UNIVERSIDAD AUSTRSAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE OBRAS CIVILES-ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ESTABILIZANTES DE SUELO PARA EL CAMINO INDUSTRIAL DE CODELCO CHILE DIVISIÓN ANDINA

Tesis para optar al título de Constructor Civil.

Autor.
Zapata Silva, Andrea.

Profesor Guía.
Montiel Mancilla, Adolfo.

2004

Al final, sólo conservaremos aquello que amamos,

sólo amaremos aquello que comprendamos

y sólo comprenderemos aquello que nos hayan enseñado.

Baba Dioum

Dedico este trabajo a mis padres, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida y a todos aquellos que hicieron posible que esto llegara a su termino, en especial a Cristian, Jo y Kta.

Gracias.

INDICE Página

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: IMPORTANCIA DEL CAMINO INDUSTRIAL PARA CODELCO CHILE DIVISIÓN ANDINA. 1

1. a. El cobre en Chile..... 2

1. b. Codelco Chile……..... 3

1. c. Codelco Chile División Andina……..... 5

1. d. Codelco-División Andina hacia una minería ambiental responsable…..... 7

1. d.1. Requisitos a cumplir por el producto estabilizante utilizado en el camino industrial según lo establecido por la Unidad Ambiental de Andina.....… 8

1. e. Descripción del camino industrial de División Andina……..…..... 9

1. f. Importancia del camino industrial para División Andina……..... 10

1. g. Características que debe presentar el sistema de estabilizado del camino industrial de Andina..... 11

CAPITULO II: INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DEL ACTUAL PRODUCTO ESTABILIZANTE UTILIZADO EN EL CAMINO INDUSTRIAL DE ANDINA. 12

2. a. Cloruro de Sodio y su incidencia sobre el medio ambiente…..……... 13

2. a.1. Incidencia del cloruro de sodio en las aguas del Río Blanco……..... 13

2. a.2. Incidencia del NaCl en los buses de transporte del personal de Andina.. 16

CAPITULO III: CLASIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS CON LOS QUE CUENTA LA DIVISIÓN PARA ESTRUCTURAR LA CARPETA DE RODADO DEL CAMINO INDUSTRIAL. 18

3. a. Clasificación de los suelos que conforman el camino industrial..... 19

3. b. Caracterización de los suelos que conforman el camino industrial..... 20

3. b.1. Identificación de las muestras de suelo..... 20

3. b.2. Análisis Granulométrico…….....…..… 20

3. b.3. Datos generales de los suelos..... 24

3. b.4. Clasificación de los suelos según el sistema A.A.S.T.H.O. y U.S.C.S... 24

Página

CAPITULO IV: ALTERNATIVA DE ESTABILIZANTES DE SUELOS 25

4. a. Productos estabilizantes analizados……..... 26

4. b.1. Identificación de productores/proveedores y productos estabilizantes.. 26

4. b.2. Principio de funcionamiento de productos estabilizantes……..... 27

4. b.3. Propiedades de desempeño de productos estabilizantes……..... 29

4. b.4. Características físico/químicas de productos estabilizantes……..... 33

4. b.5. Estabilidad y Reactividad de productos estabilizantes……..... 34

4. b.6. Peligro de incendio y explosión de productos estabilizantes…..... 35

4. b.7. Presentación y envase de productos estabilizantes……..... 36

4. b.8. Rendimiento de productos estabilizantes……..... 37

4. b.9. Transporte de productos estabilizantes…….....…..... 38

4. b.10. Manipulación de productos estabilizantes……..... 39

4. b.11. Almacenamiento de productos estabilizantes…….....…….. 40

4. b.12. Maquinaria requerida en aplicación de productos estabilizantes..... 41

4. b.13. Estabilización de caminos secundarios./.aplicación de productos..... 41

4. b.14. Determinación de la cantidad de agua-producto requerida para el proceso de estabilización de carpetas de prueba…….....…….. 47

4. b.15. Tránsito vehicular durante y después del proceso de estabilizado..... 55

4. b.16. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes.....… 55

4. b.17. Control de hielo/Soluciones de productos descongelantes compatibles con productos estabilizantes analizados..... 57

4. b.18. Restricciones……..... 57

4. b.19. Usos /Aplicabilidad de producto estabilizantes…….....… 58

4. b.20. Características y beneficios de productos estabilizantes..... 59

4. b.21. Salud y medio ambiente..... 60

4. b.21.a. Productos estabilizantes/Riesgos y Prevención ante la salud y el ambiente..... 61

4. b.22. Normas técnicas nacionales aplicables a productos analizados..... 61

Página

CAPITULO V: PRUEBAS IN-SITU ALTERNATIVAS DE PRODUCTOS ESTABILIZANTES 62

5. a. Antecedentes generales de pruebas in-situ..... 63

5. a.1. Resumen..... 63

5. a.2. Ubicación y descripción de sectores donde toman lugar carpetas..... 64

5. a.3. Identificación del suelo utilizado por sector para carpetas de prueba.... 65

5. a.4. Dimensión de carpetas de prueba por sector..... 65

5. a.5. Dimensión total del tramo a estabilizar por producto estabilizante..... 65

5. a.6. Distribución de carpetas de pruebas por sector..... 66

5. a.7. Proporción de mezcla suelo-estabilizante utilizada en pruebas in-situ.. 67

5. b. Evaluación visual comportamiento estructural de carpetas de pruebas 68

5. b.1. 1^{era} Evaluación..... 68

5. b.1.1. Comportamiento visualizado en carpetas de prueba..... 69

5. b.1.1.1. Producto: TerraZyme..... 69

5. b.1.1.2. Producto: PennzSupress'D..... 72

5. b.1.1.3. Producto: PermaZyme 11X..... 75

5. b.1.1.4. Producto: Descobond 500..... 79

5. b.1.1.5. Producto: PZ-22X..... 82

5. b.2. 2da evaluación..... 85

5. b.2.1. Comportamiento visualizado en carpetas de prueba..... 86

5. b.2.1.1. Producto: TerraZyme..... 86

5. b.2.1.2. Producto: PennzSupress'D..... 89

5. b.2.1.3. Producto: PermaZyme 11X..... 92

5. b.2.1.4. Producto: Descobond 500..... 96

5. b.2.1.5. Producto: PZ-22x..... 100

5. b.2.1.6. Producto: Probase TX-55..... 104

5. b.3. 3^{era} Evaluación..... 109

5. b.3.1. Comportamiento visualizado en carpetas de prueba..... 109

Página

5. b.3.1.1. Producto: TerraZyme..... 109

5. b.3.1.2. Producto: PennzSupress'D..... 112

5. b.3.1.3. Producto: PermaZyme 11X..... 115

5. b.3.1.4. Producto: Descobond 500..... 119

5. b.3.1.5. Producto: PZ-22X..... 123

5. b.3.1.6. Producto: Probase TX-55..... 127

5. c. Comportamiento cuantitativo de carpetas de prueba a nivel de cota superficie, según evaluaciones..... 132

5. d. Volumen de material estructural desprendido de capetas de prueba según producto, sector y comportamiento experimentado..... 133

5. e. Volumen total de material estructural cohesionado v/s desprendido correspondiente a carpetas de prueba, según evaluaciones..... 136

CAPITULO VI: COSTO DEL ESTABILIZADO DEL CAMINO INDUSTRIAL CON CLORURO DE SODIO Y ALTERNATIVAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS 137

6. a. Aspectos considerados en evaluación económica..... 138

6. b. Costo del estabilizado con Cloruro de Sodio..... 142

6. b.1. Costo comparativo entre el valor directo y valor global del estabilizado del camino industrial con cloruro de sodio..... 144

6. c. Costo del estabilizado con alternativas de productos químicos..... 145

6. d. Costo comparativo entre estabilizado c/ NaCl y productos alternativos 149

CAPITULO VII: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE ESTABILIZADO CON NaCl Y ALTERNATIVAS ANALIZADAS 157

7. a.- Ventajas del sistema de estabilizado con NaCl..... 158

7. b.- Desventajas del sistema de estabilizado con NaCl..... 159

7. c.- Ventajas del sistema de estabilizado con productos alternativos..... 161

7. d.- Desventajas del sistema de estabilizado con productos alternativos.... 163

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES 165

ANEXOS

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Página

CAPITULO I:

Fig. 1. b.1.	Mapa de Chile. Ubicación geográfica de las 4 divisiones de Codelco.....	4
Fig. 1. e.1.	Vista general Camino Industrial División Andina.....	9
Fig. 1. e.2.	Carpeta de rodado estabilizada con NaCl.....	10

CAPITULO II:

Diagrama 2.a.1.	Consumo de sal anual demandado por el camino industrial.....	13
Tabla 2.a.1.1.	Estimación aporte de sal en las aguas del río Blanco, escenarios 1, 2 y 3.....	15
Gráfico 2.a.1.1.	Concentración de ión Cl en el río Blanco, escenarios 1, 2 y 3..	15
Tabla 2.a.1.2.	Estimación aporte de sal en las aguas del río Blanco escenario 4, 5, 6.....	16
Gráfico 2.a.1.2.	Concentración de ión Cl en el río Blanco escenarios 4, 5 y 6..	16

CAPITULO III:

Figura 3. a.1.	Fotografía y clasificación secundaria suelo 1.....	19
Figura 3. a.2	Fotografía y clasificación secundaria suelo 2.....	19
Figura 3. a.3	Fotografía y clasificación secundaria suelo 3.....	19
Tabla 3.b.1.	Identificación de los suelos participantes en el sistema de estabilizado.....	20
Tabla 3.b.2.a.	Análisis granulométrico Suelo 1, 2 y 3.....	20
Gráfico 3.b.2.b.	Curva Granulométrico Suelo 1.....	21
Gráfico 3.b.2.c.	Curva Granulométrico Suelo 2.....	22
Gráfico 3.b.2.d.	Curva Granulométrico Suelo 3.....	23
Tabla 3. b.3.	Datos generales - Suelo 1, 2 y 3.....	24
Tabla 3. b.4.	Clasificación según sistema AASTHO y USCS -Suelo 1, 2 y 3.	24

Página

CAPITULO IV:

Tabla 4.a.3.a. Rendimiento operativo diario en faena de estabilizado con productos analizados..... 29

Tabla 4.a.3.b. Incremento del CBR del suelo al ser tratado con productos analizados..... 29

Tabla 4.a.3.c. Productos analizados/Control de la emisión de polvo..... 30

Tabla 4.a.3.d. Productos analizados/Comportamiento ante los cambios de humedad..... 30

Tabla 4.a.3.e. Productos analizados/Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo..... 31

Tabla 4.a.3.f. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes..... 32

Tabla 4.a.3.e. Productos analizados/Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo..... 31

Tabla 4.a.3.f. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes..... 32

Tabla 4.a.4. Características físico/químicas de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55..... 33

Tabla 4.a.5. Estabilidad y Reactividad de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55. 34

Tabla 4.a.6. Peligro de incendio y explosión de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55..... 35

Tabla 4.a.7. Presentación y envase de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55. 36

Tabla 4.a.8. Rendimiento de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55..... 37

Página

Tabla 4.a.9. Transporte de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55..... 38

Tabla 4.a.10. Manipulación de TerraZyme, PennzSuppress'D, PermaZyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55..... 39

Tabla 4.a.11.a. Almacenamiento de TerraZyme..... 40

Tabla 4.a.11.b. Almacenamiento de PennzSuppress'D..... 40

Tabla 4.a.11.c. Almacenamiento de Perma-Zyme 11X..... 40

Tabla 4.a.11.d. Almacenamiento de Descobond-500..... 40

Tabla 4.a.11.e. Almacenamiento de PZ-22X..... 41

Tabla 4.a.11.f. Almacenamiento de Probase TX-55..... 41

Tabla 4.a.14.a.1. Proporción de TerraZyme por m^3 de suelo..... 48

Tabla 4.a.14.a.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con TerraZyme..... 48

Tabla 4.a.14.b.1. Proporción de PennzSuppress'D por m^3 de suelo..... 49

Tabla 4.a.14.b.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con PennzSuppress'D..... 49

Tabla 4.a.14.c.1. Proporción de Perma-Zyme 11X por m^3 de suelo..... 50

Tabla 4.a.14.c.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con Perma-Zyme 11X..... 50

Tabla 4.a.14.d.1. Proporción de Descobond 500 por m^3 de suelo..... 51

Tabla 4.a.14.d.2. Proporción de Descobond 500 para carpetas de prueba..... 51

Tabla 4.a.14.d.3. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con Descobond 500..... 52

Tabla 4.a.14.e.1. Proporción de PZ-22X por m^3 de suelo..... 53

Tabla 4.a.14.e.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con PZ-22X..... 53

Tabla 4.a.14.f.1. Proporción de ProBase TX-55 por m^3 de suelo..... 54

Tabla 4.a.14.f.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con ProBase TX-55..... 54

Página

Tabla 4.a.16. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes..... 56

Tabla 4.a.22. Normas técnicas aplicables a productos analizados..... 61

CAPITULO V:

Fig. 6. a.6.1. Distribución carpetas de prueba - Sector 1 y 3..... 66

Fig. 6. a.6.2. Distribución carpetas de prueba - Sector 2..... 66

Tabla 5. a.7. Proporción de mezcla agua-estabilizante utilizada en pruebas in-situ..... 67

Diagrama 5. b.1 Productos estabilizantes participes en 1^{era} evaluación..... 68

Fig. 5. b.1.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 13 días de elaborada - tramo km 21..... 69

Fig. 5. b.1.1.1.b. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 13 días de elaborada - tramo km35..... 70

Fig. 5. b.1.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 12 días de elaborada - tramo km 21..... 72

Fig. 5. b.1.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, a los 12 días de elaborada - tramo km 28..... 73

Fig. 5. b.1.1.2.c. Carpeta tratada con PSD, a los 12días de elaborada - tramo km35..... 74

Fig. 5. b.1.1.3.a. Carpeta tratada con PZ 11X, 11 días de elaborada - tramo km21..... 75

Fig. 5. b.1.1.3.b. Carpeta tratada con PZ 11X a los 11 días de elaborada - tramo km 28..... 76

Fig. 5. b.1.1.3.c. Carpeta tratada con PZ 11X a los 11 días de elaborada - tramo Km 35..... 78

Fig. 5. b.1.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500 a los 7 días de elaborada - tramo km 21..... 79

Fig. 5. b.1.1.4.b. Carpeta tratada con DB 500 a los 7 días de elaborada - tramo km 28..... 80

Página

Fig. 5. b.1.2.4.c. Carpeta tratada con DB 500, a los 7 días de elaborada - tramo km 35..... 81

Fig. 5. b.1.2.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 6 días de elaborada - tramo km 21..... 82

Fig. 5. b.1.2.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 6 días de elaborada - tramo km 28..... 84

Fig. 5. b.2.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 28 días de elaborada - tramo km 21..... 86

Fig. 5. b.2.1.1.b. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 28 días de elaborada - tramo km 35..... 87

Fig. 5. b.2.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 27 días de elaborada - tramo km 21..... 89

Fig. 5. b.2.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, a los 27 días elaborada - tramo km 28..... 90

Fig. 5. b.2.1.2.c. Carpeta tratada con PSD con a los 27 días de elaborada - tramo km 35..... 90

Fig. 5. b.2.1.3.a. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 26 días de elaborada - tramo km 21..... 92

Fig. 5. b.2.1.3.b. Carpeta tratada con PZ 11X, a los 26 días de elaborada - tramo km 28..... 93

Fig. 5. b.2.1.3.c. Carpeta tratada con PZ-11, a los 26 días de elaborada - tramo km 35..... 94

Fig. 5. b.2.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500, a los 22 días de elaborada - tramo km 21..... 96

Fig. 5. b.2.1.4.b. Carpeta tratada con DB-500, a los 22 días de elaborada - tramo km 28..... 97

Fig. 5. b.2.1.4.c. Carpeta tratada con DB 500 a los 22 días de elaborada - tramo km 35..... 99

Página

Fig. 5. b.2.1.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los de 21 días de elaborada - tramo km 21..... 100

Fig. 5. b.2.1.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 21 días de elaborada - tramo km 28..... 102

Fig. 5. b.2.1.5.c. Carpeta tratada con PZ-22X, a os 10 días de elaborada- tramo km 35..... 103

Fig. 5. b.2.1.6.a. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 21..... 104

Fig. 5. b.2.1.6.b. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 28..... 106

Fig. 5. b.2.1.6.c. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 35..... 107

Fig. 5. b.3.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 43 días de elaborada - tramo km 21..... 109

Fig. 5. b.3.1.1 b. Carpeta tratada con TZ-11x, a los 43 días de elaborada - tramo km 35..... 110

Fig. 5. b.3.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días de elaborada - tramo km 21..... 112

Fig. 5. b.3.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días de elaborada - tramo km 28..... 112

Fig. 5. b.3.1.2.c. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días de elaborada - tramo km 35..... 114

Fig. 5. b.3.1.3.a. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km 21..... 115

Fig. 5. b.3.1.3.b. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km. 28..... 116

Fig. 5. b.3.1.3.c. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km 35..... 118

Página

Fig. 5. b.3.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 28..... 119

Fig. 5. b.3.1.4.b. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 28..... 120

Fig. 5. b.3.1.4.c. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 35..... 122

Fig. 5. b.3.1.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 36 días de elaborada - tramo km 21..... 123

Fig. 5. b.3.1.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 36 días de elaborada - tramo km 28..... 125

Fig. 5. b.3.1.5.c. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 25 días de elaborada - tramo km 35..... 126

Fig. 5. b.3.1.6.a. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 21..... 127

Fig. 5. b.3.1.6.b. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 28..... 129

Fig. 5. b.3.1.6.c. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 35..... 130

Tabla 5.c. Comportamiento cuantitativo de carpetas de prueba a nivel de cota superficie..... 132

Tabla 5.d.1. Volumen de material estructural desprendido-1^{era} evaluación.. 133

Tabla 5.d.2. Volumen de material estructural desprendido-2da evaluación... 134

Tabla. 5. d.3. Volumen de material estructural desprendido-3^{era} evaluación... 135

5. e. Volumen total de material estructural cohesionado v/s desprendido correspondiente a carpetas de prueba, según evaluaciones realizadas..... 136

Página

CAPITULO VI

Tabla 6.b.1. Análisis de precios por servicio de operación en obras de estabilizado con NaCl..... 142

Tabla 6.b.2. Costo total por servicio de operación en proceso de estabilizado con NaCl..... 143

Tabla 6.b.3. Costo del NaCl según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado..... 143

Tabla 6.b.4. Costo indirecto de estabilizar el camino industrial con NaCl..... 143

Tabla 6.b.5. Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl-Caso1..... 144

Tabla 6.b.6. Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl-Caso2..... 144

Tabla 6.b.1.1. Diferencia entre el valor directo y valor global del estabilizado del camino industrial con NaCl..... 144

Tabla 6.c.1. Análisis de precios por servicio de operación en obras de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes..... 145

Tabla 6.c.2. Costo total por servicio de operación en proceso de estabilizado con alternativas de productos químicos..... 146

Tabla 6.c.3. Costo de productos estabilizantes alternativos según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado-Caso1..... 146

Tabla 6.c.4. Costo de productos estabilizantes alternativos según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado-Caso 2..... 147

Tabla 6.c.5. Costo total de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes-Caso 1..... 148

Tabla 6.c.6. Costo total de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes-Caso 2..... 148

Tabla 6.d.1. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso 1 y alternativas de productos-Caso 1..... 149

Tabla 6.d.2. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso 1 y alternativas de productos-Caso 2..... 150

Página

Grafico 6.d.1. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso 1 y alternativas de productos-Caso 1 151

Grafico 6.d. 2. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso1 y alternativas de productos-Caso 2 152

Tabla 6.d.3. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos-Caso 1..... 153

Tabla 6.d.4. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos-Caso 2..... 154

Gráfico 6.d.3. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso 2 y alternativas de productos-Caso1 155

Grafico 6.d. 4. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl-Caso 2 y alternativas de productos-Caso2 156

CAPITULO VII:

Figura 7.b. Camino Industrial posterior a un evento climático con precipitaciones..... 159

RESUMEN

A través de esta tesis se presenta los resultados de una investigación, destinada a entregar una alternativa de producto estabilizante de suelo para el Camino Industrial de Codelco Chile-División Andina, que cumpliese con todos los requisitos exigidos por esta institución, y que fuese competente con el cloruro de sodio o sal, producto actualmente utilizado en la estabilización de este camino.

SUMMARY

Through this thesis it is presented the results of an investigation, dedicated to give an alternative of product floor estabilizantion for the Industrial Road of Codelco Chile-Division Andina that fulfills all the requirements demanded by this institution, and that was competent with the chloride of sodium or salt, product at the moment used in the stabilization of this road.

INTRODUCCION

División Andina de Codelco Chile, empresa estatal productora de concentrado de cobre y molibdenita desarrolla sus actividades productivas en la parte alta de la cordillera, para tal efecto su vía de acceso es un camino de material pétreo de una longitud de 25km, llamado Camino Industrial, el cual es estabilizado anualmente con cloruro de sodio (NaCl) o mas comúnmente conocido como sal.

Andina empeñado por encontrar un tratamiento para este camino, que sea viable, seguro, compatible con el medio ambiente y sustentable a través del tiempo, busca una alternativa de estabilizante de suelo que cumpla los estándares exigidos por la División. Para tal efecto, la presente tesis registra el desarrollo de 9 capítulos los cuales aportan datos que respaldan y permiten entregar una solución de producto estabilizante para el tratamiento del camino industrial acorde a las necesidades y exigencias que demanda la División.

Capítulo I: En este capítulo se podrá apreciar la visión medio ambiental que presenta División Andina, su enlace con el camino el camino industrial, los requisitos que deberá cumplir el producto estabilizante utilizado en el camino industrial según lo establecido por la unidad ambiental de Andina, a esto se suma la descripción general de este camino, su importancia para la División y la descripción de las características que debe presentar el estabilizado del camino industrial.

Objetivos: Focalizar los requisitos exigidos por División Andina para el sistema de estabilizado del camino industrial.

Capitulo II: En este capítulo se da a conocer la incidencia sobre el medio ambiente que genera el cloruro de sodio utilizado en el camino industrial; para tal efecto se presenta un estudio estimativo de la incidencia que tendría el NaCl sobre las aguas del Río Blanco, ubicado a unos 300 mts. del camino industrial, en conjunto con el impacto que ha producido este producto en la infraestructura de los buses que transportan del personal de Andina, a causa de su efecto corrosivo.

Objetivos: Registrar el impactos ambiental que genera la sal utilizada en el camino industrial, con el fin de mostrar su incidencia y así evaluar bajo un criterio mas acertado, al producto actualmente utilizado en el proceso de estabilizado del camino industrial.

Capitulo III: Este capítulo da a conocer en forma cuantitativa y cualitativa los suelos con los cuales cuenta y utiliza actualmente la División para el proceso de estabilizado del camino industrial.

Objetivo: Proporcionar a fabricantes y/o proveedores de productos estabilizantes participantes en el presente estudio, datos necesarios para el cálculo y determinación de la proporción óptima de producto a incorporar por m^3 de suelo.

Capitulo IV: En este capítulo se estudia en forma detallada seis alternativas de productos estabilizantes de suelo, donde se identifican sus fabricantes, proveedores, se describe el principio de funcionamiento de cada producto estabilizante, sus características, comportamiento como agente estabilizador, comportamiento ambiental, presentación, rendimiento y normas aplicables, entre otros.

Objetivo: Dar a conocer las alternativas de productos estabilizantes a través de una detallada documentación técnica, lo que nos permite obtener un perfil de los productos, que será incidente al momento de evaluar la mejor alternativa para el estabilizado del camino industrial.

Capitulo V: Capítulo que entrega la descripción y evaluación visual del comportamiento obtenido de pruebas in-situ de productos estabilizantes alternativos, realizadas en el camino industrial de Andina.

Objetivo: Evaluar a través del tiempo, el comportamiento estructural que presentan las carpetas de rodado tratadas con los diversos productos estabilizantes.

Capitulo VI: En este capítulo se entrega los costos que involucra el estabilizado del camino industrial tanto con cloruro de sodio como con alternativas de productos químicos, a esto se suma un análisis de costo comparativo entre dichas evaluaciones económicas.

Objetivo: Otorgar un análisis de costos de permita visualizar en la actualidad y a futuro los costos directos y asociados del estabilizado según alternativas de productos estabilizantes y producto actualmente utilizado en el camino industrial.

Capitulo VII: En este capítulo se presentan las ventajas y desventajas mas relevantes del sistema de estabilizado con NaCl y alternativas analizadas.

Objetivo: Entregar una visual general de las virtudes he inconvenientes del sistema de estabilizado con sal y alternativas de productos estabilizantes.

Capitulo VIII: En este capítulo se presentan las principales conclusiones obtenidas de este proyecto, con el fin de entregar una solución de producto estabilizante para el Camino Industrial de División Andina, acorde a sus necesidades y exigencias.

CAPITULO I

IMPORTANCIA DEL CAMINO INDUSTRIAL PARA CODELCO CHILE - DIVISIÓN ANDINA

1. a.- <u>El cobre en Chile</u>

⇒ **Inicio de la Explotación Extranjera:** Hallazgos arqueológicos en el desierto de Atacama y en el Norte Chico, indican, que el cobre fue utilizado por los aborígenes 500 A.C. En 1810, año de la Independencia de Chile, se registró una producción anual de 19.000 toneladas métricas de cobre, en 1955 y cuando Chile ya se consolidaba como un gran productor de cobre a escala mundial, la producción del metal rojo registrada alcanzó a las 444.000 toneladas. A comienzos de este siglo la minería del cobre inició su desarrollo a través de grandes consorcios Norteamericanos que decidieron invertir en la explotación de yacimientos a gran escala. Estas compañías fueron:

- Chile Exploration Company (Co): Administró el yacimiento de Chuquicamata desde 1910 a 1923.
- Anaconda Copper Co: Administró hasta 1971, a través de sus dos filiales Andes Copper Co y la Chile Exploration Co, los yacimientos de Potrerillos (1905), El Salvador (1956) y Chuquicamata (1923).
- La Braden Copper Co: Administró el yacimiento de El Teniente entre 1904-1905.
- La Kennecott Corporation: Administró el yacimiento de El Teniente entre 1905-1971.
- Compañía Minera Andina, filial de la Cerro Corporation (EEUU): Administró el yacimiento de Río Blanco desde 1966 a 1971.

⇒ **Departamento del Cobre:** Hasta 1951 el Estado de Chile tenía poco que ver con los frutos de la comercialización del cobre, ya que este estaba en manos de las grandes compañías extranjeras que extraían el mineral; sin embargo ese año se firmó el Convenio de Washington, que le permitió a Chile disponer del 20% de la producción del Cobre.

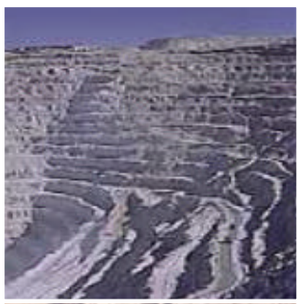
En 1955, se creó el Departamento del Cobre, el cual informaba a los poderes públicos sobre la producción y venta del mineral, además autorizaba las exportaciones de cobre y las importaciones necesarias para el funcionamiento de las empresas productoras.

⇒ **Chilenización del Cobre:** Consistió en la aprobación, por parte del Congreso Nacional (1966), del proyecto de ley que implicaba la creación de "Sociedades Mixtas", entre el Estado de Chile y las empresas extranjeras productoras de cobre. Estas Sociedades Mixtas, eran aquellas en que el Estado de Chile pasaba a poseer el derecho del 51% de la propiedad de los yacimientos en manos de las empresas extranjeras.

⇒ **Nacionalización del cobre:** Por aprobación del Congreso Nacional en 1971, pasaron a dominio nacional todos los bienes de las empresas extranjeras productoras de cobre en Chile, tomando el Estado de Chile posesión material de sus instalaciones existentes. En Julio de 1971, se crean las "Sociedades Colectivas del Estado", continuadoras legales de las

compañías nacionalizadas. Sin embargo, la dirección y administración superior de estas compañías, queda a cargo de la Corporación del Cobre, que designa Gerentes Generales en cada uno de los yacimientos. El período de nacionalización de la Gran Minería del cobre se consolida al declarar la inscripción de los yacimientos a nombre del Estado; como consecuencia, el 1 de abril de 1976 se crea "**La Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco Chile)**, empresa del Estado, que agrupa a estos yacimientos en una sola Corporación, minera, industrial y comercial con personalidad jurídica y patrimonio propio, de duración indefinida que se relacionará con el Gobierno a través del Ministerio de Minería.

