densímetro nuclear con la obtenida mediante el método de la arena.

SOLUCIONES

- La medición con densímetro nuclear se debe realizar con el vástago hasta el fondo de la capa para obtener la densidad media de la capa. En caso de no poder correlacionar los resultados entre el densímetro y el método de la arena, se debe cambiar el equipo de medición.



FICHA 3.02_f

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

f) Los equipos de compactación no aportan la energía necesaria.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el número de pasadas de los equipos de compactación por cada zona y las características de trabajo de los mismos (la compactación es la operación más monótona y aburrida).

SOLUCIONES

- Corregir los parámetros de trabajo de compactación (número de pasadas, amplitud, etc.), si es el caso.
- Cambiar los equipos de compactación por otros rodillos más eficaces o en mejor estado.
- Reducir el espesor de capa hasta un valor que pueda ser compactado por los equipos disponibles en obra.



FICHA 3.02_g

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

g) Los equipos de compactación son muy pesados o aportan demasiada energía y rompen el material tratado.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el número de pasadas de los equipos de compactación y las características de trabajo (amplitud).
- Medir la densidad después de cada pasada de rodillo para determinar el proceso de compactación adecuado.
- Comprobar la granulometría del material antes y después de compactar.

SOLUCIONES

- Corregir los parámetros de trabajo de compactación (reducir el número de pasadas o utilizar amplitud baja).
- Cambiar los equipos de compactación por otros rodillos más pequeños.



FICHA 3.02_h

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

h) Los equipos de compactación hacen subir el agua de las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar las humedades antes y después del paso de estos equipos.

SOLUCIONES

- Reducir la humedad de aportación considerando este aumento de la humedad.
- Aumentar la dosificación de conglomerante.



FICHA 3.02_i

PROBLEMA

No se obtienen las densidades exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

i) Se está excediendo en el proceso el plazo de trabajabilidad debido a temperaturas altas o problemas en la ejecución (en el caso del cemento).

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Determinar el plazo de trabajabilidad (UNE 41240) con la máxima temperatura que haya en obra.
- Comprobar si el tiempo transcurrido desde el mezclado hasta la terminación supera el de trabajabilidad de la mezcla.

SOLUCIONES

- Emplear un retardador de fraguado.
- Emplear cementos con alto contenido de adiciones.
- Establecer un riguroso control de los tiempos en la obra.



FICHA 3.03_a

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.

POSIBLES CAUSAS

- a) Las características del material son diferentes a las del utilizado en los ensayos previos para definir la fórmula de trabajo.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar los ensayos de caracterización del material del tramo de prueba y un nuevo ensayo Proctor. Comprobar especialmente si ha cambiado el contenido de finos (granulometría) y la plasticidad.

SOLUCIONES

- Realizar un nuevo estudio de dosificación y ajustar la fórmula de trabajo. Mientras, si es posible trabajar, elevar la dosificación de conglomerante.



FICHA 3.03_b

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.

POSIBLES CAUSAS

- b) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en la fórmula de trabajo (en el ensayo Proctor).

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la densidad de las probetas con la densidad obtenida en la fórmula de trabajo. Si la de las probetas es menor, comprobar que el equipo con el que se fabrican (maza Proctor o martillo Kango) es el mismo con el que se realizó el ensayo Proctor y aplicar mayor energía de compactación para obtener la densidad lograda en el tramo de prueba.
- Comprobar la trazabilidad de las probetas, es decir comprobar que no hubo defectos en la fabricación (ni retrasos), almacenamiento, transporte, curado (a tiempo) y rotura, así como la calibración de la prensa.

SOLUCIONES

- Si la densidad del tramo de prueba es mayor que la de las probetas, incrementar la energía de compactación al realizar estas para obtener una densidad similar y ver la nueva resistencia. Si es necesario, incrementar el contenido de conglomerante.
- Si el problema se debe a la forma de actuar del laboratorio, se deben rehacer el tramo de prueba y las probetas (por eso es importante tomar probetas en gran número los primeros días).
- Es importante comprobar la verticalidad de aplicación de la carga en la realización del ensayo.



FICHA 3.03_c

CAPÍTULO 5 3. PROBLEMAS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.

POSIBLES CAUSAS

- c) Las probetas tienen igual densidad que en la fórmula de trabajo pero la resistencia es baja.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la trazabilidad de las probetas, es decir comprobar que no hubo defectos en la fabricación (ni retrasos), almacenamiento, transporte, curado (a tiempo) y rotura, así como la calibración de la prensa. Obtener testigos si es posible.

SOLUCIONES

- Incrementar el contenido de conglomerante.



FICHA 3.03_d

CAPÍTULO 5 3. PROBLEMAS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.