1. b.- <u>Codelco Chile</u>



Codelco Chile es la Corporación Nacional del cobre de Chile, es una empresa del Estado de propiedad de todos los chilenos; su negocio principal es la exploración, desarrollo, explotación, procesamiento y comercialización de recursos mineros de cobre y subproductos. Codelco es el mayor productor y comercializador de cobre del mundo, representando con una producción de 1,67 millones de toneladas métricas fina (tmf), año 2003 el 15% de la producción de cobre registrada a nivel mundial. La empresa también se presenta como el segundo productor mundial de molibdeno, con 23.173 tmf. Codelco es una de las empresas más rentables de la industria nacional con ventas por 3.782 millones de dólares (2003). Codelco posee activos totales por 8.092 millones de dólares y un patrimonio de 2.821 millones de dólares (diciembre 2003), sin considerar el valor de sus concesiones mineras ni de sus reservas de cobre, que equivalen al 17% (77 millones de tmf) de las reservas a nivel mundial, suficientes para mantener su nivel de producción durante 70 años.

Las operaciones que hacen de Codelco el principal productor mundial de cobre son realizadas a través de sus Divisiones, encargadas de la explotación de los yacimientos, el procesamiento de los minerales, y la obtención del metal y sus subproductos para el envío a

los mercados mundiales. Codelco cuenta con cuatro Divisiones mineras, con similares procesos productivos: División Codelco Norte (que agrupa a las ex divisiones Chuquicamata y Radomiro Tomic), División Salvador, División Andina y División El Teniente. Divisiones ubicadas entre las zonas norte, centro y centro-sur de Chile.

Fig. 1. b.1. Mapa de Chile. Ubicación geográfica de las 4 divisiones de Codelco.

⇒ **Línea de producción:** El principal producto de Codelco es el cobre refinado en la forma de cátodos o lingotes con 99,99% de pureza. La Corporación también produce concentrados de cobre, cobre blister y anódico, subproductos como molibdeno, barro anódico y ácido sulfúrico; además fabrica en Alemania alambrón.

⇒ **Comercialización:** Codelco vende en forma directa sus productos de cobre[(1)] y de molibdeno[(2)]. Esas operaciones de comercialización son encabezadas por una vicepresidencia respaldada por la fuerza de ventas en la corporación, una red de subsidiarias y agentes de venta en diversos lugares del planeta. Codelco cuenta con una amplia cartera de clientes en todo el mundo (Asia, Europa, Norteamérica y Sudamérica).

El cobre en la computación

El cobre en las Telecomunicaciones

El cobre en la refrigeración y aire

Aplicaciones arquitectónicas

Cañerías y alambre de cobre

El cobre en la transmisión eléctrica

El cobre en los automóviles

El cobre en los motores

(1): El **cobre** (Cu) es un elemento metálico que se encuentra presente en la naturaleza; posee atributos como alta conductividad eléctrica, alto grado de conductividad térmica, excelente para proceso de maquinado, gran resistencia a la corrosión, alta capacidad de aleación metálica, muy buena capacidad de deformación en caliente y frío, mantiene sus propiedades indefinidamente, permite la recuperación de metales de aleaciones, elemento básico para la vida animal y vegetal. Posee propiedades bactericidas, es de color cálido apto para la decoración y el arte.

(2): El **molibdeno** es un elemento metálico muy requerido en los mercados internacionales pues se utiliza para aleaciones de aceros especiales y otras aleaciones con atributos especiales de durabilidad, fortaleza y resistencia al calor y la corrosión.

⇒ **Gestión económica-financiera:** Las cifras disponibles en esta sección revelan los resultados de la gestión de Codelco durante los últimos años en las áreas económica y financiera, operacional y laboral.

Cifras Financieras-(Millones de US$)					
	1999	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
Ventas	2.944	3.610	3.588	3.490	3.782
Excedentes	572	753	412	369	606
Pagos al Fisco	269	702	370	326	688
Activo Total	5.817	5.819	6.120	6.733	8.092
Pasivo Total	3.035	3.042	3.411	4.000	5.268
Patrimonio	2.782	2.777	2.700	2.733	2.821
Inversiones	356	504	472	713	639
Producción de cobre					
Miles de toneladas finas	1.615	1.612	1.699	1.630	1.674
Empleo directo (al 31 de dic.)					
Personal propio	17.313	17.349	17.166	16.907	16.595
Contratistas de operación	9.346	10.786	13.773	14.140	17.614
Contratistas de inversión	3.807	5.410	5.346	12.450	9.320
Precio del cobre (US c/lb)					
BML cátodos grado A	71,0	82,3	71,6	70,6	80,7

En el 2003 Codelco implemento sus excedentes en un 64% y su producción en 2,8% con respecto a igual periodo del año anterior, el aporte al fisco ascendió a 688 millones de dólares.

1. c.- Codelco Chile División Andina

⇒ **Reseña histórica:** El yacimiento que explota División Andina denominado Rió Blanco, remonta sus antecedentes al año 1850. Por estar ubicado en la cabecera de un valle glaciar, se encuentra cubierto con nieve gran parte del año, situación que hizo desistir de su exploración a numerosas empresas dado el alto riesgo de inversión que involucraba. Recién en 1955, la compañía Cerro Corporación debido a su amplio conocimiento y experiencia en el tema, sumado a su gran capacidad de inversión, comienza una campaña exploratoria y un completo estudio que duró 10 años, culminando en 1966 con la formación de la Compañía Minera Andina S.A., integrada por Cerro Corporation y el Gobierno de Chile. Esta empresa desarrolló un proyecto único en el mundo por sus instalaciones subterráneas, dando inicio a la producción del yacimiento Río Blanco en julio de 1970. En 1971 la Compañía Andina fue nacionalizada, y a partir de febrero de 1976 pasa a ser parte de la Corporación Nacional del Cobre de Chile, como la actual División Andina, patrimonio del Estado de Chile.

⇒ **Descripción:** División Andina se encuentra ubicada a 38 kilometros (km). de la provincia de los Andes (80km al noreste de Santiago) en la quinta región de Chile.

Sus operaciones mineras se desarrollan en la parte alta de la cordillera, entre los 3.500 y 4.200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Ubicación geográfica División Andina de Codelco Chile.

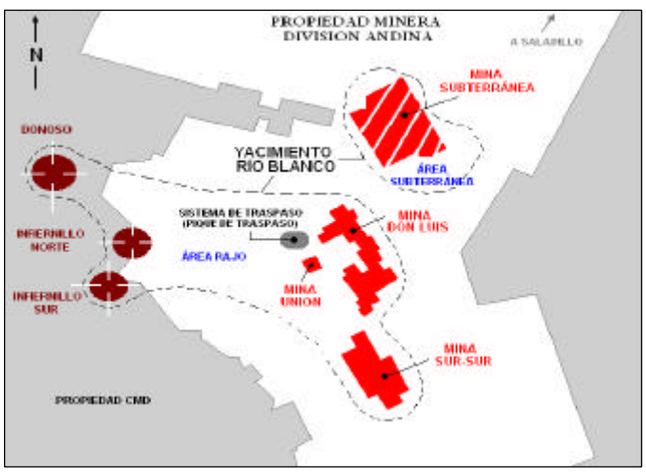
El modelo de yacimiento que explota División Andina se clasifica geológicamente como pórfido cuprífero; su formación está asociada a la actividad volcánica provocada por los movimientos de las placas tectónicas de la corteza terrestre.

El avance de estas placas genera fisuras cerca del borde continental, las que son rellenadas por el magma, que origina una segregación y concentración de minerales.

El yacimiento Río Blanco esta conformado por el Área Subterránea (explorada desde 1955) y el Área Rajo (explorada desde en 1980).

El Área Subterránea, localizada aproximadamente a 3.500 m.s.n.m esta constituida por la Mina Subterránea Río Blanco cuyo sistema de minería es bajo tierra, en tanto a dos kilómetros al sur de ésta mina, entre los 4.000 y 4.200 m.s.n.m con un sistema de minería a cielo abierto se encuentra emplazada el Área Rajo, constituida por las Minas a Rajo Abierto: Sur-Sur, Don Luis y Unión.

Ubicación cuerpos mineralizados-División Andina



Andina produce Concentrado de Cobre y Molibdenita de alta calidad. Además posee alrededor de 20 millones de toneladas de reservas mineras, con una ley promedio de 1% a 1,2% de Cobre y de 0,026% a 0,028% de Molibdenita.

El yacimiento Rió Blanco se explota mediante un sistema mixto, que contempla la explotación de mineral a cielo abierto (Área Rajo) y bajo tierra (Área Subterránea).

⇒ **Proceso de extracción del mineral / Proceso de concentración del mineral extraído:**

Ver Anexo 1, Ítem 1.1

1. d.- <u>Codelco-División Andina hacia una minería ambiental responsable</u>

Para Codelco Chile, como uno de los más grandes comercializadores de cobre en el mundo y por ende un gran aporte para el país, es un deber tener productos y procesos limpios que no generen impacto ambiental, por dos razones:

1) Compromiso Ambiental con el País: Codelco como empresa de todos los chilenos tiene el compromiso ético con el país de respetar y preservar el entorno.

2) Factor Clave para el comercio internacional: En el ámbito internacional existen Normas destinadas a asegurar la calidad de un producto y a garantizar que éste sea resultado de una gestión respetuosa hacia el medio ambiente. Es así como la responsabilidad con el medio ambiente ha adquiriendo una importancia central en las decisiones que toman las empresas modernas, en consecuencia un producto que contamine o que sea fruto de procesos contaminantes no se venderá en el exterior. Por consiguiente la política ambiental de la Corporación establece que la Gestión Ambiental en la empresa es uno de los pilares fundamentales para contribuir a la misión corporativa y consolidar su competitividad, viabilidad y liderazgo en el negocio. Por tanto, consecuente con una minería ambientalmente responsable, Codelco decreta que todos los procesos que se vean involucrados en la producción de cobre y sus subproductos, deberán poseer la certificación de la Norma ISO-14.001 (Sistema de Gestión Ambiental), es decir deberán cumplir con los requisitos de esta Norma y demostrar un Sistema de Gestión, así como procedimientos que garanticen su cumplimiento. (Norma 14.001, Anexo1, Ítem 1.2). De esta manera, Codelco avanza hacia una minería limpia con respecto al entorno, llevando adelante un estilo de gestión coherente con estándares ambientales establecidos a nivel mundial.

Como una de las 4 divisiones productivas de Codelco Chile, División Andina ha asumido decididamente la política ambiental de la Corporación; para ello la empresa a desarrollado un Sistema de Gestión Ambiental certificado internacionalmente bajo la Norma ISO 14.001, y ha establecido como prerrequisito de la certificación de sus procesos, un Acuerdo Ambiental Voluntario con organismos fiscalizadores de nivel regional y nacional, comprometiéndose a cumplir con las leyes y normas de gestión ambiental. Tales medidas generaron que desde Julio del 2003, División Andina presenta la certificación ISO-14.001 de los 32 procesos clasificados como necesarios para llevar acabo la producción de cobre y sus subproductos; sin embargo esta licencia ambiental es provisoria ya que los procesos deberán seguir en auditoria a través del tiempo para acreditar su vigencia con la Norma 14.001.

1. d.1. Requisitos a cumplir por el producto estabilizante utilizado en el camino industrial según lo establecido por la Unidad Ambiental de Andina

La Unidad Ambiental de Andina (UAMB), establece que el producto estabilizador utilizado en la elaboración de la carpeta de rodado del camino industrial debe certificar su comportamiento ambiental según Norma ISO-14.001. Para tal efecto el producto estabilizante deberá someterse a una serie de pruebas o test Ambientales que nos señalan a través de valores preestablecidos por norma, la incidencia del compuesto estabilizador sobre la salud de las personas, así como sobre los recursos naturales expuestos (suelo, aire y agua), dándonos a conocer de esta manera, si el producto analizado según ensayos ambientales esta dentro de los rangos de valores admisibles para ser considerado no peligroso.

Por consiguiente, el posible efecto que provoque el producto estabilizador de suelo en el Medio Ambiente y Salud, se deberá medir a través de los siguientes ensayos:

- Test TCLP: Procedimiento de Característica de Toxicidad por Lixiviación.
- Test de Reactividad.
- Test de Corrosividad.
- Monitoreo de calidad del aire (PM10/PTS).
- Monitoreo de calidad del agua.

(Descripción de pruebas ambientales ver Anexo 1, Ítem 1.3)

1. e.- <u>Descripción del camino industrial de División Andina</u>

El camino industrial dentro de División Andina de Codelco Chile, posee todas las características atribuibles a un camino de montaña, el cual se interna más de 30km. al interior de la cordillera de Los Andes. Los cambios fuertes de pendiente, la excesiva cantidad de curvas, lo peligroso que se torna en invierno (lluvias, nieve, hielo, etc.) y las altitudes a las que llega (4.200 m.s.n.m.), hacen de este camino un factor importante para el buen funcionamiento de la División, siendo fundamental la viabilidad que entregue.

Fig. 1. e.1. Vista general Camino Industrial División Andina.

A lo largo de toda su extensión existe la posibilidad de avalanchas, especialmente en los meses de invierno, lo que da a este camino una característica especial debido a lo peligroso que se torna para el tránsito de vehículos. Este camino esta conformado por una superficie de rodado de material pétreo (extraído de la misma precordillera) estabilizado actualmente con cloruro de sodio (NaCl), conocido comercialmente con el nombre de sal; estabilizante que al ser mezclado con el material de empréstito, le da una gran densidad he impermeabilidad frente a todo tipo de clima. Esta carpeta, permite mantener una superficie de rodado apta para el tránsito de vehículos, minimizando los riesgos producidos por el congelamiento de la carpeta luego que las máquinas despejan el camino después de un temporal. El NaCl a demás es empleado en las operaciones de mantención y control de hielo del camino industrial. (Para mayor indagación del producto NaCl, ver Anexo1, Ítem 1.4: Sal de estabilizado-Manual informativo y Hoja de datos de seguridad).

Producto del excesivo deterioro que sufre la carpeta de rodado en los meses de invierno el tratamiento de estabilizado efectuado al camino industrial se realiza una vez por año.

El camino industrial adicionalmente se caracteriza por presentar a lo largo de todo su recorrido cañerías subterráneas (a 10mt. de profundidad) que permiten el traslado del mineral y sus desechos (actualmente solo como vía alternativa) desde el concentrador a la planta de filtro y embalse de relave respectivamente.

Fig. 1. e.2. Carpeta de rodado estabilizada con NaCl

La topografía propia del camino (cambios fuertes de pendientes y la gran cantidad de curvas) hacen que éste sea difícil de mantener, y a su vez, exige que el sistema de carpeta adoptado sea granular, debido a que la existencia de una carpeta rígida (pavimento de hormigón u asfalto) dificultaría la realización de trabajos de excavación que se realizan para la mantención de cañerías subterráneas conductoras del mineral y sus desechos; elevando con esto el costo de reparación y de mantenimiento del camino.

1. f.- Importancia del camino industrial para División Andina

La importancia del camino industrial para Andina radica en tres puntos específicos:

1. Es el único medio que permite el traslado masivo del personal (aprox. 80% del recurso humano existente en Andina) hacia las principales instalaciones de la División (Minas Rajo Abierto, Mina Subterránea y Concentrador), durante las 24horas del día, los 365 días del año permitiendo hacer posible mantener una producción constante de cobre durante todo el año y con esto generar desarrollo en el sector minero, en la región y en el país.
2. Medio utilizado como shaft (guía) para la mayoría de conductos y cañerías subterráneas que trasladan concentrado de cobre y relaves (como vía alternativa).
3. El camino industrial designado como Servicio de Atención Vial, es uno de los 32 procesos clasificados como necesarios para llevar acabo la producción de cobre y sus subproductos, por ende deberá cumplir con la Política de Gestión Integrada de la División que contempla: Certificación del proceso según normas: ISO-14.001 (Medio Ambiente), ISO-9.001 (Calidad) y ISO-18.001 (Seguridad).

1. g.- <u>Características que debe presentar el sistema de estabilizado del camino industrial de Andina</u>

- El diseño de la carpeta definitiva debe permitir tanto en periodos de verano como de invierno cumplir con las características de confortabilidad y seguridad para el trancito de vehículos, sin que se produzcan mayores dificultades en el traslado del personal a sus áreas de trabajo.

- La elección de la carpeta a utilizar no pobra ser estructuralmente rígida debido a la enorme cantidad de excavaciones que demandan cañerías subterráneas emplazadas en el camino industrial.

- El método de estabilizado debe ser tal que permita mejorar las características de resistencia, permeabilidad y durabilidad (1año) del camino.

- El sistema de estabilizado debe responder a un comportamiento tal que en invierno no debe ser afectado en gran proporción por las bajas temperaturas que provocan congelamiento en la superficie de la carpeta ya que pavimentos de hormigón así como de asfalto han provocado en la División varios accidentes por superficies resbaladizas.

- La superficie de rodado debe adquirir propiedades semejantes a una carpeta rígida, evitando en gran medida el levantamiento de polvo y la formación de calaminas.

- El sistema de estabilizado debe ser compatible con el Política de Gestión Integrada de la División, es decir el proceso de estabilizado utilizado en el camino industrial debe cumplir con las normas: ISO-14.001 (Medio Ambiente), ISO-9.001 (Calidad) y ISO-18.001 (Seguridad).

- Para Andina es importante mantener sus caminos en buenas condiciones utilizando métodos que no encarezcan los costos de producción del cobre, por lo que el sistema de estabilizado a utilizar debe demandar costos de construcción y mantención, muy por debajo de lo que se logra con pavimentos de hormigón u asfalto.

CAPITULO II

INCIDENCIA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DEL ACTUAL PRODUCTO ESTABILIZANTE UTILIZADO EN EL CAMINO INDUSTRIAL DE ANDINA

2. a.- Cloruro de Sodio y su incidencia sobre el medio ambiente

Las operaciones de estabilizado, mantención y control de formación de hielo en la superficie de la carpeta del camino industrial de Andina, son realizadas con un sólo producto denominado Cloruro de Sodio (NaCl) o Sal de estabilizado. Para tales operaciones, la proporción de sal utilizada en el camino industrial es la siguiente:

Diagrama 2.a.1. Consumo de sal anual demandado por el camino industrial.

Consumo de sal anual bajo condiciones climáticas adversas
Para el proceso de estabilizado se utilizan 1.500.000 kg de sal (60kg/m^3); esta cantidad corresponde a la sal ocupada para estabilizar 25km = 25.000 ml ≅ 25.000m^3 de suelo (tierra). Para el control de hielo en época de invierno se ocupan aproximadamente (*): 110.500kg de sal. Se agrega un 10% del total de la sal que se emplea en el proceso de estabilizado, debido a que en las curvas del camino se utiliza un porcentaje mayor al considerado para el cálculo de sal a emplear en el estabilizado señalado en el primer punto, es decir: 150.000kg de sal.

Resumen: El total de sal que ocupa el Departamento de Caminos y Nieve (CCNN) para el proceso de estabilizado y control de hielo en el camino industrial en un año que presenta condiciones climáticas desfavorable es: (1.500.000+110.500+150.000)kg = 1.760.500kg = 1.761Toneladas de NaCl.

(*): Fuente: consumo de sal para control de hielo año 2002 (Este año según registros meteorológicos por condiciones climáticas más desfavorables que años comprendidos entre 2000 y 2003, el consumo de sal, para el control de hielo en la superficie de la carpeta de rodado fue mayor).

La incidencia ambiental que ha generado el Cloruro de Sodio utilizado en el camino industrial de Andina, solo es cuantificable a la fecha por datos aportados tanto de un estudio estimativo sobre la incidencia del NaCl en las aguas del Río Blanco, como del impacto real que a producido este producto en la infraestructura de los buses (JM) de transporte del personal de Andina. Sin embargo con el fin de generar mayor claridad sobre la incidencia ambiental que genera el Cloruro de Sodio se adjunta información en Anexo 2 Ítem 2.1: "Impactos sobre el ambiente de caminos tratados con Sal".

2. a.1- Incidencia del cloruro de sodio en las aguas del Río Blanco

Para determinar incidencia del NaCl sobre las aguas del Río Blanco, la unidad de ambiental de Andina realizo un estudio estimativo del aporte de Cloruro y de Sodio a las aguas de dicho acuífero, como consecuencia directa de las operaciones de mantención del camino industrial en época invernal y en época de deshielos.

⇒ Estimación del Aporte de sal en las aguas del Río Blanco:

Para la estimación de los aportes de Cloruro y de Sodio al río, a ocasión de las precipitaciones y los deshielos que arrastran la Sal depositada sobre el camino industrial se consideró:

Supuestos del Cálculo

- Se considera el peor de los casos: Todo el Cloruro de Sodio del camino va directamente al río.
- Se considera un volumen de control de camino consistente en $1m^2$ de superficie. En el caso de las precipitaciones, se considerará agua lluvia.
- Las lluvias lixivian completamente la Sal.
- No se acumula Sal en el suelo por infiltraciones.
- Se considera los consumos anuales proporcionados por Área CC NN-Andina.

Consumos:

Consumo de NaCl	Valor	Unidad
Total Anual	1000	Ton/año
Superficial Anual	5	Ton Año/m^2
Lineal Anual	40	Kg/m

Simulación:

Para la simulación del efecto de la sal arrastrada desde el camino industrial por las aguas lluvias y deshielos sobre las aguas el Río Blanco, se analizan los siguientes escenarios:

Concentración de NaCl en el río a causa de precipitaciones sobre el camino industrial, durante un tiempo de:

Escenario 1: 5 hrs.	Escenario 2: 10 hrs.	Escenario 3: 20 hrs.
Escenario 4: 5 hrs.	Escenario 5: 10 hrs.	Escenario 6: 20 hrs.

Para todos los escenarios propuestos se considera que la sal es arrastrada por la superficie del camino (8m de ancho) recorriendo una distancia de 10km, 15km, 20km, 25km y 30km, antes de desembocar en el rió.

Para los escenario 1, 2 y 3 se considero que el río presentaba un caudal de 252 lts/seg(*), y precipitaciones acumuladas (mensual) equivalentes a 651.8 mm(*). En tanto para los escenario 4, 5 y 6 se considero que el río presentaba un caudal de 950 lts/seg(**), y que las precipitaciones acumuladas eran de 93.8mm(**).

(*): Datos correspondientes al mes de Julio 2001.

(**): Datos correspondientes al mes de Abril 2001.

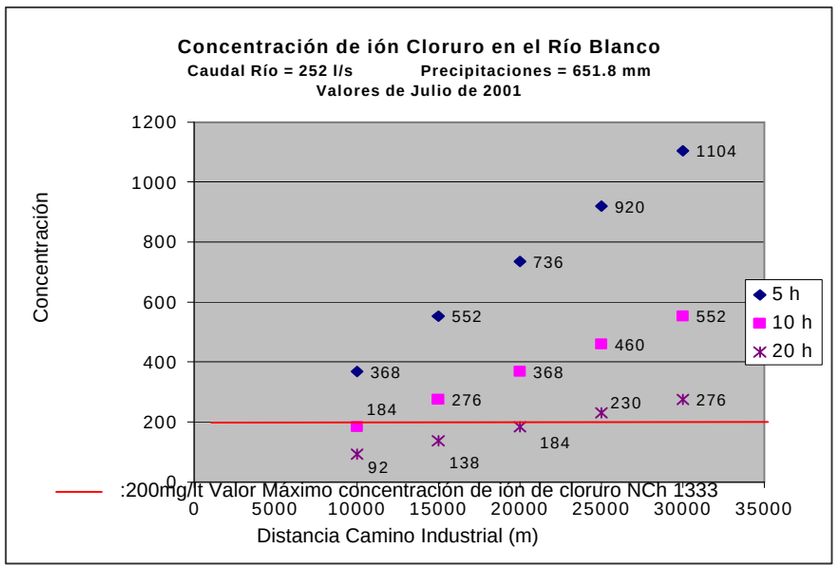
Resultados:

(1): La concentración de Cloruro (Cl) y Sodio (Na) en el Río Blanco por aporte de la Sal proveniente del Camino Industrial (Arrastre superficial por lluvia) para los escenarios 1, 2 y 3 (Caudal del Río = 252 lt/seg. y Precipitaciones mensuales Acumuladas = 651,8 mm). Se asume que las precipitaciones registradas en el mes, ocurren en su totalidad, en las horas de lluvia señalada en la tabla.

Tabla 2.a.1.1. Estimación aporte de sal en las aguas del río Blanco, escenarios 1, 2 y 3.

Distancia de arrastre de sal por lluvia (mt.)	Concentración (mg/lt) Horas de lluvia 5 hrs.		10 hrs.		20 hrs.		Concentración según Norma 1333 Valor máx. admisible	
	Na	**Cl**	**Na**	**Cl**	**Na**	**Cl**	Sodio Porcentual (Na)	Concentración Cloruro (Cl)
10.000	238	368	119	184	60	92	35%	200 mg/lt
15.000	359	552	179	276	89	138	35%	200 mg/lt
20.000	477	736	238	368	119	184	35%	200 mg/lt
25.000	596	920	298	460	149	230	35%	200 mg/lt
30.000	715	1104	358	552	179	276	35%	200 mg/lt

Gráfico 2.a.1.1. Concentración de ión Cloruro en el Río Blanco escenarios 1; 2 y 3.

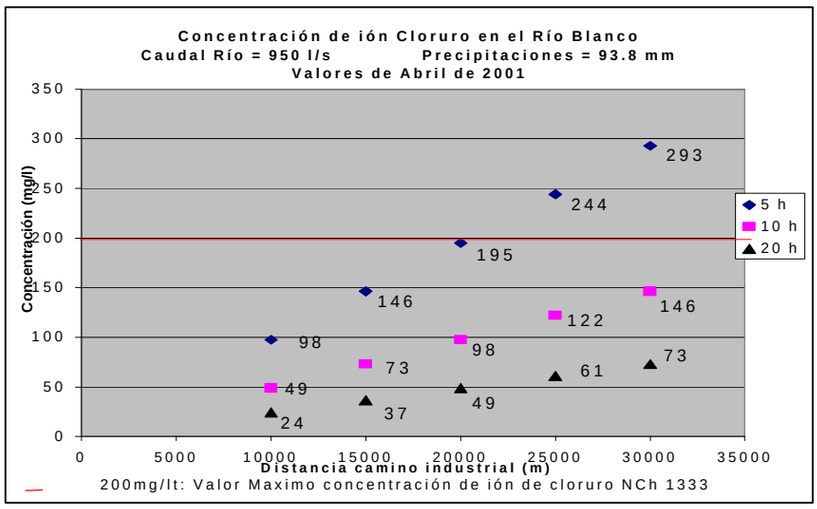


(2): La concentración de Cloruro y Sodio en el río Blanco por aporte de la Sal proveniente del Camino Industrial (Arrastre superficial por lluvia) para los escenarios 4; 5 y 6 (Caudal del Río = 950 lts/seg y Precipitaciones mensuales Acumuladas = 93.8 mm). Se asume que las precipitaciones registradas en el mes, ocurren en su totalidad, en las horas de lluvia señalada en la tabla.

Tabla 2.a.1.2. Estimación aporte de sal en las aguas del río Blanco escenario 4, 5 y 6.

Distancia de arrastre de sal por lluvia (mt.)	Concentración (mg/lt) Horas de lluvia						Concentración según Norma 1333	
	5 hrs.		10 hrs.		20 hrs.		Valor máx. admisible	
	Na	**Cl**	**Na**	**Cl**	**Na**	**Cl**	Sodio Porcentual (Na)	Concentración Cloruro (Cl)
10.000	63	98	32	49	16	24	35%	200 mg/lt
15.000	95	146	47	73	24	37	35%	200 mg/lt
20.000	126	195	63	98	32	49	35%	200 mg/lt
25.000	158	244	79	122	40	61	35%	200 mg/lt
30.000	190	293	95	146	47	73	35%	200 mg/lt

Gráfico 2.a.1.2. Concentración de ión Cloruro en el río Blanco escenarios 4; 5 y 6.