POSIBLES CAUSAS

- d) Las probetas no se han fabricado con la humedad suficiente para que reaccione el conglomerante y permitir su adecuada compactación

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la humedad de fabricación de las probetas correlacionándola con la de la obra.

SOLUCIONES

- Volver a realizar los ensayos con probetas bien fabricadas.



FICHA 3.03_e

PROBLEMA

No se obtiene en el tramo de prueba la resistencia exigida y prevista en la fórmula de trabajo.

POSIBLES CAUSAS

- e) En la realización de los ensayos no se han conservado las probetas adecuadamente.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la trazabilidad de las probetas, es decir comprobar que no hubo defectos en la fabricación (ni retrasos), almacenamiento, transporte, curado (a tiempo) y rotura, así como la calibración de la prensa. Obtener testigos si es posible.

SOLUCIONES

- Volver a fabricar las probetas y garantizar su conservación en las condiciones de humedad y temperatura necesarias.



FICHA 3.04_a

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- a) Las características del material han cambiado.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar los ensayos de caracterización del material obtenido en este tramo (plasticidad, granulometría y materia orgánica) y un nuevo ensayo Proctor.

SOLUCIONES

- Ajustar la fórmula de trabajo. Estabilizar de nuevo con el mismo contenido o más conglomerante si el suelo es de inferior calidad al de los estudios previos.



FICHA 3.04_b

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

b) Ha habido un problema en la dosificación del conglomerante.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar el funcionamiento de todos los sistemas de los equipos.
- Comprobar la cantidad de conglomeración aplicada.
- Realizar nuevos ensayos de dosificación para el material resultante.

SOLUCIONES

- Tratar de nuevo el tramo con la nueva dosificación de conglomerante necesaria.



FICHA 3.04_c

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

c) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en el resto de la obra.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la trazabilidad de las probetas, es decir comprobar que con la muestra del material tomada se realizaron las probetas sin defectos en un plazo no superior a 1 hora o que estas, si se hicieron in situ, no sufrieron durante el transporte, y se han introducido en la cámara de curado a tiempo.
- Comprobar el proceso hasta la rotura y como se realizó esta rotura, así como la calibración de la prensa.

SOLUCIONES

- Dar más energía de compactación durante la realización de las probetas para obtener la densidad lograda en obra y comprobar la resistencia obtenida en este caso. Si la resistencia sigue siendo baja, elevar el contenido de conglomerante. Las características del material pueden haber cambiado.
- Si el problema se debe a la forma de actuar del laboratorio, no se deben considerar estos resultados, y se deben obtener testigos del tramo en cuestión, o valorar de otra forma.
- Realizar ensayos complementarios de producto terminado: placa de carga.



FICHA 3.04_d

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- d) Las probetas tienen igual densidad que en el resto de la obra pero la resistencia es baja.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar lo citado sobre trazabilidad de las probetas en ficha 3.04 c y obtener testigos si es posible.
- Comprobar que las probetas no se han hecho con material del comienzo ni de la terminación de cada tira de estabilización o reciclado, donde la dosificación puede ser imperfecta.
- Idem junto a muros, bordillos, tapas de alcantarillado y otros elementos que interrumpen el normal funcionamiento del trabajo.

SOLUCIONES

- Incrementar el contenido de conglomerante.
- Corregir las posibles zonas defectuosas, volviendo a repetir el tratamiento.



FICHA 3.04_e

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- e) Las probetas tienen menos densidad que la obtenida en el ensayo Proctor Modificado

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la densidad de las probetas con la densidad obtenida en obra. Si la de las probetas es menor, comprobar que el equipo con el que se fabrican (maza Proctor o martillo Kango) es el mismo con el que se realizó el ensayo Proctor y aplicar mayor energía de compactación para obtener la densidad lograda en obra.
- Si la densidad de estas probetas es similar a la del resto de la obra comprobar la trazabilidad de las mismas, es decir comprobar que no hubo defectos en la fabricación, almacenamiento, transporte, curado y rotura.

SOLUCIONES

- Si la densidad de obra es mayor que la de las probetas incrementar la energía de compactación al realizar estas para obtener una densidad similar y ver la nueva resistencia.
- Si es necesario, incrementar el contenido de conglomerante. En todos los casos conviene realizar nuevos ensayos Proctor.
- Ver fichas 3 o 4 c y d.



FICHA 3.04f

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- f) Las probetas no se han fabricado con la humedad suficiente para que reaccione el conglomerante y permitir su adecuada compactación.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la humedad de fabricación de las probetas correlacionándola con la de la obra.

SOLUCIONES

- Volver a realizar los ensayos con probetas bien fabricadas.



FICHA 3.04g

PROBLEMA

No se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra.