2. a.2-.<u>Incidencia del NaCl en los buses de transporte del personal de Andina</u>

El NaCl posee la propiedad de aumentar la conductividad del agua lo que induce y acelera la corrosión de los metales expuestos, es así como el Cloruro de Sodio utilizado en el camino industrial, ha generado un impacto negativo en la infraestructura de los vehículos de transporte del personal de Andina, específicamente línea de buses JM. Este impacto se registra aun cuando la empresa encargada de éste servicio, toma medidas de prevención como tratamiento anticorrosivo (pinturas) y lavado de las maquinas expuestas, sin embargo tal efecto se explica por el papel abrasivo que toma el material pétreo que conforma la propia carpeta de rodado, ya que éste,

Sal solidificada-sector eje trasero

Daño estructura en barios, sectores bajo Chassis

por acción de los esfuerzos de tracción que generan las ruedas de los vehículos sobre la superficie del camino, es extraído y levantado de la carpeta, provocando que golpee la infraestructura de los vehículos, causando que el sello anticorrosivo se fracture o pique quedando expuesto el metal a la acción corrosiva de la sal. Este mismo comportamiento explica que el daño corrosivo a la infraestructura de los buses se focalíce en el sector de ruedas y cara transversal posterior del equipo.

La infraestructura de los buses, afectada por la acción corrosiva de la sal utilizada en el camino industrial, registra mayoritariamente el compromiso de las siguientes piezas:

Carrocería:

Placas o Chapas (mampostería) de aluminio a nivel de eje delantero y trasero / A nivel estructural, en sector eje trasero / Estructura de perfil tubular que sostienen asientos (sector eje trasero y delantero) / Sector trasero del bus (cola). Sal corroe estructura y chapa en un área igual al 50% de la altura del bus / Parachoque delantero y trasero.

Chassis: *A: Sector tren delantero /B: tren trasero*

Válvulas de aluminio y antimonio, de control de aire comprimido del bus / Válvulas: moduladoras de freno ABS; de descarga rápida y de suspensión. (A) / Líneas hidráulicas de dirección. (B) / Acumuladores de aire comprimido. (A) / Carcasa de aluminio de caja de transferencia de dirección (A)/ Sistema de freno delantero(A).

El impacto corrosivo que genera la sal utilizada en el camino industrial afecta a los 18 buses de la flota JM que circulan por el área industrial generando un gasto anual por mantención de aproximadamente $13.000.000 por equipo.

Sector parachoque trasero

Mampostería (Chapa) carrocería, sector eje trasero

Sector eje trasero

Guardafango región superior, sector eje delantero

Mampostería carrocería, sector rueda trasera

Tubulares, estructura que sostiene asientos

CAPITULO III

CLASIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE SUELOS CON LOS QUE CUENTA LA DIVISIÓN PARA ESTRUCTURAR LA CARPETA DE RODADO DEL CAMINO INDUSTRIAL

3. a.- <u>Clasificación de los suelos que conforman el camino industrial</u>

⇒ **Clasificación inicial**: Los suelos que conforman el camino industrial, son suelos provenientes de tres canteras ubicadas dentro del mismo sector industrial; el material extraído de cada cantera es harneado, permitiendo tener una clasificación inicial de partículas entre 1½ y ”2”; posteriormente se acopia en un sector cerca de la cantera que le dio origen; quedando de esta forma en condiciones para ser utilizado.

⇒ **Clasificación secundaria**: Realizada la clasificación inicial de cada suelo, estos reciben de acuerdo a su ubicación, una segunda clasificación, la cual tiene como fin identificar en forma general, breve y precisa; el nombre y localización física de los suelos con los que se construye la carpeta de rodado del camino industrial.

Por consiguiente la clasificación secundaria de los suelos que conforman la carpeta de rodado del camino industrial, es la siguiente:

Figura 3. a.1. Fotografía y clasificación secundaria suelo 1.

- **Nominación tierra extraída:** Suelo 1
- **Nominación del Acopio:** Cono km. 17
- **Ubicación acopio:** Km 17 al costado Este del camino industrial a 2.150m de altitud.
- **Ubicación Cantera:** Costado Este del camino industrial a 2.150m de altitud.

Figura 3. a.2 Fotografía y clasificación secundaria suelo 2.

- **Nominación tierra extraída:** Suelo 2
- **Nominación del Acopio:** Cono km. 28 “BARRIGA”
- **Ubicación acopio:** Km 28 frente al centro Nivo-Meteorológico de Lagunitas a 2.720m de altitud.
- **Ubicación cantera:** Costado Este del río a 2.900m de altitud.

Figura 3. a .3 Fotografía y clasificación secundaria suelo 3.

- **Nominación tierra extraída:** Suelo 3
- **Acopio:** Cono Nivel 11
- **Ubicación acopio:** km. 35 al costado Este del camino industrial a 3.490m. de altitud.
- **Ubicación cantera**: Costado Este del camino industrial a 3.490m de altitud.

3. b.- Caracterización de los suelos que conforman el camino industrial

La caracterización de los suelos contempla la identificación completa y detallada de estos; esta se logra sometiendo a una muestra de suelo, a una serie de análisis de laboratorio, los cuales entregan datos sobre el tipo y proporciones de materiales que componen el suelo, sus consistencias, pesos, humedad y contenido orgánico.

En la estabilización de un camino la caracterización del suelo participante en el proceso, es totalmente indispensable, ya que ésta nos permitirá obtener un perfil base de su comportamiento y adaptabilidad como material de construcción, permitiendo con ello estudiar y determinar una dosificación optima o cercana a ésta, de producto estabilizante necesario para tratar ese suelo. Por tanto, según análisis de laboratorio, la caracterización de los suelos con los que cuenta División Andina para el proceso de estabilizado del camino industrial y con los cuales se probaron productos estabilizantes alternativos, es la siguiente:

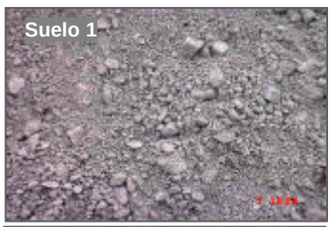
3. b.1.- Identificación de los suelo

Tabla 3.b.1. Identificación de los suelos participantes en el sistema de estabilizado.

Identificación		
Suelo	Tipo de Suelo	Cono
1	Grava Arena color gris	Km 17
2	Grava-Arena color verdoso oscuro	Km 28 “Barriga”
3	Arena limosa color café claro	Nivel 11

3. b.2.- Análisis Granulométrico

Tabla 3.b.2. a. Análisis granulométrico Suelo 1, 2 y 3

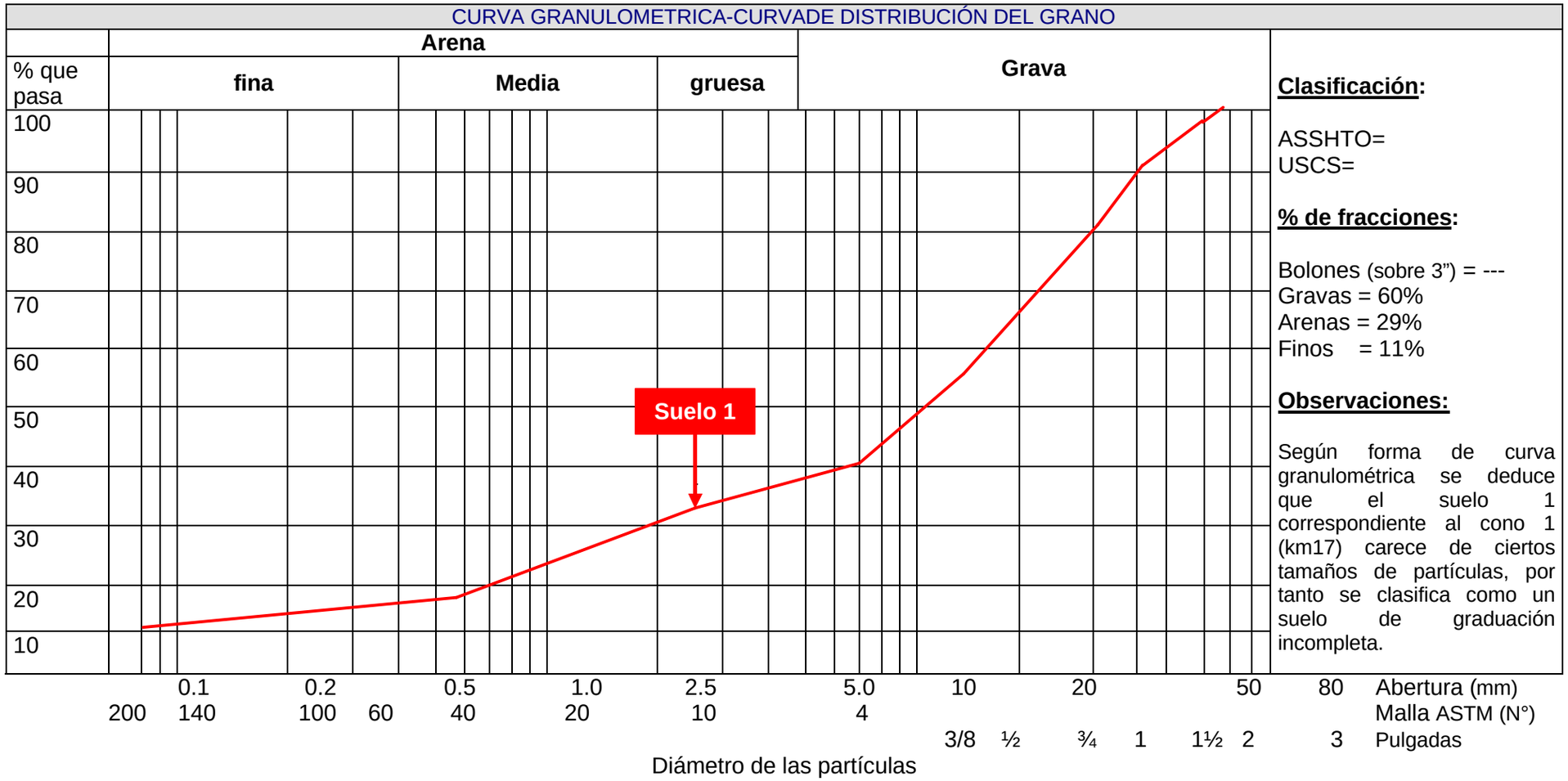


Análisis Granulométrico-suelo										
% que pasa por el tamiz										
3”	2 ½ “	2”	1 ½”	1”	¾”	$^{3}/_{8}$”	4	10	40	200
---	---	100	98	91	82	58	40	34	19	11
% de fracciones										
Bolones %		Gravas %			Arenas %			Finos %		
---		60			29			11		

Análisis Granulométrico-suelo 2										
% que pasa por el tamiz										
3”	2 ½”	2”	1 ½”	1”	¾”	$^{3}/_{8}$”	4	10	40	200
---	---	100	92	77	66	45	32	25	15	9
% de fracciones										
Bolones %		Gravas %			Arenas %			Finos %		
---		68			23			9		

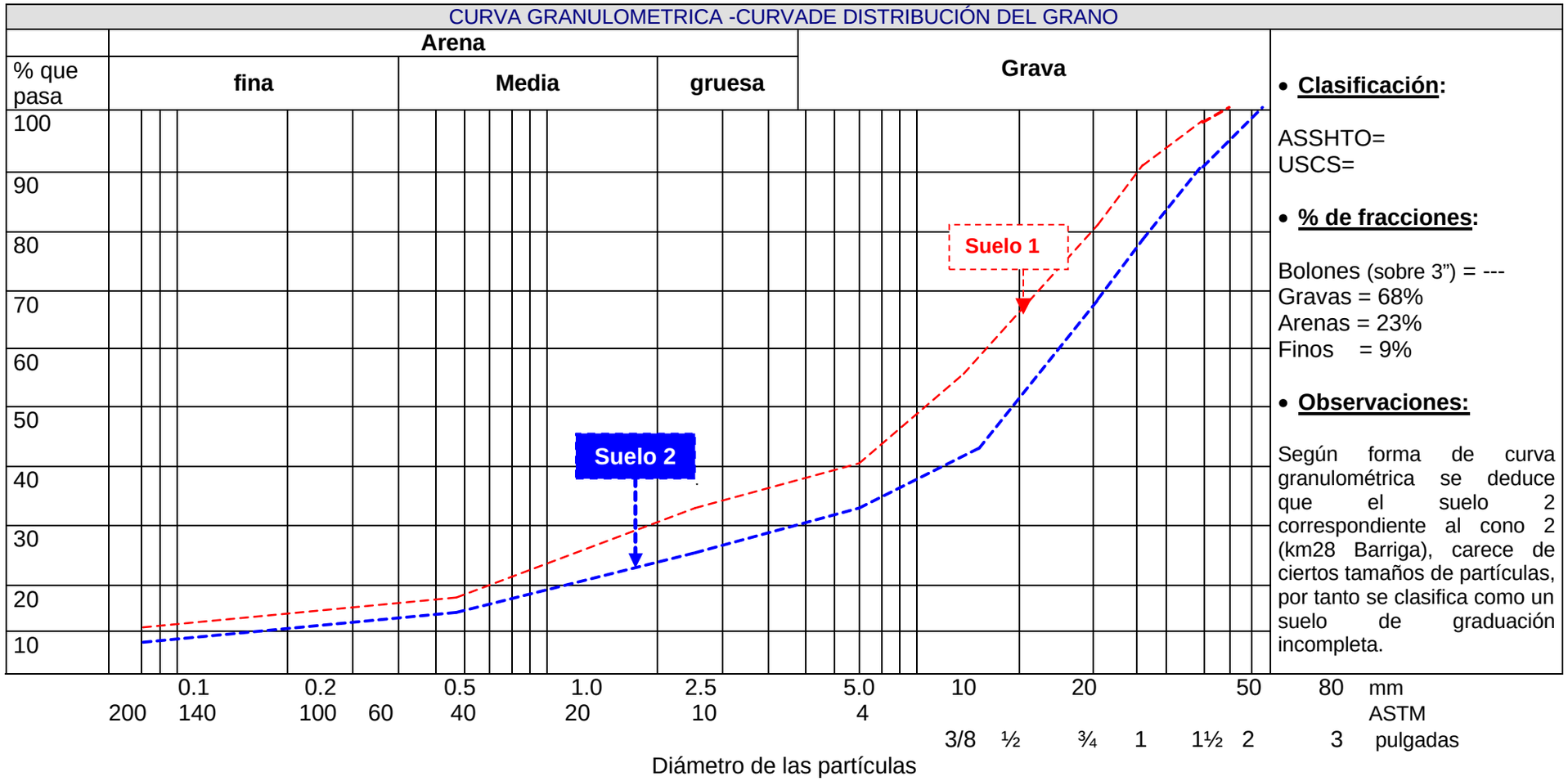
Análisis Granulométrico-suelo 3										
% en peso que pasa por el tamiz										
3”	2 ½”	2”	1 ½”	1”	¾”	$^{3}/_{8}$”	4	10	40	200
---	---	100	99	91	86	72	60	50	28	17
% de fracciones										
Bolones %		Gravas %			Arenas %			Finos %		
---		40			43			17		

Gráfico 3.b.2.b. Curva Granulométrico Suelo 1.



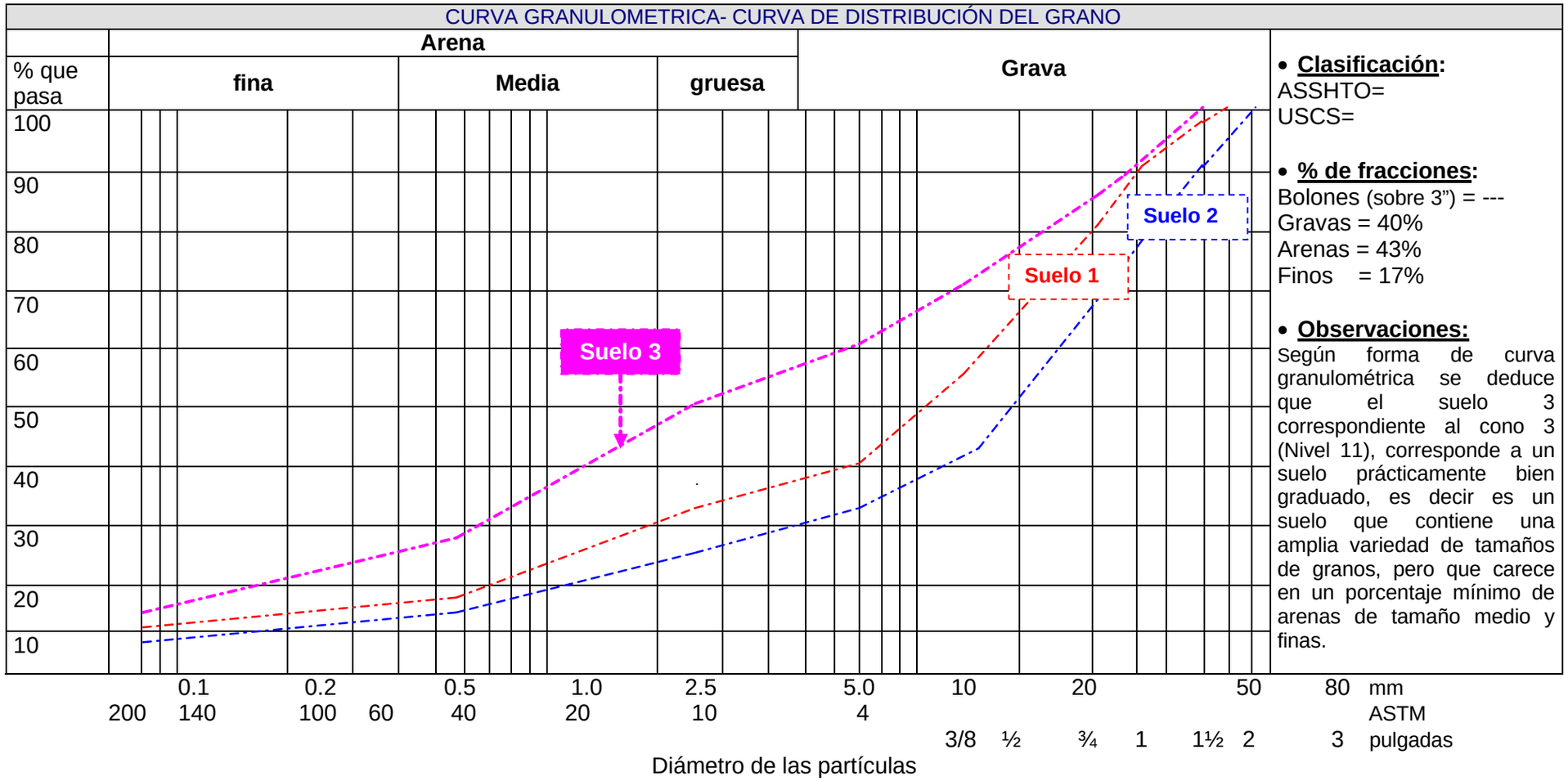
Curva Granulométrica Suelo 1:

Gráfico 3.b.2.c. Curva Granulométrico Suelo 2.



Curva Granulométrica Suelo 2: ——

Gráfico 3.b.2.d. Curva Granulométrico Suelo 3.



Curva Granulométrica Suelo3: ——

3. b.3.- Datos generales de los suelos

Tabla 3. b.3. Datos generales - Suelo 1, 2 y 3.

Descripción	Suelos 1	Suelos 2	Suelos 3
Peso Especifico Fino	2,773 kg/dm^3	2,732 kg/dm^3	2,768 kg/dm^3
Peso Especifico Grueso	2,806 kg/dm^3	2,782 kg/dm^3	2,726 kg/dm^3
Peso Especifico Ponderado	2,790 kg/dm^3	2,790 kg/dm^3	2,751 kg/dm^3
Contenido Orgánico	No presenta	No presenta	Nada
Humedad de la muestra	2,71%	3,79%	4,46 %
Limite Liquido	18 %	22 %	25 %
Límite Plástico	22 %	17 %	5 %
Índice Plasticidad	25 %	17 %	8 %
Densidad Máxima Húmeda	2.52 Kg/dm^3	2.44 Kg/dm^3	2.39 Kg/dm^3
Densidad Máxima Seca[1]	2.33 Kg/dm^3	2.28 Kg/dm^3	2.18 Kg/dm^3
Humedad Óptima	8,1 %	7,0 %	9,6 %

1: Densidad Máxima Seca = Densidad Proctor 100%

3. b.4.- Clasificación de los suelos según el sistema A.A.S.T.H.O. y U.S.C.S.

Tabla 3.b.4. Clasificación según sistema AASTHO y USCS – Suelo 1, 2 y 3.

suelos	Clasificación A.A.S.H.T.O.			Clasificación U.S.C.S.			
	Clasificación		Tipo de suelo	Símbolo	Tipo de suelo	Descripción	*
	por grupo	General					
1	A-1-a (0)	Material Granular	Grava y Arena	GP-GM (ML)	Grava Limosa	Grava mal graduada con limos de baja compresibilidad	Buena
2	A-1-a (0)	Material Granular	Grava y Arena	GP-GM (CL- ML)	Gravas Arena Arcilla Limosa	Grava mal graduada con limos y arcilla de baja compresibilidad y plasticidad	Buena a regular
3	A-2-4 (0)	Material Granular	Grava y Arena	SC (CL)	Arena Grava Arcillosa	Arena arcillosa con arcilla de baja compresibilidad, y plasticidad	Buena

*: Adaptabilidad como material de construcción

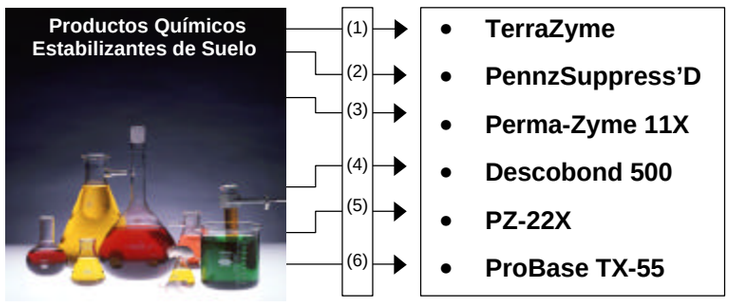
Alcance: Los tres tipos de suelo según el sistema AASHTO, reciben la clasificación general de suelos granulares, los cuales se componen generalmente de arenas y gravas. Los suelos granulares tienen la característica que las partículas que los conforman se mantienen en posición debido a la tracción friccional que ejercen las superficies de contacto. Estando el suelo seco, las partículas granulares pueden separarse he identificarse fácilmente. En estado húmedo, a un suelo granular como la arena, puede dársele la forma que se desee, pero se deformará fácilmente al ser perturbado de cualquier manera.

CAPITULO IV

ALTERNATIVA DE ESTABILIZANTES DE SUELOS

4. a.- Productos estabilizantes analizados

Los productos estabilizantes analizados corresponden a los siguientes:



4. a.1. - Identificación de productores / proveedores y productos estabilizantes

TerraZyme:

Productor:

- Nombre de la empresa: NATURE *plus*.
- Dirección/Ciudad/País: Bulevar De 555 Lordship, Connecticut-Stratford, EE.UU.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sin información / 1-203-380-0316 / info@nature_plus.com.

Proveedor:

- Nombre de la empresa: Sigramin Ltda.
- Dirección/ Ciudad/ País: Cardenal Newman 350, Las Condes Santiago, Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: John Chellew Urzúa / 2-332584 / sigraminltd@terra.cl

Producto:

- Nombre del producto: TerraZyme (TZ-11X)
- Composición[1] y Formula química[2]: Enzimas orgánicas[1] / Información confidencial[2].

PennzSuppress'D:

Productor:

- Nombre de la empresa: American Refining Group of the petroleum, Inc.
- Dirección/ Ciudad/ País: Av. Del Norte Kendall 77 Bratford, Pennsylvania, EE.UU
- Contacto/ teléfono/ e-mail: S/información / 814-3681200/814-3627311 / arg@amref.com

Proveedor:

- Nombre de la empresa: Dust Control S.A.
- Dirección/ Ciudad/ País: Av. Brasil 2564 Of. 155, Valparaíso, Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Gastón Irigoin Moreno / 32-251791 / dustcontrol@tie.cl.

Producto:

- Nombre del producto: PennzSuppress'D. (PSD)
- Composición[1] y Formula química[2]: Polímero de origen vegetal, con aglomerantes y preservantes[1] / Genérico[2].

Perma-Zyme 11X:

Productor:

- Nombre de la empresa: International Enzymes, Inc.
- Dirección/ Ciudad/ País: Camino Industrial 1706, Las Vegas-Nevada, EE.UU.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sr. John Battistoni / 702-388-0145 / info@permazyme.com

Proveedor:

- Nombre de la empresa: Ocur Ltda.
- Dirección/ Ciudad/ País: Llavería, Casas Viejas, Los Pequenes, Talca; Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Horacio Espain / 71-1970057 / hespain@ocur.ar.

Producto:

- Nombre del producto: Perma-Zyme 11X (PZ-11X).
- Composición[1] y Formula química[2]: Complejo poli-enzimático[1]/ Información patentada[2].

Descobond 500:

Productor:
- Nombre de la empresa: Desco.
- Dirección/ Ciudad/ País: Los Gatos 24200, San José California, EE.UU.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sr. David Burnett / sin registro / burnett@premaonline.com

Proveedor:
- Nombre de la empresa: Cinde Ltda. (Ecopav).
- Dirección/ Ciudad/ País: Solaria 61, Jardín del Mar, Viña del Mar, Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sergio Jara Duhalde / 32-480144 / sjaraduhalde@yahoo.es

Producto:
- Nombre del producto: Descobond 500. (DB-500)
  Composición[1] y Formula química[2]: Polímero de dispersión[1]/ Genérica. Información confidencial[2].

PZ-22X:

Productor:
- Nombre de la empresa: World Wide Enzymes, Inc.
- Dirección/ Ciudad/ País: 3130 Wilshire Blvd, Santa Mónica - California, EE.UU.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sin información /1-310-8288600 / info@pz_22x.com.

Proveedor:
- Nombre de la empresa: Geoterra Ltda.
- Dirección/ Ciudad/ País: Dr. Carlos Charlín 1547, Providencia, Santiago, Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Reymer Báez Ramírez / 2-2641870 / geoterra@geoterra.cl

Producto:

- Nombre del producto: PZ-22X.
- Composición[1] y Formula química[2]: Enzimas, producto orgánico[1]/ Información clasificada por el fabricante[2].

ProBase TX-55:

Productor:
- Nombre de la empresa: Pro-Base Internacional Ltda.
- Dirección/ Ciudad/ País: 111 North Bridge Road, Península Plaza #18-01-Singapur.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Sin información / 65-446-6470 / probase@pacific.net.sg.

Proveedor:
- Nombre de la empresa: Weller Comercial Chile Ltda.
- Dirección/ Ciudad/ País: Av. Freire 1336, Parque Industrial El Belloto, Quilpué, Chile.
- Contacto/ teléfono/ e-mail: Cristián Vergara Olea / 56-32948752 / eryschilesa@terra.cl, soportetecnico@wellerchile.cl.

Producto:
- Nombre del producto: ProBase TX-55 (TX-55).
- Composición[1] y Formula química[2]: Compuesto de silicato líquido[1] / Patentado.[2]

4. a.2. - Principio de funcionamiento de productos estabilizantes

- **TerraZyme:** Producto proveniente de la fermentación de extractos vegetales que dan como resultado enzimas orgánicas que en presencia de agua reaccionan actuando como catalizadores que tienen la propiedad de aumentar el grado de aglutinación (unión) y consolidación de las partículas componentes de los suelos, creando una textura más permanente que resiste de mejor manera las inclemencias del tiempo, el desgaste, la fatiga y la penetración del agua.