POSIBLES CAUSAS

- g) En la realización de los ensayos no se han conservado las probetas adecuadamente

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la trazabilidad de las probetas, es decir comprobar que no hubo defectos en la fabricación (ni retrasos), almacenamiento, transporte, curado (a tiempo) y rotura, así como la calibración de la prensa. Obtener testigos si es posible.

SOLUCIONES

- Volver a fabricar las probetas y garantizar su conservación en las condiciones de humedad y temperatura necesarias.



FICHA 3.05

PROBLEMA

Al finalizar la obra se detecta que las resistencias descienden ligeramente en una zona delimitada de obra.

POSIBLES CAUSAS

- a) Mismas causas que en la ficha 3.04. "no se obtienen las resistencias exigidas en un tramo de la obra". Ver esta ficha.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar si han cambiado las características del material, sobretodo la plasticidad y contenido de finos.
- Comprobar lo citado sobre trazabilidad de las probetas en ficha 3.04 c y obtener testigos si es posible.

SOLUCIONES

- Si la bajada de resistencia es reducida, inferior al 10%, puede considerarse aceptable dada la gran variabilidad de parámetros influyentes. Si la bajada alcanza una reducción del 20% y es únicamente ocasional, en algún punto definido, podría aceptarse. En caso contrario, deberá estabilizarse o reciclarse de nuevo, o bien considerar la opción de un incremento de espesor en las capas situadas encima mediante un cálculo analítico que permita demostrar la equivalencia estructural entre la sección teórica inicial y la nueva necesaria.



FICHA 3.06a

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- a) Malas resistencias o densidades en ese tramo.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la trazabilidad de todos los ensayos del tramo y obtener testigos si es posible.

SOLUCIONES

- Estabilizar o reciclar de nuevo.
- Considerar si es el caso, la explanada de inferior categoría y recalculer el firme. Incrementando el espesor de la capa dispuesta encima.



FICHA 3.06_b

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- b) El conglomerante no cumple con las especificaciones necesarias.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar ensayos de contraste con conglomerantes de distintas procedencias.

SOLUCIONES

- Seleccionar los conglomerantes que cumplen las especificaciones de calidad.



FICHA 3.06_c

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- c) Demoras en la ejecución que superan los plazos de trabajabilidad.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobación de los plazos de trabajabilidad.
- Comprobación de la humedad de la capa antes de la compactación final.

SOLUCIONES

- Reducir y ajustar los plazos de ejecución.



FICHA 3.06_d

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

d) Problemas en la capacidad de soporte de las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Analizar el estado y características del terreno o capas inferiores (se observarán claras diferencias entre unos tramos y otros en función de las características del suelo subyacente).

SOLUCIONES

- Previamente se puede resolver incrementando la rigidez de las capas de apoyo del firme, dosificando un mayor porcentaje de conglomerante. A posteriori, sin demoler las capas, no es posible.
- Si el problema es puntual puede plantearse el saneo de las zonas problemáticas, eliminando los materiales con problemas y reconstruyendo en mejores condiciones.
- Si se han obtenido buenos resultados en los controles de resistencia y densidad en el tramo, se pueden justificar técnicamente ante la dirección de obra resultados puntuales de deflexión altos.



FICHA 3.06_e

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

e) Baja resistencia o capacidad de soporte de la capa tratada.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la resistencia a compresión o el CBR, según los casos, de la capa tratada.
- Analizar las posibles causas.

SOLUCIONES

- Estabilizar o reciclar de nuevo.



FICHA 3.06f

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- f) Espesor de tratamiento insuficiente.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la profundidad del tratamiento.
- Comprobar la precisión de la estabilizadora-recicladora.
- Comprobar si ha habido una retirada excesiva de material tras la nivelación. Ver el volumen de los cordones de material retirado por la motoniveladora.

SOLUCIONES

- Estabilizar o reciclar de nuevo estas zonas, previamente identificadas.



FICHA 3.06g

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- g) Variabilidad de los equipos de medición.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Contrastar los equipos, los coeficientes de corrección utilizados y todo el proceso de medición.

SOLUCIONES

- Corregir en los cálculos los defectos detectados y en caso necesario medir de nuevo.



FICHA 3.06h

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- h) Variabilidad de la humedad de las capas tratadas e inferiores por problemas de drenaje.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Estudiar las condiciones hidrogeológicas de la zona y la humedad en distintas profundidades.

SOLUCIONES

- Corregir las humedades excesivas mediante los oportunos sistemas de drenaje.



FICHA 3.06i

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

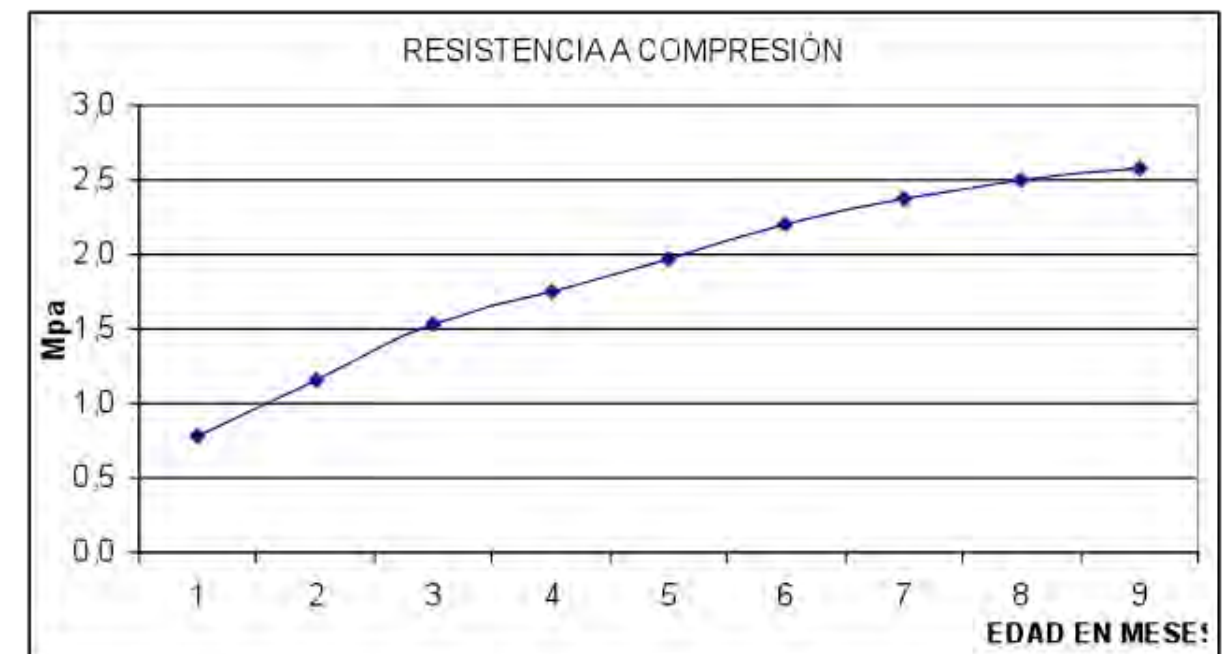
- i) Realización de los ensayos demasiado pronto.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar la edad de la capa tratada.

SOLUCIONES

- Repetir los ensayos a mayores edades y ver la evolución de los resultados.



Evolución de la Resistencia a compresión en una mezcla de suelo-cal

PROBLEMA

No se obtienen los resultados exigidos en los ensayos de control de producto terminado (placas de carga o deflexiones).

POSIBLES CAUSAS

- j) Haber permitido el paso de tráfico de forma prematura, especialmente en épocas de lluvia.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar las pruebas del paso de tráfico por las zonas con problemas.

SOLUCIONES

- Re-estabilizar y restaurar la geometría en las zonas problemáticas.



6

4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

FICHA 4.01

PROBLEMA

Descompactación generalizada del material.

POSIBLES CAUSAS

- a) Efecto de la helada por no haberse protegido.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Se aprecia fácilmente mediante inspección visual, previa comprobación de que se han producido heladas.

SOLUCIONES

- Comprobar el espesor dañado y analizar si se puede aprovechar el material tratado, previa retirada del espesor dañado, incrementando el espesor de la capa superior; o si es necesario volver a estabilizar la capa entera.



FICHA 4.02

PROBLEMA

Hinchamientos del material con rotura de las capas superiores.

POSIBLES CAUSAS

- a) Presencia de sulfatos solubles o sales expansivas en el propio material tratado o procedentes de aguas infiltradas

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Realizar una microscopia electrónica para detectar la presencia de etringita y taumasita.

SOLUCIONES

- Realizar un estudio especial de la potencial formación de estos compuestos y de las medidas de reparación y rehabilitación necesarias, comprobando la capacidad residual de expansividad que queda.



FICHA 4.03

PROBLEMA

Fallo de terraplenes tratados.

POSIBLES CAUSAS

- a) Inadecuada estabilización debida a una mala dosificación del conglomerante necesario.
- b) Empleo de conglomerantes de baja calidad.
- c) Ejecución defectuosa, empleando maquinaria inapropiada.
- d) Condiciones de drenaje defectuosas.
- e) Defectos en la compactación de las capas.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Extracción de testigos para el análisis de las características geotécnicas de los materiales.
- Realización de ensayos de penetración dinámica que permitan evaluar el grado de consistencia de las distintas zonas.
- Realización de catas y extracción de muestras para su análisis.
- En el caso de apreciar defectos de mezclado, extraer muestras por separado, de cada tipo de material.