- **PennzSuppress'D:** Es un polímero orgánico de origen vegetal, que se compone de aglomerantes, preservantes y de una resina muy viscosa derivada del petróleo. PSD altamente higroscópico (absorbente), al entrar en contacto con el agua reacciona actuando como un catalizador que al penetrar en el suelo ocupa los espacios vacíos existentes entre los granos, transformándose a medida que pierde humedad (secado natural) en un gel, que gracias al alto índice de carbón que contiene la resina que lo formula, liga a las partículas de suelo, permitiendo conseguir de ésta manera por medio de un proceso de intercambio iónico una estructura sólida, de mayor densidad, estabilidad, resistencia y capacidad de soporte.
- **Perma-Zyme 11X:** Compuesto derivado de la fermentación de materiales orgánicos que contiene multienzimas, agentes activos humectantes y polímeros orgánicos, que en presencia de agua aceleran el proceso de unión de los suelos. La acción catalizadora de las enzimas de PZ-11X, provoca una acción aglutinante sobre los suelos finos plástico arcilloso, provocando una disminución de la relación de vacíos y un aumento en la densidad del suelo.
- **Descobond 500:** Producto de origen forestal (resina de árbol) que por su estructura molecular se clasifica como un polímetro de dispersión. Cuando DB-500 diluido en agua entra en contacto con la tierra, se producen enlaces moleculares de tipo covalente con los iones o radicales libres de los suelos, desarrollándose una adherencia creciente entre las partículas de suelo, que en conjunto con la perdida de humedad por evaporación natural, genera una base compacta de alta resistencia y baja permeabilidad.
- **PZ-22X:** Producto a base de enzimas, el cual se utiliza para estabilizar suelos plásticos-arcillosos. Las enzimas de PZ-22X actúan como catalizadores, debido a que la estructura de sus moléculas contienen partes activas que aceleran el proceso de aglutinamiento de las arcillas, es si como PZ-22X incrementa notablemente el proceso humectante del agua y provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos, disminuyendo la relación de vacíos. La acción cohesiva de este proceso, produce una fuerte actividad cementante, formando finalmente un estrato resistente y permanente.
- **ProBase TX-55:** Producto conformado por soluciones inorgánicas y cationes poliméricos. Ambos componentes reaccionan en presencia de agua, formando un catalizador que tiene la propiedad de hacer que los pigmentos orgánicos e inorgánicos de los suelos se adhieran entre sí. Tal adhesión se va haciendo más fuerte en la medida que se pierde el agua por el

proceso de secado natural. Cuando TX-55 debidamente diluido penetra en el suelo a tratar, ocupa los espacios vacíos existentes entre los granos; luego mediante un intercambio iónico o polimerización, se va transformando en un gel que liga los granos del suelo entre sí e impide al ocupar los espacios ínter granular la presencia del agua. Con esto se reduce la plasticidad del suelo y la tensión superficial, lo que finalmente lleva al incremento de la capacidad de soporte del suelo. El proceso de polimerización continúa y transforma al gel en una capa sólida que no se degrada y que estabiliza el suelo básicamente de dos maneras:

a) impidiendo la presencia de agua / b) ligando las partículas del suelo entre sí.

4. a.3.- Propiedades de desempeño de productos estabilizantes

a.- Trabajabilidad (Rendimiento operativo):

Tabla 4.a.3.a. Rendimiento operativo diario en faena de estabilizado c/ productos analizados.

Productos estabilizantes		Avance operativo diario*
TerraZyme	(TZ-11X)	3000 a 7000 m^2
PennzSuppress'D	(PSD)	6000 m^2
Perma-Zyme 11X	(PZ-11X)	4000 m^2
Descobond 500	(DB-500)	2000 a 6000 m^2
PZ-22X		5000 m^2
ProBase TX-55	(TX-55)	6000 m^2

*: Avance por día, en estabilizado de camino bajo condiciones normales de clima con un equipo entrenado y certificado.

b.- Capacidad de Soporte:

Alcance: Propiedad cuantificable a través del ensayo de CBR (California Bearing Ratio). La capacidad de soporte de carga otorgada por estabilizantes analizados variara según el tipo de suelo.

Tabla 4.a.3.b. Incremento del CBR del suelo al ser tratado con productos analizados.

Productos estabilizantes		Incremento del CBR del suelo al ser tratado				
		Porcentaje	Ejemplo cuantitativo			
			CBR suelo		CBR suelo + producto	
TerraZyme	(TZ-11X)	10 %	10-12	kgr/cm^2	11-13,2	kgr/cm^2
PennzSuppress'D	(PSD)	50 %	10-12	kgr/cm^2	15-18	kgr/cm^2
Perma-Zyme 11X	(PZ-11X)	15 %	10-12	kgr/cm^2	11,5-13,8	kgr/cm^2
Descobond 500	(DB-500)	20 %	10-12	kgr/cm^2	12-14,4	kgr/cm^2
PZ-22X		15 %	10-12	kgr/cm^2	11,5-13,8	kgr/cm^2
ProBase TX-55	(TX-55)	40 %	10-12	kgr/cm^2	14-16,8	kgr/cm^2

Interpretación tabla: TerraZyme proporciona a los suelos un aumento en su capacidad de soportar carga desde un 10% sobre el valor determinado sin la aplicación del estabilizante, es decir un suelo con valores CBR promedio de 10-12Kgr/cm^2 alcanza como mínimo una ves que ha sido tratado con TZ-11X una capacidad de soporte de 11-13,2kgr/cm^2.

c.- Control de la emisión de polvo:

Alcance: Para efectos de lograr el control de la emisión de polvo garantizada por los estabilizantes analizados se debe hacer un tratamiento denominado sello de carpeta, en base al mismo estabilizador. Los resultados pueden ser cuantificados monitoreando un área de trabajo.

Tabla 4.a.3.c. Productos analizados/Control de la emisión de polvo

Productos estabilizantes		Elimina la emisión de polvo
TerraZyme (TZ-11X)		85 %
PennzSuppress'D (PSD)		100 %
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)		90 %
Descobond 500 (DB-500)	DB-500 / DB-500+ CSS1	90 % / 100 %
PZ-22X		85 %
ProBase TX-55 (TX-55)		90 %

Interpretación tabla: Descobond 500: DB-500: extermina la emisión de polvo en más de un 90%. DB 500+ CSS1: reduce el material fino en suspensión en un 100%.

d.- Comportamiento ante los cambios de humedad:

Tabla 4.a.3.d. Productos analizados/Comportamiento ante los cambios de humedad.

TerraZyme: Una carpeta tratada con TZ-11X es afectada en menor proporción por los cambios de humedad que un suelo sin tratar ya que la mayor densidad y la mejor adherencia de las partículas más pequeña de suelo otorgada por TZ-11X, genera que la carpeta pueda resistir mejor la penetración de la humedad, disminuyendo o impidiendo la habilidad de migración de las partículas de suelo del camino.

PennzSuppress'D: PSD se mantiene en el sustrato o capa sobre la cual se aplica, no generándose un efecto de lavado o variabilidad en sus propiedades ante cambios de humedad.

Perma-Zyme 11X: Lo afectan en mucho menor grado que un suelo sin tratar, pues la densidad es mayor y el tamaño de los capilares están reducidos, la permeabilidad del perfil esta disminuida y es muy baja.

Descobond 500: No experimenta cambios perceptibles debido a la reducción de permeabilidad que brinda DB 500 a los suelos, sin embargo un permanente y elevado porcentaje de humedad puede provocar un ablandamiento mínimo de la superficie.

PZ-22X: Un suelo tratado con PZ-22x que cuente con la suficiente cantidad de partículas finas cohesivas, es prácticamente no afectado por los cambios de humedad, debido a que la acción de las enzimas genera que se aglutinen de forma que se disminuye parte la relación de vacíos entre las mismas, lográndose con esto que el agua no penetre.

ProBase TX-55: Es afectado en niveles muy bajos, prácticamente imperceptible ya que debido a su alto poder cementante elimina casi en su totalmente la permeabilidad del suelo, minimizando por ende la posibilidad de que se produzca un ablandamiento de la superficie a causa del lavado del producto.

e.- Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo:

Tabla 4.a.3.e. Productos analizados/Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo.

TerraZyme: Ante un ciclo de congelamiento, las propiedades del suelo prácticamente se mantienen debido a la baja humedad que se genera en este ciclo, en tanto frente a un deshielo debido a una permanente humedad, es posible que la carpeta experimente un ablandamiento en el primer centímetro de profundidad.
PennzSuppress'D: Un suelo tratado con PSD no registra cambios en sus propiedades y comportamientos físicos ante este tipo de variables. Además PSD ha demostrado que facilita el resquebrajamiento y dispersión de las placas de hielo superficiales que se forman sobre el camino.
Perma-Zyme 11X: El suelo es muy poco afectado por congelamiento pues la humedad en el perfil es casi nula por lo que no es perjudicado en su cualidad. Si hay descongelamiento y permanente humedad en la superficie de rodado, posiblemente afectará al primer centímetro de profundidad.
Descobond 500: No presenta fallas estructurales como grietas por ciclos de hielo y deshielo, sin embargo un ciclo de deshielo por la excesiva humedad a la que estará expuesta la superficie del camino provocara un ablandamiento mínimo de ésta, en no más de medio centímetro de profundidad.
PZ-22X: Las carpetas tratadas con PZ-22X debido a que presentan buena resistencia a los esfuerzos no se ven afectadas por los ciclos de hielo y deshielo, descartando problemas de grietas o similares, sin embargo debido a la constante humedad a la que esta expuesta la superficie de la carpeta en proceso de deshielo, es posible que se vea reblandecida en el primer centímetro de profundidad.
ProBase TX-55: Antes un ciclo de congelación la carpeta no se ve afectada, sin embargo ante un ciclo de descongelación debido a la excesiva humedad a la que estará expuesta la carpeta se producirá un ablandamiento mínimo de la superficie en no mas de medio centímetro de profundidad, no provocando molestias por formación de lodazales ni riesgos a los usuarios del camino.

f.- Estabilidad bajo agua:

Tabla 4.a.3.f. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes.

- **TerraZyme:** El agua compromete la estabilidad del suelo si ésta se encuentra inundando la superficie de la carpeta por periodos prolongados de tiempo, es decir un camino tratado con TZ-11X deberá controlar y verificar el sistema de drenaje adoptado para la carpeta ya que de acumularse agua por largo tiempo sobre un sector, se producirá inevitablemente un ablandamiento de éste y por consiguiente la formación de futuros baches. Lluvias persistentes pueden comprometer el primer centímetro (1^{e} cm) de superficie por efecto de lavado del producto.

- **PennzSuppress'D**: Buen comportamiento frente a la inmersión, el estabilizante se mantiene por largos periodos de tiempo en el sustrato o capa sobre la cual se aplica, sin manifestar ablandamiento del suelo, en caso de lluvias no se genera un efecto de lavado del producto por lo que no se produce superficies jabonosas.

- **Perma-Zyme 11X**: El agua afecta al suelo en forma paulatina, dependiendo del contenido de finos, de la impermeabilidad que se logro con la compactación, sello del suelo y sistema de drenaje aplicado. Más estable será cuanto mas finos contenga, pues permite al compactar achicar el tamaño de los capilares. Las lluvias no afectan mayormente un camino tratado, excepto en el 1^{e} cm si las lluvias son persistentes, pudiendo afectar algo mas según intensidad, peso del transito y drenaje del camino.

- **Descobond 500**: Se debe evitar la formación de pozas o avalanchas de agua, con un saneamiento apropiado y mantenimiento preventivo, es decir DB-500 brinda al suelo la impermeabilidad que garantiza, siempre y cuando el agua escurra por la superficie, de no ser así, paulatinamente se producirá el ablandamiento de ésta. Una lluvia persistente puede afectar por lo menos el primer ½ cm. de superficie.

- **PZ-22X:**. El agua compromete lentamente la estabilidad del suelo tratado, es decir un camino construido con PZ-22X deberá controlar los drenajes o desagües para que no sufra inundaciones de su superficie, ya que esto producirá el ablandamiento de los sectores donde se acumule el agua. Ante lluvias un camino tratado con PZ-22X que posee un adecuado desagüe de la vía no debiera presentar superficies jabonosas por excesivo ablandamiento del sustrato, en tanto si las lluvias son persistente es posible que se vea comprometido el primer centímetro de superficie por lavado del producto.

- **ProBase TX-55:** Gran cantidad de agua por un largo tiempo sobre una superficie de un camino tratado con TX-55 provocará irreversiblemente el ablandamiento del sustrato; en tanto bajo un buen sistema de drenaje, una lluvia aunque torrentosa no genera problemas, sin embargo si esta es persistente podría comprometer el primer ½ cm.

4. a.4. - <u>Características físico/químicas de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.4. Características físico/químicas de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Detalle	Productos químicos					
	TZ-11X	**PSD**	**PZ-11X**	**DB-500**	**PZ-22X**	**TX-55**
Estado Físico	Liquido espeso	Polvo seco	Liquido espeso	Liquido espeso	Liquido espeso	Liquido concentrado
Punto de ebullición	100°C	=180°C	100°C	100°C	100°C	100°C
Punto de inflamación	No es inflamable	= 420°C	No aplicable	= 177°C	No combustible	No inflamable
Solubilidad	En agua	En agua	En agua	En agua	En agua	En agua
Apariencia y olor	Liquido color marrón claro. Olor característico	Polvo color café. Olor a melaza	Liquido color marrón ámbar, con suave olor dulce	Liquido color beige, con ligero olor químico	Liquido color café. Ligero olor a fermento dulce	Liquido translucido color blanco, con leve olor químico.
Gravedad específica (H_2O=1)	1,0 - 1,1	S/información	1,07	1,102	1,05	1,33
Presión de vapor	Como agua	S/información	21,84 mmHg (a 23°C)	17 mmHg (a 20°C)	S/información	No aplicable
Densidad de vapor (aire =1)	1	S/información	S/información	<1	1	No aplicable
PH	4,2 -5,2 (ácido débil)	5 ± 1 (ácido débil)	4 - 5 (ácido débil)	6 a 8 (típicos)	4 - 5 (ácido débil)	11 - 12 (base consistente)

4. a.5. - <u>Estabilidad y Reactividad de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.5. Estabilidad y Reactividad de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Detalle	Productos químicos					
	TZ-11X	**PSD**	**PZ-11X**	**DB-500**	**PZ-22X**	**TX-55**
Estabilidad	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable
Condiciones a evitar	T°(s) sobre 55°C pueden reducir actividad enzimática.	Humedad y agua liquida	T°(s) sobre 50ºC y condiciones de fuerte acidez o bases pueden disminuir actividad enzimática	Evite los agentes oxidantes fuertes, y temperaturas sobre 177ºC	T°(s) sobre 49ºC pueden reducir actividad enzimática	T°(s) sobre 49°C y bajo 0°C, reduce eficacia del compuesto
Incompatibilidad (materiales a evitar)	Agentes que oxidan	Agentes oxidantes fuertes	Pierde eficacia con sustancias de pH bajos y altos (Ácido cáustico). En materiales c/aceite, trabaja degradándolos y solubilizandolos.	Evite los agentes oxidantes fuertes	Ninguno	Los ácidos y el alcohol
Sustancias peligrosas desprendidas por descomposición	Ninguna	Posible SO_2.	Ninguna	Gases de combustión tales como CO_2 y posiblemente CO	Ninguno	Ninguno
Polimerización peligrosa	No ocurrirá	No ocurrirá	No ocurrirá	No ocurrirá	No ocurrirá	No ocurrirá

Nomenclatura: T°(s) = Temperaturas./ °C = Grado Celsius/ SO_2: Anhídrido sulfuroso./ CO_2 = Dióxido de azufre.

4. a.6. - <u>Peligro de incendio y explosión de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.6. Peligro de incendio y explosión de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond 500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Detalle	Productos químicos					
	TZ-11X	**PSD**	**PZ-11X**	**DB-500**	**PZ-22X**	**TX-55**
Productos peligrosos de la combustión	Ninguno	SO_2	Ninguno	Posiblemente CO	Ninguno	Ninguno
Peligro de incendio y explosión inusuales	Ninguno	No presenta propiedades explosivas	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno. No se inflamará, quemara, o explotará
Procedimientos especiales y/o sugeridos para combate de incendios	No es combustible	Se sugiere como agentes de extinción agua, espuma o CO_2. Como equipo de protección personal se sugiere utilizar buzo protector, mascarilla antipolvo, calzado de seguridad, antiparras, y guantes.	No es combustible	Se sugiere como medio de extinción usar agua, CO_2 o aerosol seco. Para el personal participante se indica el uso de un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora especial para cubrir la piel de altas temperaturas.	No es combustible	Se sugiere como agentes de extinción la utilización de agua (dispuesta como niebla o rocío), espuma, polvo seco o dióxido de carbono (CO_2)

4. a.7. - <u>Presentación y envase de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.7. Presentación y envase de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Productos	Presentación	Envase			
		Descripción	Peso (kg)	Tamaño (m^3)	Rotulado y etiquetado
TZ-11X	Producto líquido concentrado, que se entrega bajo la denominación de TZ-11X.	Tambores plásticos de 200lts	200	0,20	Los productos analizados al ser clasificados por la NCh 2120 como sustancias que no revisten peligros: "clase 9", emplean una etiqueta simple conforme a anexo S de la NCh 2190.
PSD	Materia prima que se entrega como polvo concentrado, bajo la denominación de PSD.	Sacos de papel impermeable de 25kg	25	0,042	
PZ 11X	Producto que se entrega como líquido concentrado (solución espesa) bajo la denominación de PZ-11X.	Tambores plásticos de 55gal (212lts)	212	0,21	
		Bidones plásticos de 5gal (19lts)	19	0,019	
DB-500	Compuesto que se entrega como líquido concentrado, bajo el nombre de DB-500.	Tinetas plásticas de 5gal (19lts)	19	0,019	
PZ-22X:	Compuesto que se entrega como líquido concentrado bajo el nombre de PZ-22X	Bidones plásticos de 1gal (4lts)/5gal (19lts)	4/19	0,004/ 0,019	
		Tambores plásticos de 55gal (212lts)	212	0,21	
TX-55	Compuesto que se entrega como líquido concentrado, bajo el nombre de TX-55	Cilindros metálicos de 55gal (212lts)	212	0,21	

4. a.8. - <u>Rendimiento de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.8. Rendimiento de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Productos	Proceso	
	Estabilizado	**Sello superficial**
TZ-11X	1lt. de producto permite tratar 27,5m^3 de suelo. Un tambor de 200lts alcanza para tratar 5500m^3 de suelo.	1lt de TZ 11x permite sellar 275m^2 de superficie.
PSD	8kg de producto permite tratar 1m^3 de suelo. Un saco de 25kg alcanza para tratar 3m^3 de suelo.	1kg de PSD permite sellar entre 0,8-1 m^2 de superficie.
PZ-11X	1lt. de producto permite tratar 33m^3 de suelo. Un tambor de 212lts alcanza para tratar 6996m^3 de suelo.	1lt de PermaZyme permite sellar 330m^2 de superficie.
DB-500	1lt. de producto permite tratar 1,6m^3 de suelo, si este es pobre(1), en tanto si el suelo es regular(2), 1lt de DB permite estabilizar 2,4m^3 y si el suelo es bueno(3) 3,2m^3. Una tineta de 19lts alcanza para tratar 31m^3 de suelo (1), 46m^3 de suelo (2) y 51m^3 de suelo (3.)	1lt. de DB-500 permite sellar una superficie de: 16m^2 (suelo pobre), 24m^2 (suelo regular), 32m^2 (suelo bien graduado).
PZ-22X	1lt. de producto permite tratar 30m^3 de suelo. Un tambor de 212lts alcanza para tratar 6360m^3 de suelo.	1lt de PZ-22x permite sellar 300m^2 de suelo.
TX-55	1lt. de producto permite tratar 3m^3 de suelo. Un tambor de 212 lts alcanza para tratar 636m^3.	1lt. de TX-55 permite sellar 30m^2 de superficie.

4. a.9. - <u>Transporte de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.9. Transporte de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Detalle	**Productos químicos**					
	TZ-11X	**PSD**	**PZ-11X**	**DB-500**	**PZ-22X**	**TX-55**
NCh 2190: "Marcas para información de riesgos"	No aplica. "Marca en etiqueta: Ninguna".					
NCh 2120: "Clasificación o División de riesgos"	Clase 9 (Sustancias peligrosas varias: no revisten peligro)					
Nº UN	No aplica. (Producto no peligroso)					
Nº CAS	S/información	68131-32-8	S/información	Mezcla	S/información	Mezcla
Precauciones especiales	El producto no deberá estar expuesto a temperaturas que sobrepasen los 55°C	Solo en caso de que se prevea un clima lluvioso o equivalente y que el producto venga envasado en bolsas de papel o tambores de cartón, se deberá emplear durante el transporte una carpa de protección o equivalente.	El producto no deberá exponerse a temperaturas mayores de 50°C	El producto no deberá exponerse a temperaturas menores de 0°C y mayores de 49°C	El producto no deberá estar expuesto a temperaturas mayores de 49ºC	El producto no deberá estar expuesto a temperaturas bajo 0°C ni sobre 49ºC
Regulación Internacional	Al no ser inflamable no es regulado por el departamento de Transporte de Estados Unidos ni por la Asociación Nacional de la Protección contra los Incendios (NFPA).					

4. a.10. - <u>Manipulación de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.10. Manipulación de TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y ProBase TX-55.

Detalle	Productos químicos					
	TZ-11X	**PSD**	**PZ-11X**	**DB-500**	**PZ-22X**	**TX-55**
Protección respiratoria	No se requiere	Mascarilla antipolvo	No se requiere	Utilice respirador de purificación de aire solo de exponerse continuamente al producto dispuesto en el aire como rocío	No se requiere	De utilizar el producto al aire libre no se requiere de protección respiratoria; en caso contrario utilice mascarilla
Ventilación	Normal	Regular a buena, sin viento	No requiere	De trabajar con el producto en un recinto serrado, se recomienda un extractor	No requiere	No requiere
Guantes protectores	No se requiere	Se recomienda utilizar	Los normales	Se sugiere utilizar guantes de goma o disponible	No se requiere	Se sugiere el uso de guantes impermeables.
Protección ocular	Se sugiere anteojos inastillables	Antiparras	Anteojos inastillables	Se sugiere utilizar anteojos de cristales inastillables	No se requiere	Se sugiere utilizar anteojos durante la mezcla agua-producto TX-55 es pegajoso y de salpicar en ojos se requerirá agua
Otro equipo de protección personal	No se requiere	Buzo protector	No se requiere	Se sugiere la utilización de overol o delantal	No se requiere	Se sugiere el uso de delantal
Practicas de higiene en el trabajo	Limpie las manos con agua y jabón antes de beber o comer algún alimento, tocar los ojos o colocarse lentes de contacto					

4. a.11. - <u>Almacenamiento de productos estabilizantes</u>

Tabla 4.a.11.a. Almacenamiento de TerraZyme.

Medidas	TZ-11X
Tiempo de almacenamiento	36 meses (3 años)
Condiciones de almacenamiento	Almacenar en envases cerrados
Precauciones	Reduce actividad enzimática: ✓ La exposición del producto sobre 55°C ✓ Si el pH del producto se encuentra bajo 2,5 o sobre 9,5

Tabla 4.a.11.b. Almacenamiento de PennzSuppress'D.

Medidas	PSD
Tiempo de almacenamiento	60 meses (5 años)
Condiciones de almacenamiento	✓ Almacenar en lugar seco, protegido de la intemperie, agua y/o lluvias. ✓ Embalajes recomendados*:* Envases sellados, sin contacto con la humedad ambiente. ✓ Embalajes no adecuados: Envases, no sellados ni plastificados.
Precauciones	Al abrir un saco, usar la cantidad completa. "Mantener los envases sellados"

Tabla 4.a.11.c Almacenamiento de Perma -Zyme 11X.

Medidas	PZ-11X
Tiempo de almacenamiento	42 a 48 meses (3,5 a 4 años)
Condiciones de almacenamiento	Guardar en envases cerrados.
Precauciones	Para mantener las cualidades del producto, éste no deberá estar expuesto a temperaturas sobre 50ºC

Tabla 4.a.11.d. Almacenamiento de Descobond-500.

Medidas	DB-500
Tiempo de almacenamiento	48 meses (4 años).
Condiciones de almacenamiento	Almacene en ambiente seco y bien ventilado. Para almacenar el producto utilice depósitos plásticos o de acero inoxidable
Precauciones	Impida el congelamiento del producto a 0°C, así como la exposición de éste a temperaturas sobre los 49ºC (el producto pierde eficacia)

Tabla 4.a.11.e. Almacenamiento de PZ-22X.

Medidas	PZ-22X
Tiempo de almacenamiento	De 42 a 48 meses (3,5 a 4 años)
Condiciones de almacenamiento	Ninguna
Precauciones	El producto no deberá estar expuesto a temperaturas mayores a los 49ºC (se desnaturalizan las enzimas)

Tabla 4.a.11.f. Almacenamiento de Probase TX-55.

Medidas	TX-55
Tiempo de almacenamiento	48 meses (4 años)
Condiciones de almacenamiento	- No almacenar en contenedores de aluminio. - Cerrar el contenedor fuertemente después de cada uso.
Precauciones	El producto no deberá estar expuesto a temperaturas mayores de los 49ºC y menores de los 0°C.

4. a.12.- <u>Maquinaria requerida en aplicación de productos estabilizantes</u>

Productos que se aplican con equipo convencional para construcción de caminos:

Camión tanque (Aljibe o motobomba con aspersores), motoniveladora (o arador rotatorio) y rodillo compactador (de neumático o de tambor).

4. a.13. - <u>Estabilización de caminos secundarios/aplicación de productos</u>

- **TerraZyme:**

1. - Cálculo de dosificación de producto en base a la cantidad de metros cúbicos a tratar. Un litro de concentrado TZ-11X alcanza para tratar 27,5m^3 de material suelto.

2. - Cálculo de la cantidad de agua a usar en el proceso de homogenización. Se requiere saber la humedad óptima del suelo, y en terreno comprobar la humedad natural del mismo; la diferencia (%) determina la cantidad de agua requerida. El producto se introduce directamente al camión aljibe.

3. - Una vez que la mezcla agua + producto haya sido depositado uniformemente en el suelo suelto, se debe proceder a homogenizar.

4. - Terminado el proceso de homogenización se debe extender el material y prepararlo para su compactación. Es imperativo comprobar en esta etapa la humedad del terreno, ya que ésta no puede ser menor que la humedad óptima obtenida del ensayo Proctor Modificado

(PM); si la humedad fuera menor, ya que en muchos casos se pierde humedad durante el proceso, hay que agregar agua hasta alcanzar la humedad óptima de compactación.

5. - Se procede a compactar. Esta etapa es la que determina la calidad final del camino. Se deben hacer cuatro pasadas de rodillo por punto, siendo la primera con vibración en baja, de manera de distribuir el contenido de humedad uniformemente. La segunda y tercera pasada deberá ser con alta vibración, observando que no se produzcan grietas o hinchazones, ya que si esto es el caso, hay que volver a compactar en baja. Al comprobar densidades post-compactación debiéramos estar conformes únicamente si están sobre un 95% de la densidad máxima compactada seca (DMCS) dado por el ensayo PM.

Con TerraZyme, si los pasos en la aplicación han sido bien hechos, y la compactación fue óptima, las densidades obtenidas deberán estar cerca o sobre un 100% DMCS del PM.

- **PennzSuppress'D:**

1. - Consideraciones generales antes de comenzar la construcción de la carpeta:

→ En cuanto a condiciones climáticas: EL producto no puede ser aplicado durante o inmediatamente antes de un acontecimiento de lluvia.

→ Del estado del camino: La superficie que recibirá la aplicación de PSD, deberá estar libre de escombros, basuras, raíces y agregado pétreo de tamaño superior a 2". De preferencia se realizará un perfilado que permitan nivelar la superficie de rodado sin dejar baches.

→ Del Riego inicial: Solo en aquellos terrenos muy secos, clima soleado y caluroso, se contempla un riego inicial de agua limpia (0,5lts/m^2).

2. - Disolución del compuesto: La disolución de PSD se realiza en el tanque de en un camión aguador donde previamente se ha depositado agua limpia. Se incorpora el polvo al agua y por recirculación, con una bomba hidráulica, se homogeniza la disolución del compuesto.

3. - Aplicación del producto: La aplicación de PSD, se realiza mediante aspersión a presión por medios mecánicos a una altura variable del piso cercana a los 50cms. Se aplicará un mínimo de 3 riegos y 6 pasadas por punto, distanciados entre los procesos intermedios de revoltura y/o mezcla de la base estabilizada, compactación y sello de carpeta si correspondiere. Previo a la preparación de la dilución y/o mezcla (H_2O + PSD), se debe medir la humedad natural que trae el material granular desde el empréstito. Esta humedad

nos permite determinar el agua que tiene el material a emplear en la construcción de la carpeta. Esta agua se debe restar a la cantidad de agua calculada con la humedad óptima del ensayo Proctor determinada en Laboratorio.

Una vez dispuesto el material estabilizado, éste se regará con un mínimo de 2,0 lts/m^2 de solución, el cual será mezclado moviendo el material con la hoja de la motoniveladora. Un segundo riego con una cantidad similar de solución será aplicada al material de la carpeta, para luego volver a mezclar homogéneamente e iniciándose la faena de perfilado del camino. Un tercer riego de solución se aplicará a la carpeta aún suelta la que quedará en condiciones de recibir un rodillo de tambor para proceder a su compactación.