SOLUCIONES

- Realizar un estudio especial de las medidas de reparación y rehabilitación necesarias (tratamientos de mejora y consolidación del terreno y terraplén).
- Disponer un sistema de drenaje adecuado.



FICHA 4.04a

PROBLEMA

Fisuras próximas aparecidas en la mezcla bituminosa dispuesta encima, con tramos fatigados prematuramente.

POSIBLES CAUSAS

- a) Falta de adherencia entre las capas del firme y/o capas tratadas.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Extraer testigos para comprobar la falta de adherencia entre capas.

SOLUCIONES

- Se debe evitar este problema, limpiando cuidadosamente la superficie antes de extender el riego de adherencia (con emulsión termoadherente y la dotación adecuada). Una vez producido requiere la reparación total del firme, fresando y reponiendo las capas no adheridas.



FICHA 4.04_b

CAPÍTULO 6 4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

PROBLEMA

Fisuras próximas aparecidas en la mezcla bituminosa dispuesta encima, con tramos fatigados prematuramente.

POSIBLES CAUSAS

- b) Falta de conglomerante durante la realización del reciclado o suelocemento in situ.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Abrir calicatas en el firme y analizar el material tratado. Realizar una generosa campaña de extracción de testigos y comprobar su resistencia.

SOLUCIONES

- Será necesario volver a reciclar o tratar todo el material (incluyendo la capa bituminosa si está extendida).
- Realizar de nuevo ensayos de caracterización del suelo y fórmula de trabajo, desde el principio.



FICHA 4.04_c

CAPÍTULO 6 4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

PROBLEMA

Fisuras próximas aparecidas en la mezcla bituminosa dispuesta encima, con tramos fatigados prematuramente.

POSIBLES CAUSAS

- c) Suelo excesivamente plástico (que ha limitado la acción del cemento), diferente al de los ensayos previos o fórmula de trabajo

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Abrir calicatas en el firme y analizar el material tratado. Realizar una generosa campaña de extracción de testigos y comprobar su resistencia.

SOLUCIONES

- Será necesario volver a reciclar o tratar todo el material (incluyendo la capa bituminosa si está extendida).
- Realizar de nuevo ensayos de caracterización del suelo y fórmula de trabajo, desde el principio.



PROBLEMA

Fisuras próximas aparecidas en la mezcla bituminosa dispuesta encima, con tramos fatigados prematuramente.

POSIBLES CAUSAS

- d) Falta de resistencia en las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Analizar estas capas.

SOLUCIONES

- Corregir las zonas mediante saneo y reestabilización y ejecución de las capas superiores.
- En determinados casos, puede plantearse la ejecución de algún tipo de tratamiento de mejora del terreno (inyecciones, micropilotes, etc.).



PROBLEMA

Fisuras transversales finas y rectas aparecidas a distancia constante (4 a 10 m.), incluso en alguna ocasión con fisura longitudinal.

POSIBLES CAUSAS

- a) Exceso de conglomerante en la capa del material tratado con cemento que da lugar a un material de resistencias elevadas.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar que los resultados obtenidos de resistencia a compresión a 7 días son elevados ($\geq 3,0-3,5$ MPa). Con categoría de tráfico pesado $\geq T2$ (≥ 200 VP/día/carril) y clima continental pueden aparecer por los gradientes térmicos (se abren las fisuras de retracción).
- Comprobar el espesor de las capas de mezcla bituminosa dispuestas encima, que es el proyectado y es correcto.

SOLUCIONES

- Durante las obras, se debe prefisurar o limitar la resistencia obtenida en el material.
- Si no se ha extendido la rodadura, se puede recrecer el espesor de mezcla bituminosa dispuestas encima, o mejor, disponer un tratamiento antifisuras tipo geomalla impregnada o sustituir la mezcla por otra con alto contenido en caucho procedente de neumáticos fuera de uso.
- A posteriori, si el riesgo de entrada de agua y deterioro de los bordes de la junta es elevado, se pueden pontear las juntas, extender una lechada o mejor una nueva capa bituminosa (preferiblemente con alto contenido en caucho).



PROBLEMA

Fisuras longitudinales abiertas.

POSIBLES CAUSAS

- a) Formación de juntas finas entre bandas por falta de solape.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar que las fisuras aparecen a una distancia aproximada de 2,4 – 2,5 m., coincidiendo con las franjas de solape.
- Extraer testigos en las zonas dañadas.

SOLUCIONES

- Requiere reparar la banda de solape, al haber quedado el material en condiciones defectuosas. Si se ha extendido la capa superior de mezcla bituminosa, habrá que sanear las bandas y extender una nueva capa.



PROBLEMA

Fisuras longitudinales abiertas.