La faena de compactación comprenderá un mínimo de 6 pasadas por punto, de los cuales las dos pasadas iniciales se harán con peso muerto exclusivamente para luego continuar con vibración mecánica alcanzándose una compactación no inferior al 95% DMCS conforme a valor de ensayo Proctor Modificado medido a 0,2" de penetración.

- **Perma-Zyme 11X:**

1. - Apertura de cajón de trabajo en los primeros 10cm, enseguida realizar un primer riego en para humectar, luego apisonar con rodillo neumático o motoniveladora (una pasada).

2. - Remover el material en su totalidad, humectándolo con agua y PZ-11X a dosis adecuada (1litro de PZ-11X por 33m^3 de suelo compactado). El agua de humectación debe ser igual a la humedad óptima de Proctor sin PZ-11X, como valor limite superior.

3. - Mezclar bien, hasta lograr homogeneizar el material y perfilar con motoniveladora.

4. - Esperar unos 15 minutos, luego compactar con rodillo liso vibrando primera y segunda pasada con alta amplitud, tercera y cuarta pasada con baja amplitud.

5. - Se hace un último riego de sello, se deja orear unos minutos para luego compactar con rodillo neumático. De acuerdo a observación de terreno, se da por terminado el proceso. Es conveniente dejar fraguar algunas horas para mejor resultado. Si es necesario utilizar el camino, hacerlo a bajas velocidades.

Alcance: a) Temperaturas (T_s°) óptimas de trabajo: Durante la elaboración de la carpeta las $T_s°$ de trabajo idealmente deberán estar entre 7 y 40 ºC. b) Durante el periodo de fraguado (24/72hrs) el material tratado no deberá estar expuesto a $T_s°$ extremadamente bajas. Si durante el periodo de fragüe (72hrs.), cae agua puede afectar la capa superior (2cm).

- **Descobond 500:**

1. - Acciones previas:

→ Eliminar suelo vegetal, restos de asfalto o cemento, dejar sólo áridos.

→ Verificar condiciones de subsuelo: Existencia de conexiones de utilidad pública, napas subterráneas, basurales, troncos, grandes piedras, etc.

→ Verificar el CBR del subsuelo. De acuerdo con esto aplicar un regadío con H_2O c/ o s/ DB.

→ Verificar condiciones de saneamiento. Obtener datos de clima y régimen de lluvias, vientos y nevadas.

→ Obtener datos de frecuencia y peso de vehículos.

→ Medir la humedad real del suelo el día de los trabajos, en la medida de lo posible con densímetro nuclear o conos. En todo caso, DB-500 permite trabajar con datos históricos, procurando que en caso de duda, se trabaje con agua en exceso, nunca en defecto.

2. - Dosificación: Al igual que en toda construcción de vías, es indispensable obtener la asesoría previa de un Laboratorio de Suelos y de un Topógrafo profesional, para conocer la mecánica del suelo y las condiciones de saneamiento. Generalmente se recomienda una dosis de 0,61 litros (o sea poco más de ½ litro) de DB-500 por cada m^3 de suelo, para un espesor de 0,10 m (10 centímetros), conviene agregar 0,01 a 0,02m de espesor según esponjamiento o bombeo.

En cuanto a la cantidad de agua a incorporar al aljibe se calcula según la diferencia entre la humedad real y óptima del suelo, al igual que en toda construcción de vías. Generalmente fluctúa entre 100 a 200 litros de agua por un litro de DB. En caso de duda, agregar más agua, nunca restarla. Sólo en el caso de alto contenido arcilloso o suelo muy húmedo, se sugiere echar menos agua con DB (antes de comenzar con el proceso de compactado) y agregarla pura (sin DB) después del planchado final.

3. - Método de aplicación:

→ Escarificar y acordonar el suelo a ambos lados del camino con motoniveladora (motoniv.)

→ Esparcir con motoniv. una primera capa de suelo de e =3-5cm aprox. sobre el camino.

→ Regar con aljibe hasta vaciar 1/3 o la mitad de su contenido según espesor dado a primera capa.

→ Mezclar bien (homogenizar) la primera capa de suelo y agua/DB con la motoniveladora.

→ Repetir este procedimiento hasta agotar los cordones y el agua del aljibe.

→ Luego se pasa el rodillo siempre en línea recta, dos veces por punto, primero vibrando y luego planchando. Cuando sea posible, es mejor usar rodillo pata de goma al final.

Alcance:

1.- En ningún caso alterar la relación entre DB y m^3 de suelo, indicada por el fabricante. El agua, en cambio, se debe calcular en relación a la diferencia entre humedad óptima y real del suelo, como en toda construcción de caminos.

2.- Como alternativa para obtener una carpeta con mejor comportamiento se le incorpora a la mezcla de agua-DB 500 una emulsión asfáltica en frió como CSS1 H; sin embargo de tratarse de una carpeta ecológica la dosis de esta emulsión deberá ser controlada por ensayos ambientales (Anexo 3 Ítem 3.1: Ficha Técnica emulsión asfáltica CSS1 H).

Otra alternativa para mejorar la calidad de la carpeta es dar un sello a la carpeta, regando la superficie compactada con agua/DB pero en mayor concentración que la utilizada para en el proceso de tratamiento de la carpeta, ó realizar un sello con una mezcla que contenga agua/DB/CSS1 H, siempre teniendo en consideración que la emulsión asfáltica según proporciones es inaceptable desde el punto de vista ambiental. El sello superficial con emulsión asfáltica y DB-500, será aplicado de conformidad con lo estipulado en el Manual de Carreteras del MOP, Volumen 5 y lo indicado por el Instituto Chileno del Asfalto y la International Slurry Surfacing Association (ISSA) (Ver www.ichasfalto.cl Boletín de Septiembre de 2000: Mejoramiento de propiedades mecánicas y de reología con mezclas asfalto- polimérica)

- **PZ-22X:**

1.- Mezcla: Deben establecerse las proporciones de agua y PZ-22X. Una vez que el camión contenga el agua establecida se debe aplicar la cantidad de PZ-22X calculada. Se recomienda depositar primero el agua al camión ya que de colocar primero el estabilizante se corre el riesgo de perder la proporción de agua debido a que PZ-22X produce espuma.

2. - Homogenización: Una vez escarificado la superficie, el suelo debe aflojarse como preparación para la aplicación de PZ-22X. Deposite la mezcla de agua-PZ-22X en forma pareja y a velocidad constante humedeciendo y mezclando el suelo hasta que toda haya sido

aplicada. Debe dejarse que pase suficiente tiempo entre pasadas del aljibe para que así el suelo de la superficie no se sature y por tanto se dificulte el trabajo. Las condiciones de tiempo pueden variar el reposo. Tiempo caluroso puede permitir un periodo de reposo más corto, mientras que con tiempo más frío puede requerirse tiempo adicional.

La motoniveladora debe continuar cortando y apilando o amontonando el material hasta lograr el espesor apropiado.

El material tratado con PZ-22X puede dejarse en un arrume durante toda la noche sin que pierda su efectividad. Así no hay desperdicio de material.

Finalmente una vez que el material alcanza la humedad óptima de compactación, el proceso de homogenización finaliza.

3. - Compactación: La motoniveladora. deberá comenzar a retirar el material de los cordones y esparcirlo uniformemente sobre la superficie a estabilizar. Si se necesita agua adicional, está debe regarse ligeramente y en forma pareja durante este proceso. Formar el camino de tal manera que una pendiente mínima de 2% caiga del eje hacia la berma exterior del camino. La motoniv. y el rodillo deben continuar trabajando juntos para nivelar y compactar hasta que la superficie esté pareja y suave con una apariencia sellada uniforme.

En los pasos finales no debe usarse el vibrador de la aplanadora, esto evitará que la superficie superior se agriete por el rápido secado.

Deben proveerse suficientes drenajes y desagües a lo largo de la carretera para asegurarse de que no se formen pozas.

- **ProBase TX-55:**

1. - Preparación del área a tratar: El área a tratar debe estar nivelada y ligeramente compactada. Si se tiene, huecos, protuberancias o similares, corrija.

2. - Proporción de producto: a.- Calcular el volumen de material a tratar, multiplicando área y grosor de la carpeta. b.- Multiplicar el volumen obtenido por el coeficiente 0,33 para obtener los litros de TX-55 requeridos.

3. - Proporción de agua: Existen dos métodos para determinar la dilución requerida:

→ Cuando se conoce la cantidad de agua que el material base requiere para tener la humedad óptima de aplicación, TX-55 se añade al agua en la cantidad arriba calculada.

→ En otros casos puede emplearse la siguiente regla general:

- Suelos secos: 100/1 (100 partes de agua por cada parte TX-55).
- Suelos normales: 90/1 (90 partes de agua por cada parte de TX-55).
- Suelos húmedos: 70/1 (70 partes de agua por cada parte de TX-55).

4. - Llenado del tanque de agua: Antes de agregar TX-55 al tanque debe estar parcialmente lleno con agua, ya que de agregar ProBase a un tanque vacío se corre el riesgo de tapar la barra de reparto, las válvulas y los aspersores. Tampoco se recomienda emplear una bomba de transferencia manual para vaciar TX 55 de su envase.

5. - Aplicación de la mezcla agua-producto: Regar el área a ser tratada. La motoniveladora deberá seguir al carro tanque con la rastra de uñas para remover el sustrato hasta una profundidad de aproximadamente 10 cm.

→ Una vez suelto el sustrato, continuar regando con la solución de ProBase TX-55 y nuevamente la motoniveladora debe seguir al tanque, pero esta vez con la cuchilla.

→ Mezclar con la cuchilla repetidamente hasta que se haya roto todo terrón presente y se haya uniformizado la mezcla de ProBase TX-55 con el material. Se debe continuar regando el material hasta que la humedad sea ligeramente mayor al “contenido de humedad optimo”

→ Con la cuchilla estirar y nivelar el material tratado a lo largo y ancho del área a estabilizar.

6. - Compactado y nivelado final: Comenzar el compactado sin vibrador (una pasada), continuar compactando con el vibrador al máximo hasta que el material este denso y firme (usualmente dos pasadas son suficientes). Poner cuidado en no sobre compactar. Si aparentemente el material se seca demasiado rápido, regar ligeramente con agua pura. Verificar que el agua no tenga ProBase, pues causaría que el material se pegue al rodillo.

4. a.14. - Determinación de la cantidad de agua-producto requerida para el proceso de estabilización de carpetas de prueba

El procedimiento seguido para la estimación de agua-producto necesaria para carpetas de prueba es aplicable como metodología estándar para procesos de estabilización.

Nomenclatura:

(x) = Valor estandarizado dado por fabricante, según área y clima de trabajo.

(**) = valores obtenidos en laboratorio.

DMCS = Densidad máxima compactada.

- **TerraZyme**:

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.a.1. Proporción de TerraZyme por m^3 de suelo.

Proporción de TZ-11X por m^3 de suelo			Proporción de TZ-11X para carpetas de prueba			
Producto	Unid.	(x) Rendimiento (lts/m^3)	Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (lts)
TZ-11X	lts	0,036	Cono Km 17	0,036	25	0,9
			Cono Km 28	0,036	25	0,9
			Cono Nivel 11	0,036	25	0,9
			Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			2,7 litros

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.a.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con TerraZyme.

Suelo en estado natura:	Proporción de Agua					
Detalle	Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba			
			Suelo			Unid.
a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km28	Nivel 11	
b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
c) 3. DMCS	[kg/m^3]	**	2330	2280	2180	[kg/m^3]
d) Agua presente en el suelo	[lts/m^3]	d = (c • b)/100	69,9	91,2	109	[kg/m^3]
e) Rendimiento del estabilizante	[lt/m^3]	e = 0,036	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 0,036 lt de producto	[lts]	f = e • 1000	-	-	-	-
g) Agua total en el suelo según humedad real y disolución de TZ11X	[lts/m^3]	g = f + d	105,9	127,2	145	[lts/m^3]
h) Humedad Residual (humedad en el suelo posterior al riego)	(%)	h = (g • 100)/c	4,5	5,6	6,7	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo	[lts/m^3]	i = [(h-b)/100•c]	35	36,5	37,1	[lts/m^3]
j) Volumen de material a tratar	[m^3]		25	25	25	[m^3]
k) Agua a incorporar al camión aljibe	[lts]	k = i •j	874	913	923	[lts]
l) Mezcla total de agua-TZ 11X a incorporar al suelo	[lts]	l = (e•j)+k	875	914	924	[lts]

Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2710 lts_{H2O}

Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2713 $lts_{H2O\text{-}TZ\text{-}11X}$

- **PennzSuppress'D:**

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.b.1. Proporción de PennzSuppress'D por m^3 de suelo.

Proporción de PSD por m^3 de suelo			Proporción de PSD para carpetas de prueba			
Producto	Unid.	(x) Rendimiento (kg/m^3)	Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (kg)
PSDplus	Kg	8	Cono Km 17	8	25	200
			Cono Km 28	8	25	200
			Cono Nivel 11	8	25	200
			Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			600 kg

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.b.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con PennzSuppress'D.

Proporción de Agua							
Detalle		Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba			
				Suelo			Unid.
Suelo en estado natura:	a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km 28	Nivel 11	
	b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
	c) 3. DMCS	$[kg/m^3]$	**	2330	2280	2180	$[kg/m^3]$
d) Agua presente en el suelo		$[lts/m^3]$	d = (c • b)/100	69,9	91,2	109	$[kg/m^3]$
e) Rendimiento del estabilizante		$[kg/m^3]$	e = 8	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 8 kg de producto		[lts]	f = e • 9	-	-	-	-
g) Total de agua en el suelo según humedad real y disolución de PSD		$[lts/m^3]$	g = f + d	141,9	163,2	181	$[lts/m^3]$
h) Humedad residual (humedad en el suelo posterior al riego)		(%)	h = (g • 100)/c	6,1	7,16	8,3	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo		$[lts/m^3]$	i = [(h-b)/100•c]	72	72	72	lts/m^3
j) Volumen de material a tratar		m^3		25	25	25	m^3
k) Agua a incorporar al camión aljibe		[lts]	k = i •j	1800	1800	1800	lts
l) Mezcla total de agua-producto a incorporar al suelo		[lts]	l = (8•j)+k	2000	2000	2000	lts

Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 5400 lts_{H2O} | Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 6000 $lts_{H2O\text{-}PSD}$

- **Perma-Zyme 11X:**

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.c.1. Proporción de Perma-Zyme 11X por m^3 de suelo.

Proporción de PZ-11X por m^3 de suelo			Proporción de PZ-11X para carpetas de prueba			
Producto	Unid.	(x) Rendimiento (lts/m^3)	Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (lts)
PZ-11X	lts	0,030	Cono Km 17	0,030	25	0,75
			Cono Km 28	0,030	25	0,75
			Cono Nivel 11	0,030	25	0,75
			Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			2,3 litros

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.c.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con Perma-Zyme 11X.

Proporción de Agua							
Detalle		Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba			
				Suelo			Unid.
Suelo en estado natura:	a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km 28	Nivel 11	
	b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
	c) 3. DMCS	[kg/m^3]	**	2330	2280	2180	[kg/m^3]
d) Agua presente en el suelo		[lts/m^3]	d =(c • b)/100	69,9	91,2	109	[kg/m^3]
e) Rendimiento del estabilizante		[lt/m^3]	e = 0,03	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 0,030 lt de producto		[lts]	f = e • 1000	-	-	-	-
g) Agua total en el suelo según humedad real y disolución de PZ-11X		[lts/m^3]	g = f + d	100	12,2	139	[lts/m^3]
h) Humedad Residual (humedad en el suelo posterior al riego)		(%)	h = (g • 100)/c	4,3	5,32	6,4	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo		[lts/m^3]	i =[(h-b)/100•c]	30,3	30,1	30,52	[lts/m^3]
j) Volumen de material a tratar		[m^3]		25	25	25	[m^3]
k) Agua a incorporar al camión aljibe		[lts]	k = i •j	756	752,4	763	[lts]
l) Mezcla total de agua-PZ-11X a incorporar al suelo		[lts]	i = (e•j)+k	757	753	7,64	[lts]
Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2272 lts_{H2O}			Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2274 $lts_{H2O-PZ-11X}$				

- **Descobond 500:**

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.d.1. Proporción de Descobond 500 por m^3 de suelo.

Rangos de aplicación recomendada para DB-500, según tipos de suelo		
Clase de Suelo	Designación AASHTO	Dosificación (lts/ m^3)
I.P. < 10: Suelos no plásticos o de baja plasticidad	A-1-a/ A-1-b gravas	0,61
	A3 arena fina	0,61
	A-2-4/ A-2-5/ gravas y arenas limosas o arcillosas	0,31 – 0,46
	A-4/A-5 suelos limosos.	0,31 – 0,46
I.P. < 30 Suelos medianamente plásticos	A-2-6/ A-2-7 gravas, arenas limosas o arcillosas.	0,31
	A-6/ A-7-5/ A-7-6 Suelos arcillosos.	0,31 – 0,46
I.P. > 30 Suelos altamente plásticos	A-2-6/ A-2-7 arcillas.	0,46 – 0,61
	A-6/ A-7-5/ A-7-6 Suelos arcillosos	0,61

En general, la dosificación 0,61lts/m^3 debería ser usada para suelos pobres, 0,41lts/m^3 para suelos regulares y 0,31lts/ m^3 para suelos buenos.

Tabla 4.a.14.d.2. Proporción de Descobond 500 para carpetas de prueba.

Proporción de DB-500 para carpetas de prueba			
Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (lts)
Cono Km 17	0,61	25	15,25
Cono Km 28	0,61	25	15,25
Cono Nivel 11	0,61	25	15,25
Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			46 litros

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.d.3. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con Descobond 500.

Proporción de Agua							
Detalle		Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba			
				Suelo			Unid.
Suelo en estado natura:	a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km 28	Nivel 11	
	b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
	c) 3. DMCS	[kg/m^3]	**	2330	2280	2180	[kg/m^3]
d) Agua presente en el suelo		[lts/m^3]	d = (c • b)/100	69,9	91,2	109	[kg/m^3]
e) Rendimiento del Estabilizante		[lt/m^3]	e = 0,61	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 0,61lt de producto		[lts]	f = e • 100	-	-	-	-
g) Total de agua en el suelo según humedad real y disolución de DB		[lts/m^3]	g = f + d	131	152	170	[lts/m^3]
h) Humedad Residual (humedad en el suelo posterior al riego)		(%)	h = (g • 100)/c	5,6	6,7	7,7	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo		[lts/m^3]	i = [(h-b)/100•c]	60,58	61,56	58,86	[lts/m^3]
j) Volumen de material a tratar		[m^3]		25	25	25	[m^3]
k) Agua a incorporar al camión aljibe		[lts]	k = i •j	1514,5	1539	1471,5	[lts]
l) Mezcla total de agua-producto a incorporar al suelo		[lts]	l = (e•j)+k	1530	1554	1487	[lts]

Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 4525 lts$_{H2O}$ | Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 4571 lts $_{H2O–DB500}$

- **PZ-22X**

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.e.1. Proporción de PZ-22X por m^3 de suelo.

Proporción de PZ-22X por m^3 de suelo			Proporción de PZ-22X para carpetas de prueba			
Producto	Unid.	(x) Rendimiento (lts/m^3)	Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (lts)
PZ-22X	lts	0,033	Cono Km 17	0,033	25	0,83
			Cono Km 28	0,033	25	0,83
			Cono Nivel 11	0,033	25	0,83
			Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			2,5 litros

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.e.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con PZ-22X.

Proporción de Agua							
Detalle		Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba			
				Suelo			Unid.
Suelo en estado natura:	a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km 28	Nivel 11	
	b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
	c) 3. DMCS	[kg/m^3]	**	2330	2280	2180	[kg/m^3]
d) Agua presente en el suelo		[lts/m^3]	d =(c • b)/100	69,9	91,2	109	[kg/m^3]
e) Rendimiento del Estabilizante		[lt/m^3]	e = 0,033	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 0,033 lt de producto		[lts]	f = e • 1000	-	-	-	-
g) Total de agua en el suelo según humedad real y disolución del PZ-22X		[lts/m^3]	g = f + d	103	124,2	142	[lts/m^3]
h) Humedad Residual (humedad en el suelo posterior al riego)		(%)	h = (g • 100)/c	4,4	5,5	6,5	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo		[lts/m^3]	i =[(h-b)/100•c]	32,62	34,5	33	[lts/m^3]
j) Volumen de material a tratar		[m^3]		25	25	25	[m^3]
k) Agua a incorporar al camión aljibe		[lts]	k = i •j	816	863	825	[lts]
l) Mezcla total de agua-producto a incorporar al suelo		[lts]	i = (e•j)+k	817	864	826	[lts]

Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2504 lts_{H2O}

Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2507 $lts_{H2O\text{-}PZ\text{-}22X}$

- **ProBase TX-55**

☑ **Estimación de Producto**:

Tabla 4.a.14.f.1. Proporción de ProBase TX-55 por m^3 de suelo.

Proporción de TX-55 por m^3 de suelo			Proporción de TX-55 para carpetas de prueba			
Producto	Unid.	(x) Rendimiento (lts/m^3)	Suelo	Dosificación (lts/m^3)	Cantidad de suelo a tratar (m^3)	Total de producto (lts)
ProBase TX-55	lts	0,33	Cono Km 17	0,33	25	8,25
			Cono Km 28	0,33	25	8,25
			Cono Nivel 11	0,33	25	8,25
			Total de producto a utilizar en carpetas de prueba:			25 litros

☑ **Estimación de Agua**:

Tabla 4.a.14.f.2. Proporción de agua para carpetas de prueba elaboradas con ProBase TX-55.

Proporción de Agua						
Detalle		Unid.	Cálculo	Estimación para canchas de prueba		
				Suelo		Unid.
Suelo en estado natura:	a) 1. Tipo de suelo a tratar			Km 17	Km 28	Nivel 11	
	b) 2. Humedad Natural	[%]	**	3	4	5	[%]
	c) 3. DMCS	[kg/m^3]	**	2330	2280	2180	[kg/m^3]
d) Agua presente en el suelo		[lts/m^3]	d =(c • b)/100	69,9	91,2	109	[kg/m^3]
e) Rendimiento del Estabilizante		[lt/m^3]	e =0,33	-	-	-	-
f) Cantidad de agua requerida para disolver 0,33 lt de producto		[lts]	f = e•100	-	-	-	-
g) Total de agua en el suelo según humedad real y disolución de PBTX-55		[lts/m^3]	g = f + d	103	124,2	142	[lts/m^3]
h) Humedad Residual (humedad en el suelo posterior al riego)		(%)	h = (g • 100)/c	4,4	5,5	6,5	(%)
i) Agua a utilizar en el proceso por m^3 de suelo		[lts/m^3]	i =[(h-b)/100•c]	32,62	34,5	33	[lts/m^3]
j) Volumen de material a tratar		[m^3]		25	25	25	[m^3]
k) Agua a incorporar al camión aljibe		[lts]	k = i •j	816	863	825	[lts]
l) Mezcla total de agua-producto a incorporar al suelo		[lts]	l = (e•j)+k	817	864	826	[lts]
Total de agua a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2440 lts $_{H2O}$			Total de Mezcla a utilizar en ejecución de carpetas de prueba: 2465lts$_{H2O/TX55}$				

4. a.15. - <u>Tránsito vehicular durante y después del proceso de estabilizado</u>

a.- Transito vehicular durante el proceso de estabilizado:

- **TZ-11X** / **PZ-11X** / **PZ-22X** / **TX-55:** No será necesario interrumpir el tránsito.
- **PSD:** No será necesario interrumpir el tránsito, pero se recomienda controlar la velocidad con señalización y/o incorporar lomo de toro.
- **DB-500:** El tráfico ha de ser desviado durante los trabajos, si no se puede interrumpir totalmente, dejar el espacio en el mismo camino o vías laterales. El transito sobre la muestra se reanudará en cuanto lo indique el representante del laboratorio de suelos.

b.- Transito vehicular terminado el proceso de estabilizado:

- **TZ-11X:** El camino puede ser utilizado por tráfico liviano. El tráfico normal puede reiniciarse un día después bajo condiciones normales de tiempo.
- **PSD:** El camino puede ser utilizado por tráfico normal, sin embargo la velocidad de circulación no podrá exceder los 40-50 km/hr., por lo menos en un tiempo de 2 hrs.
- **PZ-11X:** El camino puede ser utilizado por tráfico normal, cuidando que durante el periodo de fraguado 24/72hrs, la velocidad de circulación sea baja, esto con el fin de no provocar roturas por exceso de fricción o vibración que rompa el sellado.
- **DB-500:** Idealmente el camino no debiera ser utilizado durante el período de fraguado, sin embargo solo y estrictamente de ser necesario el camino puede abrirse inmediatamente al transito vehicular, con la restricción que se deberá controlar que durante el periodo de fragüe, comprendido entre 24 a 48hrs. la velocidad de circulación no exceda los 30 km/hr.
- **PZ-22X:** En climas secos la carpeta de rodado puede abrirse inmediatamente al tráfico. Las condiciones lluviosas o de alta humedad pueden aumentar el tiempo de secado de la carpeta (48 a 72 hrs.) y hacer necesario mantener la vía cerrada.
- **TX-55:** La carpeta tratada con TX-55 podrá ser habilitada inmediatamente.

4. a.16.- <u>Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes</u>

El mantenimiento de caminos estabilizados con productos alternativos, dependerá del uso (frecuencia y tipo de vehículo) y condiciones climáticas al que se ve expuesto el camino tratado, tales factores provocan que a través del tiempo se produzca el deterioro de la carpeta, generándose entre otros bombeo deficiente, formación de baches, calaminas, etc.

Las labores de mantenimiento demandaran material de empréstito (generalmente en bajas proporciones), producto estabilizante y maquinaria como pisones mecánicos manuales, rodillo de bajo tonelaje o simplemente el paso de vehículos que hacen uso del camino.

La frecuencia de mantenimiento requerida por un camino estabilizado así como la dosis de producto utilizado en cada una de estas faenas según alternativas de estabilizantes analizados, es la siguiente:

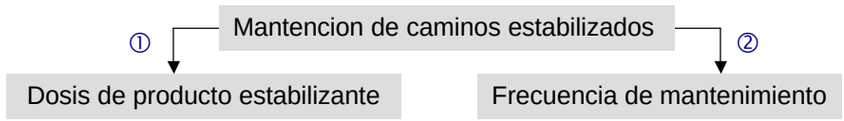


Tabla 4.a.16. Mantención de caminos tratados con productos estabilizantes.

- **TerraZyme:** ① El mantenimiento de un camino tratado con TZ-11X se realizara con una dosis de producto equivalente a 0,036lts/m^3 en casos de depresiones y de 0,0036lts/m^2 para el control de polvo. ② La frecuencia de mantención para el control de polvo es cada 3 a 4 meses, y en el caso de depresiones no antes de 6 meses.

- **PennzSuppress'D**: ① La mantención de un camino tratado con PSD se deberá realizar con una dosis de producto rebajada hasta en un 88%, equivalente a 1kg/m^3 en caso de baches o similares, en tanto para el control de polvo la dosis a utilizar es de 0,1kg/m^2. ② La mantención por formación de y control de polvo es cada 3 meses.

- **Perma-Zyme 11X**: ① El mantenimiento de un camino tratado con PZ-11X se deberá realizar con una dosis de producto equivalente a 0,030lts/m^3 en casos de depresiones y de 0,0030lts/m^2 para el control de polvo. ② La frecuencia de mantención por formación de hoyos o similares como para control de polvo es cada 3 a 4 meses.

- **Descobond 500**: ① La mantención de un camino tratado con DB se deberá realizar con una dosis de producto rebajada hasta en un 75% equivalente en caso de reparaciones de baches, calamina o similares a 0,15lts/m^3 si el suelo utilizado para relleno es pobre, 0,11lt/m^3 si el suelo es regular y 0,08 lt/m^3 y si el suelo es bueno, en tanto para el control de polvo en la superficie se deberá utilizar 0,015lts/m^2. ② La mantención del camino por formación de baches no debiera ser antes de 12 meses y la frecuencia de sello superficial para control de polvo es cada 6 meses si el producto utilizado es solo DB y 24 meses si el sello se realiza con CSS1H y DB-500.

- **PZ-22X:** ① El mantenimiento de un camino tratado con PZ-22X se realizara con una dosis de producto equivalente a 0,033 lts/m^3 en casos de depresiones y 0,0033lts/m^2 para el control de polvo. ② La frecuencia de mantención para el control de polvo es cada 3 a 4 meses, y en el caso de baches no debieran presentarse antes de 6 meses.