POSIBLES CAUSAS

- b) Aparición de fisura abierta próxima al borde por descenso del terraplén.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Comprobar visualmente el talud del terraplén y toda la zona anexa.

SOLUCIONES

- No suele ser un defecto de la capa tratada. Requiere medias de drenaje eficaces y estabilizar el terraplén. Si es posible estabilizar el apoyo o disponer escollera.



FICHA 4.07

PROBLEMA

Fisuras longitudinales y oblicuas en los bordes de la calzada de un reciclado.

POSIBLES CAUSAS

- a) Contaminación de los bordes con materia orgánica por reciclar mayor anchura de la sección disponible.
- b) Bandas de reducida densidad y escaso espesor de las capas del firme.
- c) Baja capacidad de soporte en los bordes de las capas inferiores.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Extraer testigos en las zonas dañadas y comprobar el estado del material reciclado, espesores y estado de las capas.

SOLUCIONES

- Hay que rehacer el firme de las bandas deterioradas de ambas márgenes, previo saneo y preparación de las zonas.
- Si el problema se debe a las capas inferiores hay que tratar estas previamente.



FICHA 4.08a

PROBLEMA

Aparición de blandones en zonas concretas.

POSIBLES CAUSAS

- a) Inadecuado tratamiento debido a una mala dosificación del conglomerante necesario, exceso de humedad, escasez de compactación, o suelo de otras características

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Abrir calicata y analizar el material.

SOLUCIONES

- Volver a reciclar o rellenar el blandón con un hormigón compactado (HM-15 con relación agua/cemento $\leq 0,5$), tras resolver el problema que lo ha causado (saneo de capas inferiores, salida del agua, etc.).



FICHA 4.08_b

CAPÍTULO 6 4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

PROBLEMA

Aparición de blandones en zonas concretas.

POSIBLES CAUSAS

- b) Presencia de suelos plásticos con baja capacidad de soporte en zonas inferiores a la capa tratada.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Abrir calicata y analizar los materiales.

SOLUCIONES

- Realizar un pre-reciclado con cal a mayor espesor y luego reciclar el espesor previsto con cemento.



FICHA 4.08_c

CAPÍTULO 6 4. PROBLEMAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

PROBLEMA

Aparición de blandones en zonas concretas.

POSIBLES CAUSAS

- c) Condiciones de drenaje defectuosas.

ANÁLISIS COMPLEMENTOS NECESARIOS

- Abrir calicata y analizar la sección y situación del drenaje.

SOLUCIONES

- Resolver el problema de drenaje y volver a reciclar o rellenar el blandón con un hormigón compactado (HM-15 con relación agua/cemento $\leq 0,5$).



Este conjunto de fichas expuesto pretende satisfacer el objetivo de esta Guía, que no es otro que ofrecer de forma sencilla y práctica las pautas a seguir cuando surge un problema en cualquier obra de estabilización de suelos o reciclado de firmes. Para ello, se ha incluido una amplia selección de los problemas más habituales, acompañados de aquellas medidas preventivas o correctoras que eviten o resuelvan su aparición.

Debe pues apreciarse este documento simplemente como una ayuda al técnico que, con experiencia o sin ella, se plantea la aplicación de uno de estos tratamientos, en la fase de estudios, puesta en obra o control de calidad.

Las estabilizaciones y los reciclados in situ, como cualquier otra técnica de ingeniería civil, presentan importantes ventajas que van acompañadas del riesgo de posibles fallos. Estos pueden evitarse siguiendo las pautas que marcan, como siempre, las reglas de buena práctica profesional y el sentido común.

Son técnicas clásicas, cuyo origen se remonta a la antigüedad, pero que han evolucionado enormemente en las últimas décadas, hasta llegar a ser en nuestros días imprescindibles para permitir el empleo de muchos tipos de suelos o la obtención de unas explanadas y bases de firmes de calidad. Todo ello gracias a sus ventajas técnicas, económicas y medioambientales que no es preciso exponer aquí.

Se trata de técnicas aparentemente sencillas pero que requieren la participación de profesionales y empresas especializadas.

Además, no deben descuidarse otros sistemas complementarios, fundamentales para el adecuado comportamiento de la infraestructura y, por lo tanto, de las capas estabilizadas o recicladas: desagüe y drenaje, tratamientos de mejora del terreno en profundidad, etc. Sea cual fuere la aplicación, para lograr unos resultados satisfactorios, es necesario realizar al menos las siguientes fases, con un nivel de calidad adecuado a la infraestructura objeto de aplicación:

- **Conocer y caracterizar bien el material que se va a tratar: se debe realizar un estudio con el detalle necesario y la antelación suficiente al inicio del tratamiento. En el mismo, se deben definir las características de los materiales y determinar la fórmula de trabajo. Un buen análisis, fiable y con ensayos de sensibilidad, permite tomar decisiones cuando se producen en la obra pequeñas desviaciones de los resultados, lo que evita paradas innecesarias y reduce costes.**
- **Consumo de conglomerantes (cal, cemento, etc.) y ligantes de calidad.**
- **Empleo de equipos específicos para estas unidades de obra y profesionales con experiencia contrastada. Los problemas y defectos no reconocidos y no resueltos a tiempo tienen un coste que aumenta exponencialmente a medida que avanza la obra y se van construyendo las capas de firme superiores.**
- **Realizar un control de calidad que permita verificar las distintas fases de la ejecución (preparación, extendido, mezclado, humectación, compactación, protección superficial, etc.) y comprobar finalmente que los resultados obtenidos son los esperados.**

El conocido, y muchas veces ignorado, tramo de prueba, tiene en este caso una gran importancia. Permite resolver muchos de los problemas que después pueden surgir en la obra, definiendo la idoneidad y orden de los equipos y operaciones, la bondad de las fórmulas de trabajo predefinidas y la correlación existente entre los resultados obtenidos en el laboratorio y los reales de obra.

Lógicamente, la realización de este tramo de prueba supone tener que asumir sus costes a corto plazo, pero las ventajas que se obtienen tras la correcta realización del mismo permiten que pueda ser amortizado con creces a medio y largo plazo. Por tanto, para reducir el impacto económico del mismo, debe ser planificado con la antelación suficiente y tener en cuenta que los equipos de ejecución pueden llegar a estar parados los 7 días necesarios para obtener resultados tras la prueba.

La eficacia del tratamiento depende, entre otras cosas, de cuidar los aspectos indicados. No se debe olvidar que estas técnicas pretenden mejorar las cualidades de un suelo de deficientes características geotécnicas o recuperar un firme degradado, por lo que cualquier fallo o error que deje el material sin tratar, se traduce en un daño mucho mayor que si no se hubiera proyectado su aplicación. Por supuesto, este daño es mucho más elevado y costoso si el defecto no se muestra hasta que la infraestructura se encuentra en servicio, y se acumula el efecto del tráfico y del clima.

Se da la paradoja de que en muchas ocasiones, estos problemas se derivan de un pretendido ahorro de costes durante la ejecución de las obras (falta de estudios y ensayos, equipos inadecuados, profesionales sin experiencia, etc.). Coloquialmente a este sobre coste de no hacer bien las cosas se le denomina “coste de no calidad”.

En la organización de las obras es habitual que para su ejecución se recurra a la contratación de especialista. La subcontratación de estas unidades se realiza, según los sistemas de gestión de las empresas constructoras, que generalmente confeccionan un cuadro comparativo en el que los únicos datos que aparecen y se evalúan son la medición de las unidades y el precio que de las mismas da cada uno de los subcontratistas que optan a ellas, sin considerar, entre ellos, distinción alguna por motivos de calidad, equipamiento, experiencia u otras circunstancias.

Estos sistemas, además, no recogen una comparación real entre el coste que se estima para las distintas unidades de obra, antes de contratarlas, y el coste que realmente tienen comprobándolo tras su ejecución, contabilizando los costes de no calidad, retrasos, etc.

En ocasiones, incluso, se suele delegar el estudio y control de estas unidades a los consultores o asistencias técnicas generales de la obra, sin contar con consultores especializados en estabilizaciones de suelos o reciclado de firmes. Todo ello se encamina en dirección contraria a la de lograr unos resultados satisfactorios.

Las consecuencias de una obra mal estudiada o de defectos en la ejecución deben tenerse en cuenta a la hora de contratar a los especialistas en cada unidad. Debe conocerse en todo momento el riesgo que se asume.

Este riesgo que se adquiere puede, y debe, acotarse según el tipo de trabajo. Por ejemplo, una reparación de una tongada de terraplén que se detecta a tiempo, tiene un coste muy bajo y el daño en la obra es nulo.

La cosa se complica cuando en la obra pueden dejarse “vicios ocultos”: si el error no se detecta y se pretende reparar el terraplén una vez colocadas las capas del firme, con la obra en servicio, el coste será mucho mayor que el de una nueva construcción, sin contar con las molestias a los usuarios y una evidente pérdida de prestigio por parte de todos los intervinientes en la obra.

En el caso de las estabilizaciones de suelos, tratamientos de capas de base y reciclados de firmes, la posibilidad de vicios ocultos es muy elevada. Como se ha analizado en esta Guía, las faltas más comunes en este tipo de obras suelen ser:

- **Evaluación y estudio deficientes de los materiales de partida.**
- **Empleo de conglomerante de baja calidad, inadecuado, o dosificación escasa.**
- **Defectos en la distribución del conglomerante.**
- **Mezcla defectuosa del conglomerante con el suelo o material.**
- **Compactación inadecuada.**
- **Espesor de tratamiento inferior al prescrito**

Los principales motivos que causan estas faltas suelen ser:

- **Abastecimiento de conglomerantes sin sellos de calidad o sin el control continuo correspondiente.**
- **Empleo de maquinaria no adecuada para el extendido del conglomerante.**
- **Empleo de maquinaria no apta para el mezclado (baja potencia, sin peso, incapaz de llegar a los espesores mínimos, que requiere varias pasadas que no se dan, etc.).**
- **Empleo de maquinaria de compactación para intentar realizar el mezclado.**
- **Trabajos ejecutados sin el cuidado y control necesarios (exceso de horas trabajadas con riesgo de sobrepasar ampliamente el plazo de trabajabilidad...).**
- **En general, pretender un ahorro excesivo como “filosofía de obra”.**

Estas faltas pueden coincidir en el tiempo, sumándose otros factores, que concluyen en una manifestación clara del problema. En muchas ocasiones el efecto de una mala ejecución queda cubierto por las siguientes capas y no llega a mostrarse a corto plazo. Cuando se extienden capas de mezcla bituminosa relativamente delgadas sobre materiales en los que el conglomerante no ha hecho el efecto deseado, se corre el peligro de rotura del firme nada más poner la obra en servicio, o incluso a veces con los propios camiones que están construyendo la obra.

A partir de aquí, los efectos (defectos) que pueden producirse son:

- **Rotura o daños en la plataforma, que obligan a una nueva estabilización o reciclado de la misma.**
- **Rotura de las capas superiores ya extendidas que obligan a la reparación total del firme.**

Como se puede suponer, el coste de la reparación es diferente en función del momento en el que se detecte y deba acometerse. Los remedios y precauciones que pueden tomarse son muy sencillos, y ya se han detallado en las fichas de la Guía:

- **Utilización de conglomerante de calidad y adecuado.**
- **Comprobación de la dosificación requerida.**
- **Empleo de maquinaria adecuada para la dosificación y comprobación de su correcto funcionamiento (ej.: limpieza de inyectoros).**
- **Empleo de maquinaria apropiada para el mezclado y comprobación de la uniformidad, espesor y homogeneidad de la mezcla, tomando muestras a lo largo del día.**

Todos estos trabajos pueden y deben ser vigilados por todos los agentes que intervienen en la obra. En el caso de subcontratarlos, es recomendable exigir que, además de máquinas, el personal posea experiencia y se implique en los resultados obtenidos, aportando apoyo técnico cualificado. Hay que tratar de huir de las “gangas”. Lo barato, puede salir caro.

Véase un ejemplo real de una obra ya finalizada:

A. Ahorro conseguido por subcontratar una estabilización por debajo de coste:

Medición:	100.000 m2	(25 cm de espesor)
Precio subcontratado:	0,70 €/m2	
Precio de otras ofertas:	1,20 €/m2	
Ahorro total:	0,50 €/m2 x 100.000 m2 = 50.000 €	

B. Coste de la reparación, en caso de fallo tras su finalización:

Coste de reciclar lo mal estabilizado:	100.000 m2 x 1,20 €/m2 = 120.000 €
Coste del conglomerante (4%)	2.100 t x 92 €/t = 193.000 €
Reposición de MBC demolida (5cm):	12.250 t x 40 €/t = 490.000 €

Total coste de la reparación: 803.000 euros, sin contar señalización, ni gastos generales (topografía, jefe de obra), laboratorio, costes asumidos por los usuarios, costes medioambientales, ni los correspondientes a la pérdida de prestigio.

Conclusión: Un pretendido ahorro de 50.000 euros puede llevar fácilmente a la necesidad de una reparación de 803.000 euros, lo que supone un incremento superior al 1.500%, y los costes sociales añadidos...

Conviene además hacer la indicación de que en las reparaciones hay que ser generosos en la magnitud del tramo a reparar. No es extraño que se produzcan fallos en los bordes de contacto de los tramos reparados por haber escatimado en la superficie a tratar y haber dejado franjas débiles.

Se concluye esta Guía de Soluciones para Obras de Estabilización de Suelos, Ejecución de Suelocemento In Situ y Reciclado de Firmes recordando que la mejor forma de evitar los problemas es su prevención, y para ello, nada mejor que construir con buen oficio, profesionalidad y sentido común.

Sea pues esta Guía, como se indicó en la introducción, un listado de problemas que pueden surgir en cualquier estabilización de suelos o reciclado de firmes y sus posibles soluciones desarrollados con un criterio positivo, pero sobre todo, un catálogo de posibles errores que nos permita conocer sus causas y repercusiones, para que estos nunca lleguen a suceder.