- **ProBase TX-55:** ① La mantención de un camino tratado con Probase gracias a su propiedad reciclable se realizara con una dosis de producto rebajada hasta en un 90%, equivalente a 0,03lt/m^3 en caso de rellenos para baches, eliminación de calaminas y similares, en tanto para el control de polvo la dosis requerida es de 0,003lts/m^2. ② La mantención del camino por formación de baches no debiera ser antes de 12 meses y la frecuencia de sello superficial para control de polvo es cada 6 meses.

4. a.17.- <u>Control de hielo/Soluciones de productos descongelantes compatibles con productos estabilizantes analizados</u> (Ver Anexo 3 Ítem 3.2)

4. a.18. - <u>Restricciones</u>

Para obtener un resultado 100% efectivo se requiere tomar en consideración las siguientes condiciones:

- **TerraZyme:**

1.- Agua con la cual se diluye el producto enzimático: Limpia y libre de cloro.

2.- El terreno a estabilizar debe contener: a) La presencia de algún porcentaje de arcilla. b) La presencia mínima de un 20% a un 25% de finos, de naturaleza cohesiva y no granular (que pasen por el tamiz #200 de 0,075mm).

Alcance: Un suelo cohesivo se compone principalmente de limo y arcilla y un suelo granular se compone principalmente de arena y grava.

- **PennzSuppress'D:**

1.- Agua con la cual se diluye el producto orgánico: Limpia, libre de desechos.

2.- El terreno a estabilizar deberá cumplir con las siguientes características: a) Estar exento de basura, raíces y agregado pétreo de tamaño superior a 2". b) Presencia mínima de un 10% y máximo de 65% de finos.

3.- EL producto no puede ser aplicado antes o durante de un acontecimiento de lluvia.

- **Perma-Zyme 11X:**

1.- Agua con la cual se diluye el producto enzimático: Agua limpia y libre de cloro.

2.- El terreno a estabilizar debe contener: a) La presencia mínima de un 20% de finos, de naturaleza cohesiva (limo y arcilla) y no granular (arena y grava), con un mínimo de 8% de arcilla. b) Índice plástico (I.P.): Entre un 8% y 20%. Si el I.P. del suelo es mayor, el desempeño sigue siendo bueno, pero en superficie requiere incorporar áridos para mejorar adherencia de rodamiento en condiciones de elevada humedad (lluvias).

3.- Al aplicarse el PZ-11X, la temperatura ambiente debe ser: 7°C < T°< 40°C.

4.- No realizar proceso de estabilizado si las condiciones climáticas no permiten completar el tiempo de fraguado mínimo (72hrs) necesario para evitar que la carpeta tratada pierda suelo a nivel de superficie.

- **Descobond 500:**

1.- Agua con la cual se diluye el producto: Agua limpia (libre de desechos) y con contenido de cloro no mayor que el que concentra el agua potable.

2.- Al aplicarse DB-500, la temperatura ambiente debe estar entre 0 y 49°C.

- **PZ-22X:**

1. - Agua con la cual se diluye el producto enzimático: La concentración de cloro en el agua a utilizar en el proceso de estabilizado no deberá ser superior a 3.000 m.g.p.l. (agua potable: 90 m.g.p.l. de cloro).

2. - El terreno a estabilizar debe contener: a) La presencia mínima de un 20% de finos, de naturaleza cohesiva y no granular. b) Índice plástico (I.P.): superior al 6%.

3. - La presencia de material vegetal afectará negativamente la aplicación de PZ-22X.

4. - Al aplicar PZ-22X, la temperatura ambiente debe ser superior a 10°C.

- **ProBase TX-55:**

1.- Agua con la cual se diluye el producto inorgánico: Limpia, exenta de ramas, basura, etc.

2.- El terreno a estabilizar debe contener:

⇒ La presencia mínima de un 25% de finos.

3.- Al aplicarse TX-55, la temperatura ambiente debe ser: 0°C < T°< 49°C.

4. a.19.- <u>Usos /Aplicabilidad de producto estabilizantes</u>

a.- Usos/Aplicaciones comunes de productos estabilizantes:

- Estabilización de caminos secundarios (rurales o no pavimentados), públicos o privados, caminos de acceso a zonas agrícolas, mineras, petroleras y forestales.

- Aplicables como pretratamiento de la capa base antes de pavimentar u asfaltar, permitiendo de esta manera aumentar la durabilidad y la vida útil de los caminos. Esta forma de utilización de los productos estabilizantes tiene principal aplicación en caminos primarios, áreas de estacionamiento y pistas de aterrizaje de helipuertos, aeródromos y aeropuertos.

- Obtención de una buena plataforma de trabajo para el paso de tráfico en obra.

- Son la solución para caminos en áreas específicamente sensibles al medio ambiente, que requieran ser estabilizados sin impactar o cambiar el aspecto natural del paisaje, como ser parques, senderos, paseos peatonales o ciclovías, playas estacionamiento, etc.

- Estabilización de rutas con control de malezas y corta fuegos.
- Usados para el mantenimiento de caminos ya sea para parchar o rellenar baches.
- Pueden aplicarse para el control de erosión de suelo, polvo en suspensión, eliminación de lodazales y calaminas.
- Construcción y control de polvo de terraplenes/taludes/relaves mineros entre otros.
- Efectivo reductor de erosión y escurrimiento de suelo en bermas o bordes de vías.

b.- Usos/Aplicaciones especiales de productos estabilizantes: (Ver Anexo 3 Ítem 3.3)

4. a.20. - <u>Características y beneficios de productos estabilizantes</u>

- No cambian en absoluto el método tradicional de construcción de caminos.
- Se aplican con maquinaria o equipos convencionales disponibles por cualquier empresa vial privada o publica.
- Aumentan y mantienen la integridad estructural de los suelos, elevando su densidad, estabilidad y resistencia, minimizando la formación de baches, calaminas y similares.
- Permiten controlar la emisión de polvo.

(Alcance: PSD asegura eliminar en un 100% el material particulado)

- Mejoran las propiedades de impermeabilidad de los suelos, evitando de esta manera la formación de grandes cantidades de lodo. (Alcance: PSD certifica 100% la impermeabilidad)
- De rápida dilución: Producto concentrado que se mezcla fácilmente con agua.
- De fácil aplicación, rápida penetración y dispersión en el suelo.
- Reducen esfuerzos de compactación: debido al efecto cohesivo que producen entre las partículas de suelo, se reduce el porcentaje de huecos en la carpeta, permitiendo obtener una óptima compactación con menores esfuerzos.
- Seguros con respecto al manejo y aplicación, su uso no requiere medidas de mitigación.
- Son productos estables: no reaccionan ante cambios bruscos de pH, no presentan desprendimiento de gases corrosivos ni tóxicos y no son inflamables.

(*Alcance: A pesar de que PSD y DB-500 presentan temperatura de inflamación, no son considerados materiales combustibles o inflamables según* NCh 2190.Of89 *que clasifica a una sustancia como inflamable cuando arde a una temperatura menor o igual a 61°C.)*

- No son corrosivos, por lo tanto fáciles y seguros de almacenar. No causan deterioro o daño en piezas y carrocería de vehículos u equipos que hacen uso del camino tratado.

- Inocuos al medio ambiente y salud: No contienen sustancias peligrosas, son orgánicos y biodegradables.
- El transporte del producto no es regulado: El producto al ser clasificado como no peligroso, no es regulado por el departamento de transporte del país de fabricación.
- Resistencia ante control de hielo: La alta resistencia a la compresión que logra una carpeta tratada con el producto estabilizante, permitirá que esta no se hunda con el paso de maquinaria como barrenieves o rompehielos, lo que facilitará el control de la máquina por parte del operador (seguridad) y minimizará la destrucción de la carpeta.
- Reduce los costos de construcción y de mantenimiento.
- Aumenta la vida útil de las carreteras.
- Incrementa la capacidad de carga o soporte de los caminos, permitiendo de esta forma disminuir el espesor de las capas superiores (pavimento/asfalto).
- Se producen bajo la certificación ISO 9001-9002 (certificación de calidad).
- Vida útil de almacenamiento extensa: Productos que pueden ser almacenados (bajo condiciones razonables), por largos periodos de tiempo.

4. a.21. - <u>Salud y medio ambiente</u>

Los productos estabilizantes analizados no presentan ningún impacto negativo, son productos naturales, fácilmente descompuesto por los microorganismos propios del suelo (biodegradables), no manifiestan bio-acumulación, son estables, no tóxicos, no contienen químicos alergénicos que contribuyan a reacciones respiratorias o cutáneas agudas, no se necesita ropa de protección especial, ventilación o manipulación como material peligroso, cumplen todos los estándares y requerimientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y del departamento de Administración Ocupacional de Seguridad y Salud del mismo país (OSHA), por lo que no requieren de aprobación ecología para usarse en caminos.

En consecuencia TerraZyme, PennzSuppress'D, Perma-Zyme 11X, Descobond-500, PZ-22X y Probase TX-55 son estabilizadores de suelo que no contienen sustancias químicas arriesgadas o peligrosas por lo tanto son seguros para el Medio Ambiente y la Salud.

(Mayor información Anexo 3 Ítem 3.4)

4. a.21.a. - Productos estabilizantes / Riesgos y Prevención ante la salud y el ambiente

a.- Peligros para la salud de las personas. b.- Medidas de emergencia y primeros auxilios.
c.- Precauciones ambientales al utilizar productos estabilizantes. (Ver Anexo 3 Ítem 3.5)

4. a.22.- Normas técnicas nacionales aplicables a los productos analizados

Tabla 4.a.22. Normas técnicas aplicables a productos analizados.

Normas Chilenas (NCh)
Código: NCh 2505.Of.2001. **Titulo:** Estabilización química de suelos-caracterización del producto y evaluación de las propiedades de desempeño del suelo. **Aplicabilidad:** Esta norma establece que la estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado *estabilizador químico*. Los estabilizadores químicos considerados por ésta norma son las sales, enzimas, polímeros y subproductos del petróleo, por lo que todos los puntos a los que hace mención la NCh 2505 son aplicables a los productos analizados.
Código: NCh 2190.Of.1993 **Titulo:** Sustancias peligrosas -Marca para información de riesgos. **Aplicabilidad:** Esta norma establece los distintivos de seguridad (marca, etiqueta, rotulado) para ser colocados sobre el envase y medios de transporte de sustancias peligrosas definidas en las norma Chilena NCh 2120, la cual clasifica a los estabilizantes analizados como sustancias que no revisten peligro por ende se emplea una etiqueta simple conforme al anexo S de la norma NCh 2190.
Código: NCh 2120.Of.89 **Titulo:** Clases de materiales peligrosos **Aplicabilidad:** Establece nueve clases de materiales o sustancias peligrosas según su riesgo, clasificando a los productos analizados en la Clase 9: “sustancias peligrosas varias”, que no presentan peligros. Esta clase hace referencia a las normas relacionadas con el manejo, transporte y disposición de Sustancias Peligrosas, teniendo solo aplicabilidad para este caso particular las NCh 2245 y 2353.
Código: NCh 2245.Of.2003 **Titulo:** Sustancias químicas - hoja de datos de seguridad-Requisitos **Aplicabilidad:** Hoja de Datos de Seguridad de productos químicos (HDS).
Código: NCh 2353.Of.1996 **Titulo:** Sustancias peligrosas-Transporte por carretera-hoja de Datos de Seguridad **Aplicabilidad:** Hoja de Datos de Seguridad para transporte de productos químicos (HDST).

CAPITULO V

PRUEBAS IN-SITU

ALTERNATIVAS DE PRODUCTOS ESTABILIZANTES

5. a.- Antecedentes generales de pruebas in-situ

5. a.1.- Resumen

Las alternativas de estabilizantes de suelo presente en este estudio, fueron sometidas a pruebas in-situ, tales pruebas consistieron en que cada producto se ensayo con tres suelos de distintas características; cada suelo tratado, constituyo una carpeta de rodado, cada carpeta tomo ubicación en diferentes sectores del Camino Industrial y cada sector recepciono dentro de un tramo en canchas ubicadas una al lado de otra a los seis productos estabilizantes participante en este proyecto, dichos sectores, fueron escogidos bajo el siguiente criterio:

- Que el sector donde tendrían lugar las canchas de prueba, estuviese cerca del cono de donde se extraería tierra para el proceso, con el fin de minimizar costos de traslado de material.
- Y que los siete productos ensayados en el sector escogido estuviesen sometidos a las mismas condiciones topográficas propias del camino, es decir, si un producto se ensayaba en una curva, los restantes seis productos debían ser probados en curvas con radio de giro, pendiente y peralte similares, con el fin de alcanzar mayor objetividad al momento de evaluar el comportamiento reflejado por cada carpeta de prueba.

Por otra parte Andina para el proceso de pruebas in-situ le otorga a cada proveedor y/o representante de los respectivos productos estabilizantes de suelo, participantes en el proceso, toda la documentación descrita en el capitulo III y V (Clasificación, Identificación, Caracterización y Comportamiento de los suelos con los que cuenta la División para estructurar la carpeta de rodado del Camino Industrial / Metodología de Diseño para en el Sistema de Estabilizado del Camino Industrial); con el objetivo de que fabricantes, ingenieros o técnicos encargados de cada producto estabilizante, estudiara la dosificación óptima de producto a incorporar a los suelos a tratar, con el fin de obtener resultados esperados en la primera y única prueba in-situ destinada a mostrar las bondades de los respectivos productos. Además, a esto se agrega que días previos al inicio de pruebas in-situ, se realiza un reconocimiento de terreno con todos los técnicos representantes de cada producto estabilizante con el fin de mostrar las condiciones de terreno en las que se efectuarían los trabajos.

5. a.2.- <u>Ubicación y descripción de sectores donde toman lugar carpetas</u>

Dentro del Camino Industrial los sectores donde toman ubicación las carpetas de prueba elaboradas con diferentes productos estabilizantes son los siguientes:

SECTOR 1

<u>Ubicación sector carpetas de prueba</u>:

Desde el Km 21 del Camino Industrial, tramo comprendido entre el puente y curva el salto.

<u>Descripción del sector carpetas de prueba:</u>

⇒ **Topografía general del tramo:** Tramo recto con pendiente pronuncia.

⇒ **Estado del terreno (capa base) sobre el cual realizan carpetas de prueba:** Estabilizado recientemente con cloruro de sodio en un espesor de 0.10m; superficie en buen estado completamente lisa (no se observan baches).

SECTOR 2

<u>Ubicación sector carpetas de prueba</u>:

Km 28 Camino Industrial, tramo anterior al camino alternativo edificio Caminos y Nieve.

<u>Descripción del sector carpetas de prueba</u>

⇒ **Topografía general del tramo:** Tramo recto sin pendiente.

⇒ **Estado del terreno (capa base) sobre el cual realizan carpetas de prueba:** Estabilizado recientemente con cloruro de sodio en un espesor de 0.10m, superficie en mal estado, se observan baches de dimensiones reducidas sobre toda el área que comprende el tramo del sector 2.

SECTOR 3

<u>Ubicación sector carpetas de prueba</u>:

Km 35 curva comprendida entre salidas de emergencia, sector el Plomo

<u>Descripción sector carpetas de prueba:</u>

⇒ **Topografía general del tramo:** Tramo correspondiente a una curva, de pendiente y peralte suave.

⇒ **Estado del terreno (capa base) sobre el cual realizan carpetas de prueba:** Estabilizado recientemente con cloruro de sodio en un espesor de 0.10m, superficie en buen estado completamente lisa (no se observan baches).

5. a.3.- <u>Identificación del suelo utilizado por sector para carpetas de prueba</u>

Los suelos con los que cuenta la División actualmente para el proceso de estabilizado del Camino Industrial y con los que se estructuraron las carpetas de prueba son tres. Para pruebas in-situ las carpetas elaboradas se realizaron distribuyendo un tipo de suelo para cada sector, en consecuencia el suelo utilizado por sector tiene la siguiente identificación:

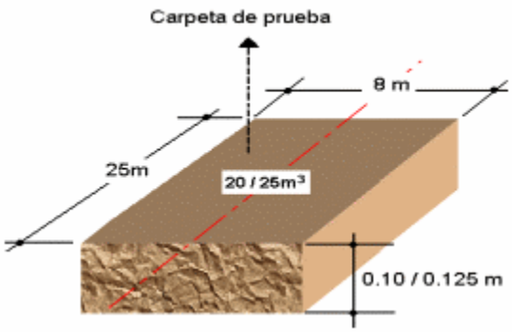
<u>Suelo 1</u>: Suelo proveniente del Cono km 17, corresponde a una grava arenosa.

<u>Suelo 2</u>: Suelo proveniente del Cono km 28 "Barriga, corresponde a una grava arenosa.

<u>Suelo 3</u>: Suelo proveniente del Cono km Nivel 11, corresponde a una arena limosa color café. (mayor información ver Capítulo IV)

6. a.4.- <u>Dimensión de carpetas de prueba por sector</u>

- Longitud : 25m
- Ancho: 8m (dos vías de 4m c/u)
- Alto: 0,10m (compactado);
  0,125m (material suelto)
- Total m^3: $20m^3$ (compactado)
- Total m^3: $25m^3$ (material suelto)



5. a.5.- <u>Dimensión total del tramo a estabilizar por producto estabilizante</u>

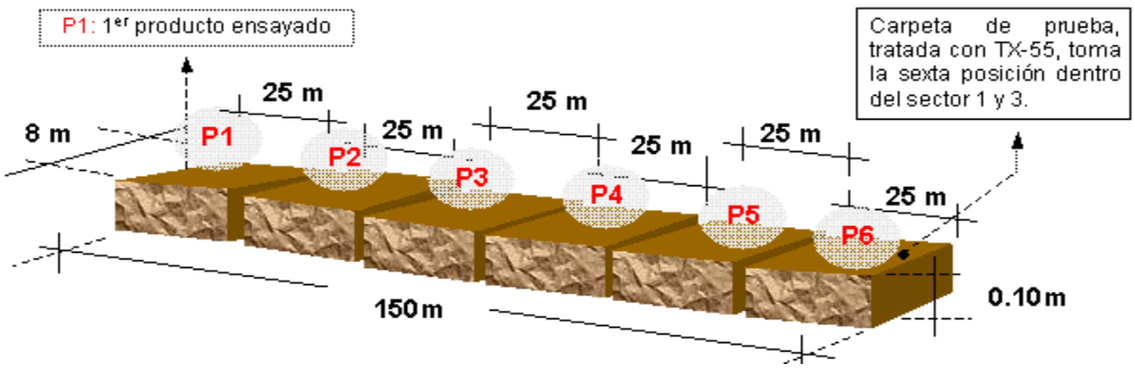
Cada producto estabilizante confecciona tres carpetas de rodado de igual dimensión; en consecuencia el tramo total tratado por producto estabilizante es el siguiente:

5. a.6.- <u>Distribución de carpetas de prueba por sector</u>

Por sector la distribución de canchas de prueba o carpetas de rodado tratadas con diferentes productos estabilizantes es la siguiente: Dentro de 150ml (metros lineales) se encuentran situadas seis carpetas de rodado, una al lado de otra, cada una tratada con un producto químico distinto; estas están señaladas y delimitadas por estacas, a lo ancho del camino una por lado y a lo largo del sector cada 25m.

<u>Distribución carpetas de prueba - Sector 1 y 3</u>:

Fig. 6. a.6.1. Distribución carpetas de prueba - Sector 1 y 3.



Donde:

P1: Producto estabilizante TerraZyme (TZ-11X). **P2:** Producto estabilizante PennzSupress'D (PSD).

P3: Producto estabilizante PermaZyme (PZ-11X). **P4:** Producto estabilizante Descobond (DB 500)

P5: Producto estabilizante PZ-22X. **P6:** Producto estabilizante Probase TX-55 (TX-55).

<u>Distribución carpetas de prueba - Sector 2</u>: Como excepción, el sector 2 solo recepcionó a cinco carpetas; esto se debe a que la primera carpeta de prueba a realizar en éste sector, por el producto TerraZyme no se lleva a cabo por razones descritas en el punto 6.b.1.2. PRODUCTO: TERRAZYME-sector 2 (Pág.71)

Fig. 6. a.6.2. Distribución carpetas de prueba - Sector 2

Donde:

P1: Producto estabilizante PennzSupress'D (PSD).

P2: Producto estabilizante PermaZyme (PZ-11X). **P3:** Producto estabilizante Descobond (DB-500).

P4: Producto estabilizante PZ-22X. **P5:** Producto estabilizante Probase TX-55 (TX-55).

5. a.7. - Proporción de mezcla agua-estabilizante utilizada en pruebas in-situ

Tabla 5. a.7. Proporción de mezcla agua-estabilizante utilizada en pruebas in-situ.

Productos	Mezcla (H_2O+Producto) utilizada en elaboración de carpeta		
	Sector 1 (25m³)	Sector 2(25m³)	Sector 3 (25m³)
TerraZyme (TZ-11X)	1.302 lts $_{H2O-TZ}$	-	1.816 lts $_{H2O-TZ}$
PennzSuppress'D (PSD)	1.918 lts $_{H2O-PSD}$	3644 lts $_{H2O\ PSD}$	1.629lts $_{H2O-PSD}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	911lts $_{H2O+PZ11X}$	837 lts $_{H2O-PZ11X}$	1.059 lts $_{H2O-\ PZ11X}$
Descobond 500 (DB-500)	1.114 lts $_{H2O-DB-CSS1}$	1.131lts $_{H2O-DB-CSS1}$	1.078 lts $_{H2O-DB}$
PZ-22X	211 lts $_{H2O-PZ\ 22x}$	576lts $_{H2O-PZ\ 22X}$	1.074lts $_{H2O-PZ22X}$
ProBase TX-55 (TX-55)	713 lts $_{H2O-TX\ 55}$	613 lts $_{H2O-TX\ 55}$	513 lts $_{H2O-TX\ 55}$
Productos	Producto utilizado en elaboración de carpeta		
	Sector 1 (25m³)	Sector 2(25m³)	Sector 3 (25m³)
TerraZyme (TZ-11X)	1,5 lts $_{TZ-11X}$	-	2,1 lts $_{TZ-11X}$
PennzSuppress'D (PSD)	187 kg $_{PSD}$	355 kg $_{PSD}$	158 kg $_{PSD}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	0,5 lts $_{PZ11X}$	0,4 lts $_{PZ11X}$	0,6 lts $_{PZ11X}$
Descobond 500 (DB-500)	14,4 lts $_{(DB)}$ +16,1lts $_{(CSS1)}$	12,7lts $_{(DB)}$ +32,3lts $_{(CSS1)}$	20,2 lts $_{DB}$
PZ-22X	0,2 lts $_{PZ-22X}$	0,6 lts $_{PZ-22X}$	1,3 lts $_{PZ-22X.}$
ProBase TX-55 (TX-55)	13 lts $_{TX-55}$	13 lts $_{TX\ 55}$	13 lts $_{TX-55}$
Productos	Agua utilizada en elaboración de carpeta		
	Sector 1 (25m³)	Sector 2(25m³)	Sector 3 (25m³)
TerraZyme (TZ-11X)	1300,5 lts $_{H2O}$	-	1.813,9 lts $_{H2O}$
PennzSuppress'D (PSD)	1.731 lts $_{H2O}$	3.289 lts $_{H2O}$	1.471 lts $_{H2O}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	910,5 lts $_{H2O}$	836,6 lts $_{H2O}$	1.058,4 lts $_{H2O}$
Descobond 500 (DB-500)	1.083,5 lts $_{H2O}$	1.086 lts $_{H2O}$	1.057,8 lts $_{H2O}$
PZ-22X	210,8 lts $_{H2O}$	575,4 lts $_{H2O}$	1.072,7 lts $_{H2O}$
ProBase TX-55 (TX-55)	700lts $_{H2O}$	600 lts $_{H2O}$	500 .....lts $_{H2O}$

Productos	Mezcla (H_2O+Producto) utilizada en sello de carpeta		
	Sector 1 (200m²)	**Sector 2 (200m²)**	**Sector 3 (200m²)**
TerraZyme (TZ-11X)	200 lts $_{H2O+TZ-11X}$	-	200 lts $_{H2O-TZ-11X}$
PennzSuppress'D (PSD)	404 lts $_{H2O-PSD}$	404 lts $_{H2O-PSD}$	404 lts $_{H2O-PSD}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	200 lts $_{H2O-PZ11X}$	200 lts $_{H2O-PZ11X}$	200 lts $_{H2O-PZ11X}$
Descobond 500 (DB-500)	200 lts $_{H2O-DB-CSS1}$	200 lts $_{H2O-DB-CSS1}$	200 lts $_{H2O+DB}$
PZ-22X	100 lts $_{H2O-PZ-22X}$	200 lts $_{H2O-PZ-22X}$	200 lts $_{H2O-PZ-22X}$
ProBase TX-55 (TX-55)	-	-	-
Productos	Producto utilizado en sello de carpeta		
	Sector 1 (200m²)	**Sector 2 (200m²)**	**Sector 3 (200m²)**
TerraZyme (TZ-11X)	0,2 lts $_{TZ-11X}$	-	0,2 lts $_{TZ-11X}$
PennzSuppress'D (PSD)	4 kg $_{PSD}$	4 kg $_{PSD}$	4 kg $_{PSD}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	0,1 lts $_{PZ11X.}$	0,1 lts $_{PZ11X.}$	0,1 lts $_{PZ11X.}$
Descobond 500 (DB-500)	2,6 lts $_{(DB)}$ +2,9lts $_{(CSS1)1}$	2,3 lts $_{(DB)}$ +5,7 lts $_{(CSS1}$	3,8 lts $_{DB}$
PZ-22X	0,1 lts $_{PZ-22X}$	0,2 lts $_{PZ-22X}$	0,2 lts $_{PZ-22X}$
ProBase TX-55 (TX-55)	-	-	-
Productos	Agua utilizadas en sello de carpeta		
	Sector 1 (200m²)	Sector 2 (200m²)	Sector 3 (200m²)
TerraZyme (TZ-11X)	199,8 lts $_{H2O}$	-	199,8 lts $_{H2O}$
PennzSuppress'D (PSD)	400 lts $_{H2O}$	400 lts $_{H2O}$	400 lts $_{H2O}$
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	199,9 lts $_{H2O}$	199,9 lts $_{H2O}$	199,9 lts $_{H2O}$
Descobond 500 (DB-500)	194,5 lts $_{H2O}$	192 lts $_{H2O}$	196,2 lts $_{H2O}$
PZ-22X	99,9 lts $_{H2O}$	199,8 lts $_{H2O}$	199,8 lts $_{H2O}$
ProBase TX-55 (TX-55)	-	-	-

5. b.- Evaluación visual comportamiento estructural de carpetas de pruebas

Esta evaluación tiene por finalidad medir en forma visual el comportamiento estructural a través del tiempo que desarrollan las carpetas de prueba tratadas con diferentes productos estabilizantes.

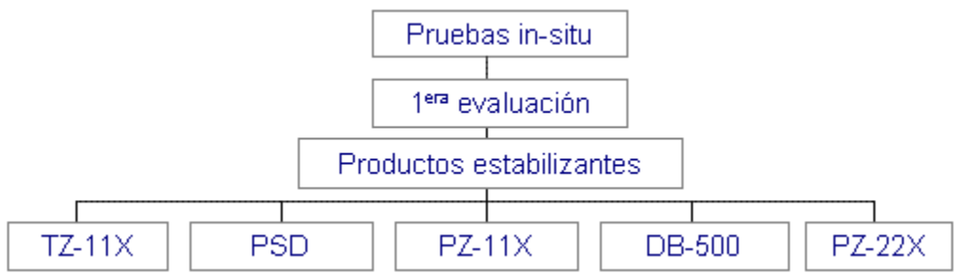
Con el objetivo de percibir cambios en la estructura de las carpetas, sumado al escaso tiempo que se tuvo para evaluar el comportamiento de éstas; se realizaron tres evaluaciones con un periodo transcurrido entre cada evaluación de:

- Tiempo transcurrido entre 1era y 2da evaluación: 15 días.
- Tiempo transcurrido entre 2da y 3era evaluación: 15 días.
- Tiempo transcurrido entre 1era y 3era evaluación: 30 días.

5. b.1.- 1era evaluación

Para esta primera evaluación, solo se registran cinco productos. Se otorga a representantes del estabilizante Probase TX-55 tiempo adicional al programado para ejecución de pruebas.

Diagrama 5. b.1 Productos estabilizantes participes en 1era evaluación



⇒ Antecedentes generales implícitos en 1era evaluación de pruebas in-situ:

Productos	Tiempo transcurrido desde elaboración de carpetas de pruebas a datos registrados para 1era evaluación
TerraZyme (TZ-11X)	Sector 1, 2, y 3: 28 de enero al 10 de febrero (2003) = 13 días.
PennzSuppress'D (PSD)	Sector 1, 2, y 3: 29 de enero al 10 de febrero (2003) = 12 días.
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	Sector 1, 2, y 3: 30 de enero al 10 de febrero (2003) = 11 días.
Descobond 500 (DB-500)	Sector 1 y 2: del 03 al 10 de febrero (2003) = 7 días.
PZ-22X	Sector 1 y 2: del 04 al a 10 de febrero (2003) = 6 días.
ProBase TX-55 (TX-55)	-

Condiciones climáticas a las que estuvieron expuestas carpetas de prueba (del 28 de enero al 10 febrero 2003l:

- Temperaturas: Mínima registrada: 5°C. / Máxima regis trada: 18°C.
- Precipitaciones: No se registran.

5. b.1.1.- <u>Comportamiento visualizado en carpetas de prueba</u>

5. b.1.1.1.- PRODUCTO: TERRAZYME

<u>SECTOR 1</u>

Fig. 5. b.1.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 13 días de elaborada - tramo km 21.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono km 17 y tratada con TerraZyme, refleja a los 13 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie, presenta material suelto, en un espesor aproximado de 2mm; al limpiar esta gravilla y finos nos encontramos con una superficie ausente de gravilla, pero siempre en presencia de finos, por tanto se deduce que este material suelto proviene en su totalidad de la desintegración a nivel superficial que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 98% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,6m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 2% equivalente a 0,4m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida mínima pero significativa de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada.

(Detalle de calculo ver anexo 4, Ítem 4.1)

- 200m^2 de superficie reflejan acción cementante insuficiente, esto se observa, al someter al azar, sectores localizados dentro de la superficie de la carpeta, a un escobillado, con el fin de limpiar material suelto, percibiéndose que al llegar a una superficie firme (2mm.aprox.) la gravilla desaparece pero siempre existe presencia de finos, los cuales al ser barridos se disgregan; concluyendo con esto, que en la superficie de la carpeta de prueba, no se logra en un 100% acción cementante, debido a la falta de unión entre las partículas de material fino (continua disgregación).

SECTOR 2: La carpeta de prueba a realizar en este sector no se lleva a cabo por las siguientes razones:

- Falta de tiempo para elaborar carpeta dentro de la jornada programada.

Decisión tomada en terreno por técnico responsable del producto estabilizante, ya que el suelo destinado para la elaboración de la carpeta de prueba en este sector, no cumple con las condiciones mínimas requeridas para que el estabilizante arroje resultados esperados; esto es debido a la presencia de un alto contenido de material grueso y por ende bajos índices de finos en el suelo a ensayar.

SECTOR 3

Fig. 5. b.1.1.1.b. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 13 días de elaborada - tramo km35.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con TerraZyme, refleja a los 13 días de construida, el siguiente comportamiento refleja el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprend. de placas	Material suelto a nivel de superficie
Estos se encuentran ubicados en franja paralela al eje del camino, vía de descenso distribuidos en forma homogénea dentro de una extensión 0,5mx10m, de espesores comprendidos entre los 1 a 2mm; presentan en su interior disgregación dificultosa de material estructural, comportamiento que queda manifestado, una vez que tras someter a las cavidades en cuestión a un fuerte escobillado, se sueltan solo algunas partículas de finos.	No	No	El 7% de la superficie de la carpeta presenta material fino y gravilla, en un espesor aproximado de 2mm; este se concentra específicamente en franja paralela al eje del camino en vía de descenso, cubriendo una extensión de 1mx14m; al limpiar este material suelto nos encontramos con una capa firme, ausente de piedrecillas, pero siempre en presencia de finos, con una capacidad de unión bastante elevada, es decir no se disgregan con facilidad.

Se concluye:

- El 99,85% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,97m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 0,15% equivalente a 0,03m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto la formación de depresiones o cavidades, dando origen a una perdida importante de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada. (Detalle de calculo ver anexo 4, Ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja cohesión absoluta casi en su totalidad, salvo franja paralela al eje del camino, sobre vía de descenso; en esta superficie equivalente a 14m^2 (7%) se visualiza la presencia de finos y en porcentajes casi despreciables gravilla; materiales que al ser barridos dejan al descubierto una capa ausente de gravilla y con presencia de finos difíciles de disgregar; el resto de la superficie se encuentra firme, ausente de material suelto, es decir 186m^2 (93%) de superficie manifiesta 100% de acción cementante.

Baches en vía de descenso

5. b.1.1.2. PRODUCTO: PENNSZUPRESS'D

SECTOR 1

Fig. 5. b.1.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 12 días de elaborada -tramo km 21.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17, y tratada con PennzSupress'D, refleja a los 12 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	No. Superficie completamente limpia.

Se concluye:

- El Total de la estructura de la carpeta mantiene su acción cementante otorgada por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que componen la carpeta logran capacidad de unión, evitando de esta manera baches, grietas y desprendimiento de placas.
- La superficie de la carpeta refleja en un 100% la acción cementante del producto estabilizante, es decir, se logra unión total de los materiales que componen la carpeta, quedando esto en evidencia al observar que sobre la superficie de la carpeta no se visualiza ningún tipo de material suelto; además, al someter al azar, sectores localizados dentro de la superficie de la carpeta, a un escobillado, con el fin de advertir disgregación de material, la estructura sigue manteniendo su composición homogénea y compacta. Se observa que la superficie toma texturas suavemente irregulares, estas se concentra en zonas carentes de finos (nidos de piedras); textura que no tiene mayor incidencia.

SECTOR 2

Fig. 5. b.1.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, tiempo de elaboración 12 días - tramo km 28.

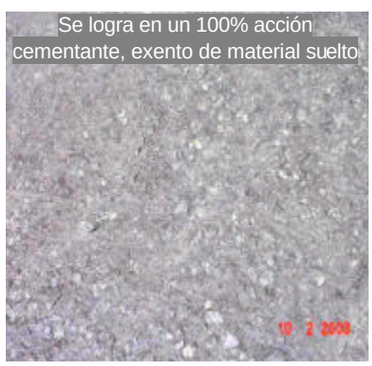
La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PennzSupress’D, refleja a los 12 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	No. Superficie completamente limpia.

Se concluye:

- El Total de la estructura de la carpeta mantiene su acción cementante otorgada por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que componen la carpeta logran capacidad de unión.

La superficie de la carpeta refleja en un 100% la acción cementante del producto estabilizante, es decir, se logra unión total de los materiales que componen la carpeta, quedando esto en evidencia al observar que sobre la superficie de la carpeta no se visualiza material suelto; además, al someter al azar, sectores localizados dentro de la superficie de la carpeta, a un escobillado, con el fin de advertir disgregación de material, la estructura sigue manteniendo su composición homogénea y compacta. Se observa que la superficie toma texturas suavemente irregulares, estas se concentra en zonas carentes de finos (nidos de piedras); textura que no tiene mayor incidencia. **Carpeta en excelentes condiciones.**



SECTOR 3

Fig. 5. b.1.1.2.c. Carpeta tratada con PSD, a los 12días de elaborada -tramo km35.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono Nivel y tratada con PennzSupress'D, refleja a los 12 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
SI*	No	No	No. Superficie completamente limpia.

*Se observa presencia de baches, los cuales tras ser sometidos a un escobillado con el fin de percibir disgregación de material, mantienen en un 100% su capacidad cohesiva, manifestando tanto al interior de las respectivas cavidades como a nivel perimetral, ausencia absoluta de disgregación de material; infiriendo con esto, que es posible que las cavidades en cuestión, no experimenten aumento en sus dimensiones a través del tiempo, debido a la gran capacidad adherente que presentan las partículas de m aterial que componen la carpeta. Estas depresiones observadas en la carpeta de rodado, tienen la siguiente localización y descripción:

Puntos a evaluar	Baches localización y descripción	
	sector 1	sector 2
Ubicación	Vía de ascenso, 1er cuadrante, costado exterior.	Al inicio de carpeta entre vía de ascenso y descenso.
Área de ocupación	Baches distribuidos en un área aproximada de 1,5mx4m	Baches distribuidos en un área aproximada de 5x2,5m
Dimensiones	Baches de volúmenes relativamente pequeños (espesor de 1-5mm)	Baches de volúmenes relativamente pequeños (espesor de 1-5mm)

Se concluye:

- El 99,72% equivalente a 19,94 m^3 del volumen total de la carpeta logran cohesión absoluta, evitando de esta manera la formación de baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 0,28% de la estructura, equivalente 0,06m^3 del volumen total de la capeta presenta acción cementante insuficiente, es decir los materiales que componen la

carpeta presentan carencia cohesiva, en consecuencia no logran mantenerse adheridos, desencadenando con esto la formación de depresiones, y por ende perdida de material tratado que aun que no en grandes proporciones, involucra un volumen considerable.

(Detalle de calculo ver anexo 4, Ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja en un 100% la acción cementante de PSD, es decir, se logra unión total de los materiales que componen la carpeta, quedando esto en evidencia al observar que sobre la superficie de la carpeta no se visualiza material suelto; además, al someter al azar, sectores localizados dentro de la carpeta, a un escobillado, con el fin de advertir disgregación de material, la estructura sigue manteniendo su composición homogénea y compacta. Se observa que la superficie toma texturas suavemente irregulares, estas se concentra en zonas carentes de finos (nidos de piedras); textura que no tiene mayor incidencia.

5. b.1.1.3.- PRODUCTO: PERMAZYME 11X

SECTOR 1

Fig. 5. b.1.1.3.a. Carpeta tratada con PZ 11X, 11 días de elaborada - tramo km21.

La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17, y tratada con PermaZyme 11X, refleja a los 11 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despren.de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta material fino y gravilla, en un espesor aprox. de 3mm; al limpiar este material suelto nos encontramos con una superficie ausente de gravilla, pero en presencia permanente de material fino.

Se concluye:

- El conjunto de materiales que estructuran 19,4m^3 equivalente al 97% del volumen total de la carpeta, logran un 100% de cohesión, evitando de esta manera la formación de baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 3% del volumen de la capeta presenta acción cementante insuficiente, es decir 0,6m^3 de material estructural tratado, presenta carencia cohesiva, desencadenando en consecuencia, una perdida de material que aun que mínima involucra un volumen significativo. (Detalle de cálculo anexo 4 ítem 4.1
- La carpeta de prueba refleja en sus 200m^2 de superficie, acción cementante insuficiente, esto se observa, una vez que tras limpieza con escobillon, al llegar a una superficie libre de gravilla (3mm.aprox.), nos encontramos bajo la presencia ininterrumpida de material fino, se concluye con esto, que la totalidad de superficie de la carpeta, presenta déficit cohesivo, es decir se visualiza ante fricción aplicada, carencia de unión entre las partículas de material fino (continua disgregación).

SECTOR 2

Fig. 5. b.1.1.3.b. Carpeta tratada con PZ 11X a los 11 días de elaborada - tramo km 28.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PermaZyme 11X, refleja a los 11 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despren. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta de material suelto (finos y gravilla); el cual se encuentra distribuido en forma homogénea registrando un espesor promedio de 4mm. Este material que reposa sobre 200m^2 de superficie, proviene de la disgregación que desarrolla la carpeta a nivel de superficie.

Se concluye:

- El 96% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,2m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 4% equivalente a 0,8m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada.

(Detalle de cálculos ver anexo 4 Ítem 4.1)

- La carpeta refleja en la totalidad de su superficie acción cementante insuficiente, situación que queda de manifiesto una vez que tras someter a sectores localizados de la superficie a una limpieza con escobillón, se percibe que al llegar a un área exenta de gravilla (5mm.aprox.), nos encontramos bajo la presencia ininterrumpida de material fino; en tanto este déficit cohesivo percibido en 200m^2 de superficie, se acentúa en algunos sectores más que en otros, por consiguiente un 1/6 aprox. de la totalidad de la superficie de la carpeta, correspondiente a vía de ascenso costado exterior, presenta a nivel de superficie gran capacidad cohesiva, pero no absoluta, observándose tras fricción aplicada una disgregación dificultosa de material estructural; segregación que se acelera hacia el centro de la carpeta entre vías, en una extensión equivalente a un 1/6 (aprox.) del total de la superficie de la carpeta, percibiéndose gran carencia de unión entre las partículas de material fino (continua disgregación); fenómeno que se repite en los 2/3 de la superficie restante y que a demás tras fricción aplicada, desarrolla desprendimiento de material grueso (vía de descenso).

SECTOR 3

Fig. 5. b.1.1.3.c. Carpeta tratada con PZ 11X a los 11 días de elaborada - tramo Km 35.

La carpeta de prueba construida con suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PermaZyme 11X, refleja a los 11 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprend. de placas	Material suelto a nivel de superficie
De dimensiones pequeñas con disgregación de material controlado, es decir, tras un fuerte escobillado se sueltan solo algunas partículas de finos. Estas depresiones presentan profundidades no mayor a 3mm y se concentran al inicio de la vía de ascenso, donde se encuentran distribuidas homogéneamente sobre una extensión aprox. de 2,5mx1m.	No	No	El 100% de la superficie se encuentra levemente contaminada por material suelto (finos y gravilla); el cual proviene casi en su totalidad de carpetas aledañas; afirmación sujeta una vez que al limpiar este material en cualquier punto de la carpeta (sin considerar zona de baches), se observa una superf. firme, libre de disgregación de material; así también colabora a esta contaminación un porcentaje mínimo de material disgregado de la propia capeta que dio formación a baches .

Se concluye:

- El 99,95% equivalente 19,99m^3 del total de la estructura que conforma la carpeta sostiene en un 100% su efecto cementante otorgado por PZ-11X, es decir, conservan su propiedad cohesiva, evitando formación de grietas, desprendimiento de placas y baches; en tanto el restante 0,05% equivalente a 0,01m^3 del volumen total de la capeta, presenta baches, involucrando una perdida de material tratado mínima, pero perceptible.
- La superficie de la carpeta refleja, tras escobillado con el fin de retirar material suelo y advertir disgregación de material; el siguiente comportamiento: 1,25% (2,5m^2) de la superficie de la carpeta, presenta déficit cohesivo; esta insuficiencia cementante es baja, es decir, se percibe gran capacidad adherente entre las partículas de material que estructuran la carpeta; el restante 98,75% de la superficie. logra un 100% de acción cementante; quedando esto en evidencia al observar, que 197,7m^2 refleja una superficie. firme, homogénea y compacta (libre de disgregación de material).

5. b.1.2.4.- PRODUCTO: DESCOBOND 500

SECTOR 1

Fig. 5. b.1.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500 a los 7 días de elaborada - tramo km 21.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del km 17 y tratada con Descobond 500, refleja a los 7 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprend. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: El 70% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla), en un espesor aprox. de 2mm; este material suelto se concentra en vía de ascenso, abarcando un área aprox. de 2mx20m, situación que persiste en vía de descenso al inicio de carpeta en una extensión aproximada de 1,5mx1m; en tanto parte de la superficie restante se encuentra levemente contaminada en un espesor despreciable, así como se visualiza sectores de la superficie completamente limpios. Este material suelto proviene de la propia disgregación de material estructural que experimenta la carpeta a nivel de superficie; colabora a esta contaminación superficial, material procedente de carpetas aledañas; cuyo arribo se explica por pendiente propia del sector, o por el traslado de material generado por vehículos.

Se concluye

- El 99,6% correspondiente 19,23m^3 del total de la estructura que conforma la carpeta sostiene en un 100% su efecto cementante, evitando de esta manera la formación de grietas, desprendimiento. de placas y baches; en tanto el restante 0,4% equivalente a 0,08m^3 del volumen total de la capeta de rodado, presentó déficit cohesivo, provocando una perdida de material tratado mínima, pero perceptible. (Detalle de cálculos anexo 4 Ítem 4.1)
- 79% de la superficie total de la carpeta, equivalente a 158,5m^2 refleja un 100% de acción cementante; quedando esto en evidencia al observar, que al someter a ciertos sectores de la superficie de la carpeta a una limpieza con escobillón; con el fin de advertir disgregación de material, nos enfrentamos a una superficie de textura lisa, homogénea y compacta libre de disgregación de material; efecto que no se provoca en el restante 21% de la superficie, ya

que se percibe déficit cohesivo, debido a una dificultosa pero perceptible disgregación de material estructural (gran capacidad de unión entre las partículas de material fino); esta superficie equivalente a 41,5m^2 [2mx20m (costado exterior de vía de ascenso) + 1,5mx1m (inicio de carpeta vía de descenso)] presenta sectores con alto contenido de material grueso (nidos), que acompañado de una paulatina disgregación de material fino, según comportamiento observado, probablemente éste material grueso comience a quedar expuesto, por tanto susceptible a ser desprendido de la masa estructural que lo contiene, producto de esfuerzos cortantes provocados por el tránsito al que esta expuesto el sector.

SECTOR 2

Fig. 5. b.1.1.4.b. Carpeta tratada con DB 500 a los 7 días de elaborada - tramo km 28.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono km28 “Barriga” y tratada con Descobond 500, refleja a los 7 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprend. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla); en un espesor promedio de 3mm aprox.; éste material diseminado sobre la superficie de la carpeta proviene de la desintegración que experimenta ésta a nivel de superficie.

Se concluye:

- El conjunto total de materiales que estructuran 19,7m^3 equivalente al 98,5% del volumen total de la carpeta logran un 100% de cohesión, evitando de esta manera la formación de baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 1,5% de la estructura, equivalente 0,3m^3 presenta acción cementante insuficiente, es decir carencia cohesiva, en consecuencia no logran mantenerse adheridos, desencadenando la perdida de material tratado que aun que en pequeñas proporciones, involucra un volumen considerable de material. Nota: Detalle de calculo ver anexo 4 Ítem 4.1

- Al someter a sectores de la superficie de la carpeta a una limpieza con escobillón, se percibe que al llegar a una área libre de gravilla (3mm.aprox.), el 50% del total de la superficie, equivalente a 100m^2 (vía de ascenso), se contempla firme y compacta, libre de disgregación de material, revelando por consiguiente cohesión absoluta. En tanto el restante 50% de la superficie, manifiesta disgregación ininterrumpida de material fino, dejando en evidencia la insuficiencia cementante que presenta la carpeta a nivel de superficie, éste comportamiento se visualiza en algunos sectores mas intensificado que en otros, es decir, un 25% (50m^2=2mx25m) de la superficie, correspondiente al costado exterior e interior de vía de descenso presenta elevada capacidad de adherencia entre partículas de fino; desarrollando disgregación dificultoso de material estructural; en tanto franja central de esta vía, equivalente a 50m^2 (2mx25m), no opone mayor resistencia a fricción aplicada, presentando una disgregación acelerada de material estructural, revelando por consiguiente un elevado déficit cohesivo.

SECTOR 3

Fig. 5. b.1.2.4.c. Carpeta tratada con DB 500, a los 7 días de elaborada - tramo km 35.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con Descobond 500 refleja a los 7 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprend. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 70% (aprox.) de la superf. de la carpeta se encuentra levemente contaminada con material suelto, compuesto por finos y en un porcentaje mínimo por gravilla; éste material proviene en su totalidad de carpetas aledañas; afirmación sujeta una vez que tras limpiar éste material suelto en cualquier punto de la superf. de la carpeta, ésta se presenta firme, ausente de segregación de material estructural .

Se concluye:

- El Total de la estructura de la carpeta mantiene su acción cementante otorgada por las bondades del estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que componen la carpeta de rodado, logran capacidad de unión, evitando de esta manera fallas estructurales.
- La superficie de la carpeta refleja 100% acción cementante, es decir, se logra unión total de los materiales que componen la carpeta, quedando esto en evidencia al observar que sobre la superficie de la carpeta una vez que se ha sometido al azar distintos sectores a una limpieza con escobillón con movimientos agitados, persiguiendo advertir disgregación de material, la estructura sigue manteniendo su composición homogénea y compacta.

5. b.1.2.5.- PRODUCTO: PZ-22X

SECTOR 1

Fig. 5. b.1.2.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 6 días de elaborada - tramo km 21.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono km 17 y tratada con PZ-22 refleja a los 6 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despren. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	Un 5% del total de la superf. de la carpeta se encuentra completamente limpia (franja costado exterior de vía de descenso); en tanto, el restante 95% de la superficie en cuestión, presenta material suelto (finos, gravilla y grava) en un espesor aprox. de 1 a 2mm; éste material alojado en una extensión aprox. de 190m^2 toma posición sobre la totalidad de la vía de ascenso, así como en gran parte de la vía de descenso. Este material suelto proviene de la disgregación constante de material fino propio de la carpeta; la cual es dificultosa.

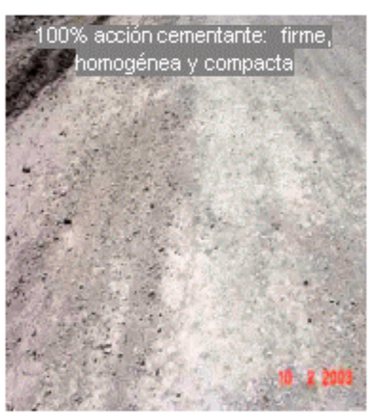
Se concluye:

- El 98,65% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,73m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su

propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 1,35% equivalente a 0,27m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada.

(Detalle de calculo anexo 4 Ítem 4.1)

- La carpeta refleja en un 89% de su superficie, acción cementante insuficiente, esto se observa, una vez que con el fin de advertir disgregación de material estructural a nivel de superficie, se somete en forma arbitraria a sectores de ésta, a una limpieza con escobillón, percibiéndose que al llegar a una superficie libre de gravilla (1-2mm aprox.), nos encontramos bajo la presencia ininterrumpida de material fino; concluyendo con esto, que 178m^2 de superficie [200m^2 - (11mx2m), vía de ascenso y gran parte de vía de descenso], presenta déficit cohesivo, situación percibida por una dificultosa pero continua disgregación de material fino, producida por insuficiencia de unificación entre las partículas de éste material; en tanto, el restante 11% del total de la superficie, equivalente a 22m^2 , correspondiente a franja que cubre una extensión de 11mx2m, localizada entre el primer y segundo cuadrante costado exterior de vía de descenso, logra un 100% de acción cementante; quedando esto en evidencia al observar, que al someter a ciertos sectores de la superficie de la carpeta, al proceso de escobillado descrito anteriormente, nos encontramos en presencia de una superficie de textura lisa, firme, homogénea y compacta; ausente absolutamente de material suelto.



SECTOR 2

Fig. 5. b.1.2.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 6 días de elaborada - tramo km 28.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PZ-22X refleja a los 6 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despren. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla), éste alcanza espesores que van desde 3 a 5mm en una extensión de 4mx25m correspondiente a vía de descenso, espesores que se mantienen al costado exterior de vía de ascenso en un área equivalente a 0,3mx25m, en tanto la superficie restante, equivalente a vía de ascenso, registra en una extensión de 3,7mx25m espesores que van desde 1 a 2mm. Este material que reposa sobre 200m^2 de superf., proviene en su totalidad de la desintegración a nivel de superf. que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 97,15% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,43m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 2,85% equivalente a 0,57m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada.

Nota: Detalle de cálculos ver anexo 4 Ítem 4.1.

- El 100% de la superficie de la carpeta, refleja acción cementante insuficiente, esto se observa, al someter al azar sectores localizados de la superficie en cuestión a una limpieza con escobillón, percibiéndose que al llegar a una superficie libre de gravilla (de 1 a

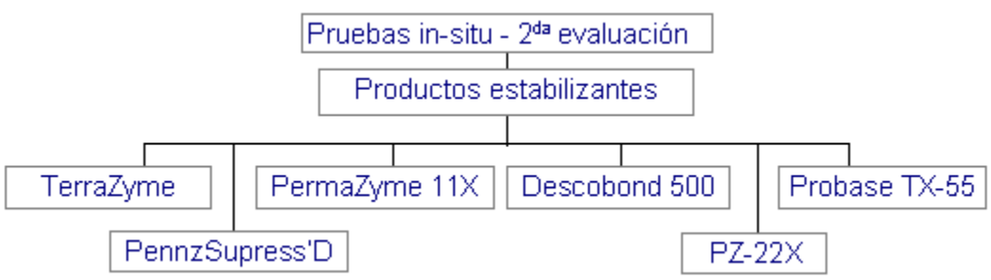
5mm.aprox., según sector), nos encontramos bajo la presencia ininterrumpida de material fino, con intensidad de disgregación diferentes dentro del área analizada, por consiguiente según lo expuesto, el 46% de la superficie de la carpeta, presenta disgregación dificultosa de material fino, es decir 92,5m^2 de superficie, equivalente a una extensión de 3,7mx25m, vía de ascenso manifiesta ante fricción aplicada, elevada capacidad cohesiva pero no absoluta; en tanto el restante 54% de la superficie, equivalente a 107,5m^2 (4mx25m+0,3mx25m = vía de descenso + franja exterior de vía de ascenso) refleja carencia absoluta de unión entre las partículas de material fino, es decir fácilmente disgregables.

SECTOR 3

Debido a una incorporación incorrecta del producto estabilizante al empréstito (suelo/tierra) con el cual se construía la carpeta de prueba en el tramo designado al producto en cuestión, y por circunstancias externas a las programadas por el técnico responsable de las pruebas; se otorga un nuevo tramo para demostrar producto estabilizante, quedando nulo el análisis de comportamiento de la carpeta construida en la quinta posición, tomada desde abajo hacia arriba, en curva entre salidas de emergencia, sector el Plomo.

5. b.2.- 2da evaluación

La segunda evaluación realizada 15 días después de la primera evaluación, registra el comportamiento visual de los seis productos participantes en pruebas in-situ.



⇒ Antecedentes generales implícitos en 2da evaluación de pruebas in-situ:

Productos	Tiempo transcurrido desde elaboración de carpetas de pruebas a datos registrados para 2da evaluación
TerraZyme (TZ-11X)	Sector 1, 2 y 3: 28 de enero al 25 de febrero (2003) = 28 días.
PennzSuppress'D (PSD)	Sector 1, 2 y 3: 29 de enero al 25 de febrero (2003) = 27 días.
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	Sector 1, 2 y 3: 30 de enero al 25 de febrero (2003) = 26 días.
Descobond 500 (DB-500)	Sector 1, 2 y 3: 03 al 25 de febrero (2003) = 22 días.
PZ-22X	Sector 1y 2: 04 al 25 de febrero (2003) = 21 días. Sector 3: 15 al 25 de febrero (2003) = 10 días.
ProBase TX-55 (TX-55)	Sector 1, 2 y 3: 14 al 25 de febrero (2003) = 11 días.

Condiciones climáticas a las que estuvieron expuestas carpetas de prueba (del 10 febrero al 25 de enero 2003):

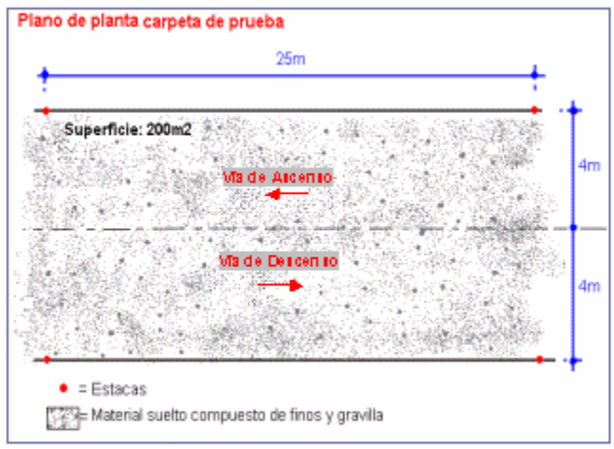
- Temperaturas: Mínima registrada: 2°C. / Máxima registrada: 23°C.
- Precipitaciones: No se registran.

5. b.2.1.- Comportamiento visualizado en carpetas de prueba

5. b.2.1.1.- PRODUCTO: TERRAZYME

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 28 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17 y tratada con TerraZyme, refleja a los 28 días de construida, el siguiente comportamiento:

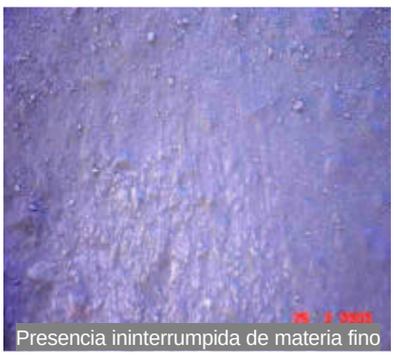
Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despren. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (fino y gravilla), este material se encuentra en proporciones equivalentes es decir 50% de fino y 50% de gravilla; alcanzando un espesor aprox. de 4mm; al limpiar esta gravilla y finos, nos encontramos con una superf. ausente de piedrecillas, pero siempre en presencia de finos.

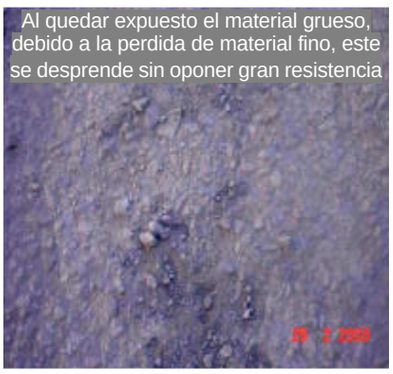
Se concluye:

- El 96% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por TZ-11X, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,2m^3 del

volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 4% (0,8m^3) del volumen total de la carpeta ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, originando a una perdida significativa de material tratado. (De calculo, ver anexo 4 Ítem 4.1)

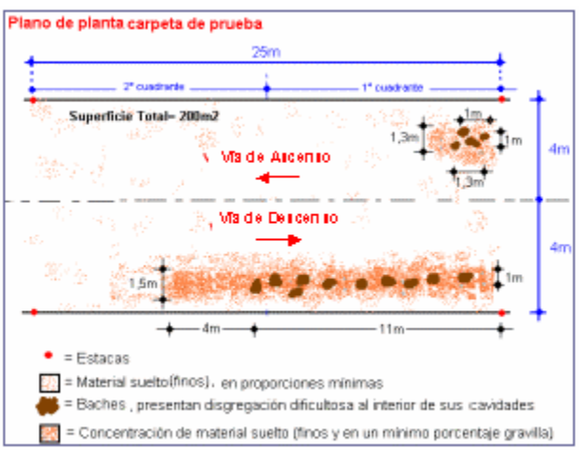
- 200m^2 de superficie equivalente al área total de la carpeta de prueba, refleja acción cementante insuficiente; percibiéndose tras esfuerzos de fricción (escobillado) que al llegar a una superficie libre de gravilla (4mm.aprox.), la carpeta desarrolla una disgregación ininterrumpida de material fino, segregación que aun que relativamente dificultosa, desencadena que al ir quedando expuesto el material grueso, debido a la inminente perdida de material fino, éste se desprende sin oponer gran resistencia. Se concluyendo con esto, que los materiales que estructuran la carpeta a nivel de superficie, presentan insuficiencia cohesiva (continua disgregación).


Presencia ininterrumpida de materia fino


Al quedar expuesto el material grueso, debido a la perdida de material fino, este se desprende sin oponer gran resistencia

SECTOR 3

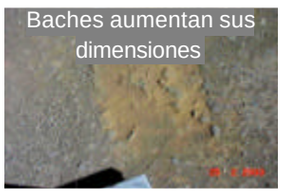
Fig. 5. b.2.1.1.b. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 28 días de elaborada - tramo km 35



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente al cono Nivel 11 y tratada con TerraZyme, refleja a los 28 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	El 12% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto (finos y gravilla), proveniente de la disgregación del propio material que estructura la carpeta, este material diseminado se concentra en zona de baches, es decir en vía de descenso en una extensión de 1,5mx15m, registrando un espesor (e) aprox. de 4mm y vía de ascenso en una superficie de 1,3mx1,3m, de e=2mm.

*: Se observa formación de nuevos baches y aumento en las dimensiones de los existentes, por consiguiente las antiguas depresiones (sector a), han experimentado un aumento tanto en numero como en tamaño, estas depresiones tras fricción aplicada, presentan disgregación ininterrumpida de material fino y mayor sensibilidad de desmoronamiento que la percibida en 1era evaluación, ésta intensificación de disgregación, así como de volumen, no es en gran escala; además el área en cuestión presenta la formación de nuevas depresiones, de dimensiones pequeñas, con gran capacidad cohesiva pero no absoluta. En tanto los nuevos baches (sector b), experimentan al igual que baches ubicados en sector "a" disgregación de material estructural pero en menor intensidad, es decir se observa que al interior de estas pequeñas cavidades existente gran capacidad cohesiva por ende disgregación dificultosa de material fino, pero siempre en presencia de éste.


Baches aumentan sus dimensiones

Formación de nuevos baches en vía de ascenso

Puntos a evaluar	Baches localización y descripción	
	sector a	sector b
Ubicación	franja paralela al eje del camino en vía de descenso	Inicio de vía de ascenso
Área de ocupación	Baches distribuidos en un área aproximada de 1mx11m	Baches distribuidos en forma homogénea en un área de dimensiones aprox. a 1x1m,
Dimensiones	Baches registran profundidades que van desde los 2 a 3mm (aumento)	Cavidades registran profundidades que van desde los 1 a 2mm

Se concluye:

- El 99,6% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente a 19,92m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 0,4% correspondiente a 0,08m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose formación de depresiones, así como a una perdida importante de material tratado. (Detalle de cálculos anexo 4 Ítem 4.1)

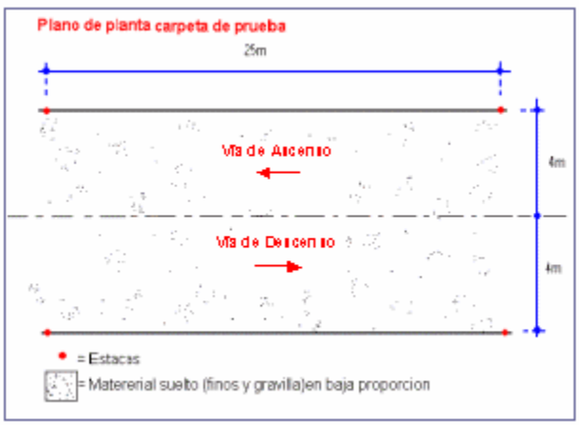
- La superficie de la carpeta refleja, tras fricción aplicada, el siguiente comportamiento:

El 12% del total de la superficie presenta acción cementante insuficiente; se observa que un área equivalente a 24m^2 (1,5mx15m+1,3mx1,3m) presenta disgregación de material fino y gravilla. El restante 88% del total de la superficie logra un 100% de acción cementante; quedando esto en evidencia al observar, que un área equivalente a 176m^2 refleja una superficie de textura lisa, firme, homogénea y compacta (libre de disgregación de material).

5. b.2.1.2.- PRODUCTO: PENNZSUPRESS'D

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 27 días de elaborada - tramo km 21.

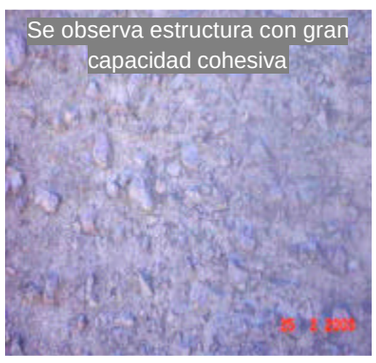


La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17 y tratada con PennzSupress'D, refleja a los 27 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	El 80% de la superficie de la carpeta presente material suelto, de espesor mínimo, casi despreciable, proveniente de la disgregación de material correspondiente a carpetas vecinas; argumento basado una vez que tras fricción aplicada, se observa que al llegar a un área libre de finos y gravilla, nos enfrentamos a una superficie firme, homogénea y compacta.

Se concluye:

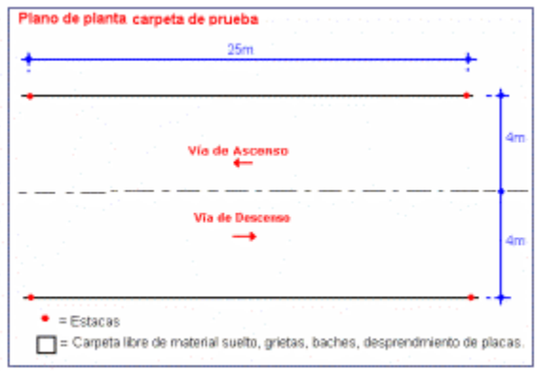
- El Total de la estructura de la carpeta mantiene en un 100% su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que componen la carpeta logran capacidad de unión, evitando de esta manera baches, grietas y desprendimiento de placas.



- La superficie de la carpeta mantiene las cualidades concedidas por PSD, es decir, la carpeta refleja un 100% de acción cementante, entendiendo por esto, unión total de los materiales que componen la carpeta, comportamiento reflejado una ves tras fricción aplicada se observa ausencia total de disgregación o desprendimiento de material; concluyendo con esto que la carpeta conserva a nivel superficial una composición homogénea y compacta.

SECTOR 2

Fig. 5. b.2.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, a los 27 días elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PennzSupress’D, refleja a los 27 días de construida, el siguiente comportamiento:

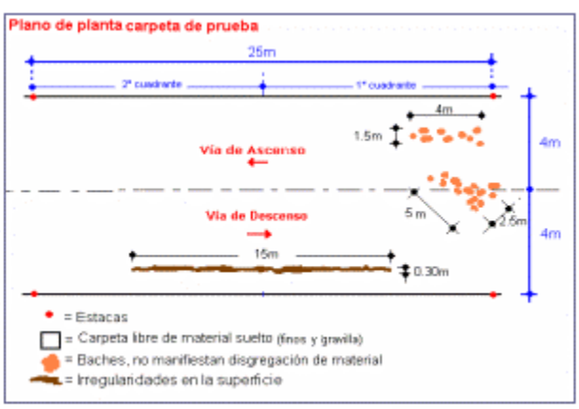
Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	No. Superficie completamente limpia.

Se concluye:

- El Total de la estructura que conforma la carpeta mantiene en un 100% su acción cementante, reflejando con esto, que a través del tiempo la carpeta conserva su capacidad cohesiva, tal propiedad a concedido que la carpeta se encuentre exenta de grietas, baches y desprendimiento de placas.
- El total de la superficie refleja 100% acción cementante, es decir, adherencia absoluta entre los materiales que componen la carpeta, quedando esto en evidencia al observar que sobre la superf. de la carpeta no se visualiza material suelto (finos, gravilla, etc.), y que además tras fricción aplica a nivel superficial, esta mantiene firme, homogénea y compacta.

SECTOR 3

Fig. 5. b.2.1.2.c. Carpeta tratada con PSD con a los 27 días de elaborada - tramo km 35.

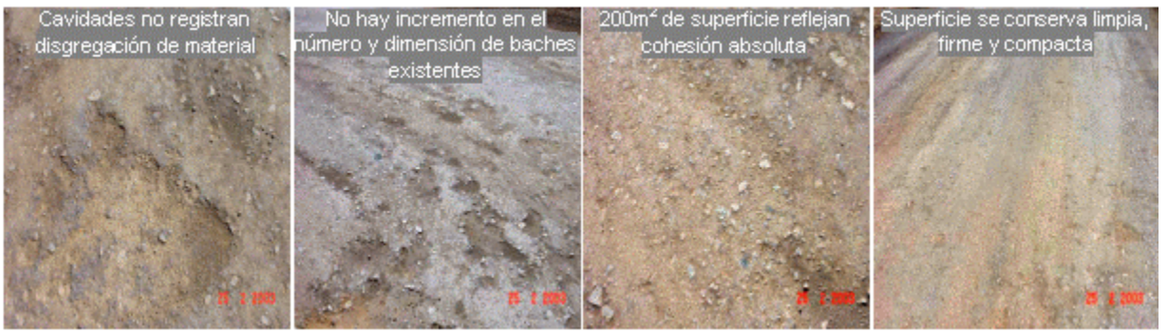


La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PennzSupress’D, refleja a los 27 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
Sí, los existentes*	No	No	No. Superficie completamente limpia

*: Se observa que la superficie no presenta formación de nuevas cavidades, en tanto los baches existentes muestran en su interior una estructura firme, es decir no se visualiza desprendimiento de material, concluyendo con esto, que los baches localizados tanto en el sector 1 como en el 2, preservan en un 100% su propiedad cohesiva; explicando con esto la conservación de las dimensiones volumétricas de las respectivas cavidades.

Puntos a evaluar	Baches localización y descripción	
	sector 1	sector 2
Ubicación	Vía de ascenso, 1er cuadrante, costado exterior.	Al inicio de carpeta entre vía de ascenso y descenso.
Área de ocupación	Baches distribuidos en un área. de 1,5x4m aprox.	Baches distribuidos en un área de 2,5x5m. Aprox.
Dimensiones	Baches de volúmenes relativamente pequeños (espesor = 1-5mm).	



Se concluye:

- El 99,72% del total de la estructura que conforma la carpeta sostiene en un 100% su efecto cementante, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,94m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera la formación de, grietas, desprendimiento de placas y baches; en tanto el restante 0,28% equivalente a 0,06m^3 del volumen total de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta la misma proporción de baches registrado en primera evaluación, infiriendo con esto que la carpeta mantuvo el número y dimensión de sus fallas estructurales, por tanto se concluye que la estructura mantiene su comportamiento, es decir no se visualiza cambios.

Nota: Se conservan valores obtenidos en evaluación anterior

- Superficie total de la carpeta conservan en un 100% su efecto cementante, es decir, los materiales que conforman la estructura a nivel superficial logran mantenerse unidos, reflejando cohesión absoluta, afirmación avalada una vez que al someter al azar, zonas de la superficie a un escobillado con el fin de poner en evidencia disgregación de material, ésta se conserva firme, compacta, totalmente resistente a la fricción sometida.

5. b.2.1.3.- PRODUCTO: PERMAZYME 11X

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.3.a. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 26 días de elaborada - tramo km 21.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17, y tratada con PermaZyme 11X, refleja a los 26 días de construida, el siguiente comportamiento:

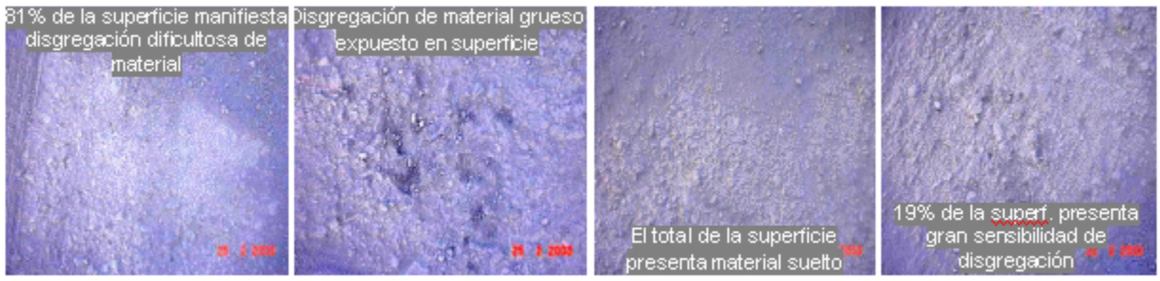
Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto (finos, gravilla y grava) a nivel de superficie
No	No	No	El 100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto, éste se concentra en sus costados longitudinales, en una extensión de 1,5mx25m (por lado) presentando espesores que oscilan entre los 4 a 5mm; concentraciones que disminuyen hacia sector central de la carpeta, registrando en una extensión de 5mx25m, espesores entre los 3 a 4mm.

Se concluye:

- El 96,1% del total de la estructura que conforma la carpeta equivalente a 19,22m^3 manifiesta cohesión absoluta, evitando de esta manera la formación de baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 3,9% del volumen total de la estructura que constituye la capeta de rodado presenta acción cementante insuficiente, es decir 0,78m^3 de suelo tratado no logran mantenerse adheridos, desencadenando con esto una perdida de material que involucra un volumen significativo de material tratado.

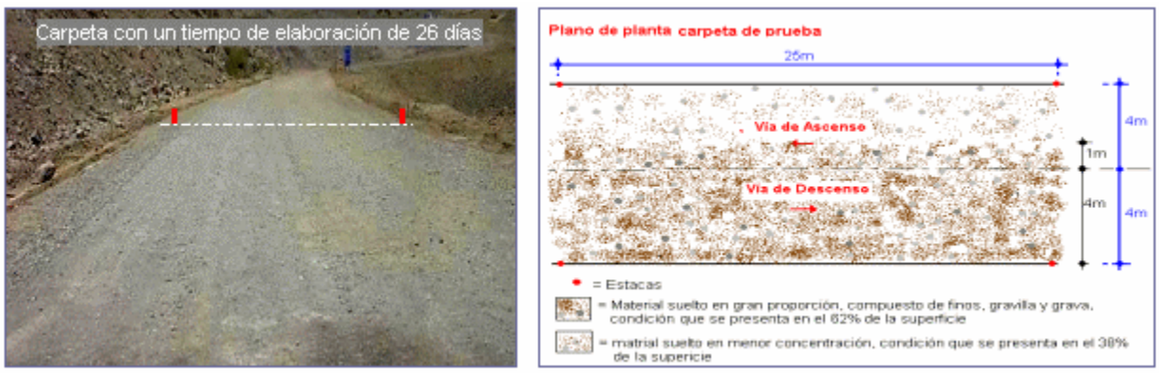
- El 100% de la superficie de la carpeta refleja acción cementante insuficiente, esto se observa, una vez que al someter a sectores de la superficie en cuestión, a un escobillado, y tras llegar a una área libre de gravilla y grava (3 a 5mm. aprox.), la superficie manifiesta la presencia ininterrumpida de material fino. Ésta carencia cohesiva entre partículas de material estructural se ve más acentuada hacia los costados laterales de la carpeta, en una extensión aprox. de 1,5mx25m (por lado), equivalente al 19% del total de la superficie de la carpeta, en tanto el restante 81% de superficie manifiesta mayor capacidad cohesiva, es decir se

visualiza disgregación dificultosa pero siempre en presencia de finos; se concluye con esto, que la totalidad de la superficial de la carpeta (200m^2), presenta y mantiene (según evaluación anterior) déficit cohesivo, el cual se acentúa en algunos sectores más que en otros y que en consecuencia debido a la perdida de material fino que experimenta la superficie, el material grueso que compone la carpeta (gravilla y grava), comienza a asomarse en la superficie, quedando expuesto al paso vehicular y por consiguiente a esfuerzos cortantes que desencadenan su disgregación.



SECTOR 2

Fig. 5. b.2.1.3.b. Carpeta tratada con PZ 11X, a los 26 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PZ-11X refleja a los 26 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto (finos y gravilla) a nivel de superficie
No	No	No	200m^2 de superficie presenta material suelto; el cual se concentra en vía de descenso en una extensión equivalente a 4mx25m, así como en franja vía de ascenso, en un área aprox. de 1mx25m, manifestando en ambos tramos espesores que van desde 5 a 8mm, espesores que disminuyen en vía de ascenso, hacia el costado exterior, registrando valores entre los 4 a 6mm, en una extensión de 3mx25m.

Se concluye:

- El 94% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades de PZ-11X, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 18,8m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva,

evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 6% (1,2m^3) del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculo ver anexo 4, Ítem 4.1)

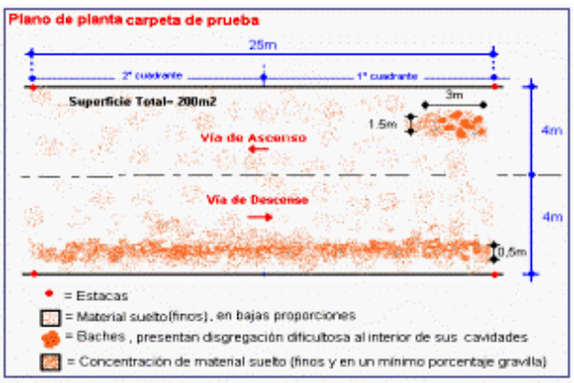
- El 100% de la superficie de la carpeta refleja acción cementante insuficiente, afirmación sujeta una vez que se somete a distintos sectores de la superficie a un agitado escobillado, percibiendo que luego de una superficie libre de gravilla y grava, se presenta disgregación ininterrumpida de material fino; éste fenómeno registrado en la totalidad de la superficie, se presenta más intensificado en vía de descenso, así como en parte de vía de ascenso, en una superficie equivalente a 125m^2 (4mx25+1mx25m), revelando disgregación pronunciada y permanente de material fino, acompañado del desprendimiento de material grueso, en tanto la restante superficie cohesionalmente deficiente, equivalente a 75m^2 (3mx25m; vía de ascenso costado exterior), manifiesta gran capacidad de adherencia, oponiendo gran resistencia a fricción aplicada, pero siempre en presencia de material fino.

125m^2 de superficie, presenta disgregación de material fino y grueso

75m^2 de superficie, presenta disgregación ininterrumpida de material fino

SECTOR 3

Fig. 5. b.2.1.3.c. Carpeta tratada con PZ-11, a los 26 días de elaborada - tramo km 35.



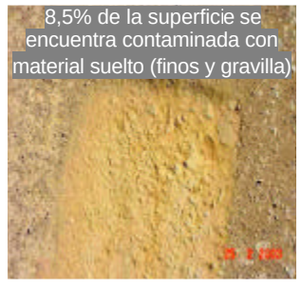
La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PermaZyme 11X refleja a los 26 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento. De placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Se observa un incremento en el volumen de los baches existentes; es decir las depresiones localizados en vía de ascenso costado exterior, primer cuadrante; desarrollan un aumento en sus medidas perimetrales (50cm aprox.), quedando distribuidos en una extensión aproximada de 1,5mx3m; se manifiesta de igual forma una intensificación en espesores de (1mm aprox), registran alturas de cavidades que van desde los 3 a 4mm. En cuanto al comportamiento que reflejan estas depresiones, se observa que conservan su conducta ya que tras fricción aplicada, se percibe disgregación dificultosa de material fino, manteniendo por tanto su gran capacidad cohesiva, pero no absoluta, fenómeno que por consiguiente explica el aumento en sus medidas volumétricas.

**: 8,5% de la superficie se encuentra contaminada con material suelto, el cual esta compuesto casi en su totalidad por material fino y en un porcentaje mínimo por gravilla; este material suelto se concentra en franja paralela al eje del camino en vía de descenso, en una extensión aproximada de 12,5m^2 (0,5mx25m), en un espesor cercano a los 3mm, situación que se repite pero en menos concentración (e=1-2mm) al inicio de vía de ascenso en zona de baches, en un área equivalente de 4,5m^2 (1,5mx3m), en tanto los restantes 183m^2 de superficie, se encuentran contaminados con material suelto en un espesor mínimo, prácticamente despreciable, no incidente.

Baches, existentes experimentan un leve incremento en sus dimensiones


8,5% de la superficie se encuentra contaminada con material suelto (finos y gravilla)

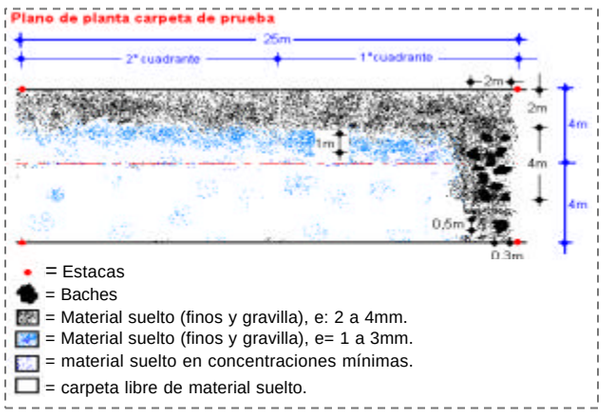
Se concluye:

- El 99,72% del total de la estructura que conforma la carpeta sostiene en un 100% su efecto cementante, es decir, el conjunto de materiales que estructuran 19,94m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera todo tipo de fallas estructurales; en tanto el restante 0,28% (0,06m^3) del volumen total de la estructura que constituye la capeta, presenta baches, así como disgregación de material estructural que aún que mínima, involucra un volumen considerable de material tratado.
- La superficie de la carpeta refleja, tras someter al azar, sectores de ésta a un escobillado con el fin de retirar material suelo y advertir disgregación de material, el siguiente comportamiento: El 8,5% (17m^2) de la superficie de la carpeta presenta déficit cohesivo; esta insuficiencia cementante no es elevada, es decir, se percibe gran capacidad adherente entre las partículas de material que estructuran la carpeta, pero se observa una disgregación de material aun que dificultosa, ininterrumpida; la capacidad cohesiva que presenta la superficie de la carpeta se ve disminuida en sector que alcanzan una extensión de 12,5m^2 (franja vía de descenso), en tanto 4,5m^2 (zona de baches), manifiesta mayor capacidad cohesiva, pero no absoluta. El restante 91,5% del total de la superficie equivalente a 183m^2 logra un 100% de acción cementante; presentando una superficie de textura lisa, firme, homogénea y compacta (libre de disgregación de material).

5. b.2.1.4. PRODUCTO: DESCOBOND 500

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500, a los 22 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17 y tratada con Descobond 500 refleja a los 22 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Baches; estos se localizan al inicio de carpeta de prueba en franja perpendicular al eje del camino, entre vía de ascenso y descenso, 1er cuadrante; estas cavidades son de dimensiones pequeñas, distribuidas en un área aprox. de 4mx2m (e=1 a 3mm), se observa que tras someter el área en cuestión a un escobillado, la estructura al interior de las diversas cavidades no opone mayor resistencia al desmenuzamiento de material que genera fricción aplicada, es decir, la capacidad cohesiva al interior de las respectivas depresiones es mínima (disgregación acelerada e ininterrumpida de material estructural); conjuntamente se visualiza cavidad de 50x30x3cm, localizada al inicio del 1er cuadrante hacia el costado exterior de vía de descenso, este bache, manifiesta en su interior disgregación dificultosa de material estructural, es decir al interior de la cavidad se observa gran capacidad cohesiva, pero no absoluta, por tanto de conducta futura incierta.

**: Un 85% de la superficie de la carpeta presenta material suelto, el cual esta compuesto por finos y en menos porcentaje por gravilla, éste material se concentra hacia el costado exterior en vía ascenso en una amplitud aproximada de 2x23m, así como en franja perpendicular al eje del camino, localizada al inicio de la carpeta de rodado (8x2m); ambos sectores registran espesores que van desde 2 a 4 mm, este material suelto persiste pero en menos concentración (e= 1 a 3mm) en un área equivalente a 1x20m, localizada entre el 1er y 2do cuadrante, vía de ascenso, en tanto la restante superficie contaminada, registra espesores de material suelto en muy bajas proporciones (no incidente en calculo de volumen de material desprendido); se infiere tras someter al azar a sectores de la superficie a un escobillado que el material percibido proviene del material diseminado por carpetas colindantes y por la disgregación del propio material que estructura la carpeta.

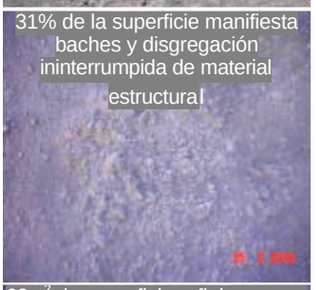
Se concluye:

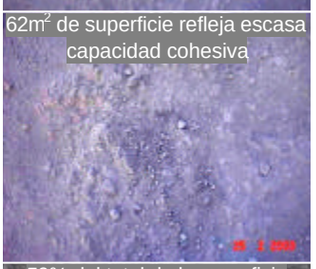
- El conjunto total de materiales que estructuran 19,78m^3, equivalente al 98,9% del volumen total de la carpeta, logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera fallas estructurales; en tanto el restante 1,1% = 0,22m^3 del volumen total de la capeta, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida perceptible de material tratado. (Detalle de cálculos, anexo 4 Ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento:

El 59% de la superficie, equivalente a 128m^2 logra un 100% de efecto cementante, es decir los materiales que conforman la estructura a nivel superficial, presentan cohesión absoluta (superficie se mantiene firme, homogénea y compacta). En tanto el restante 41% de la superficie (82m^2) refleja acción cementante insuficiente, es decir, se visualiza la presencia ininterrumpida de material fino, esta carencia cohesiva en un 10%, equivalente a 20m^2 (1x20m^2) es baja, es decir tras fricción aplicada, el desmenuzamiento de material es dificultoso (vía de ascenso entre 1er y 2do cuadrante); en tanto el restante 31% de la superficie cohesionalmente deficiente equivalente a 62m^2 (2x8m^2+ 2x23m^2) manifiesta una gran carencia cohesiva, quedando esto en evidencia al observar formación de baches, así como desintegración de la carpeta en forma homogénea, situación que conlleva a grandes concentraciones de material suelto. (vía de ascenso costado exterior e inicio de carpeta).

Disgregación de material dificultosa, presente en un área equivalente a 20m^2 del total de la superficie


31% de la superficie manifiesta baches y disgregación ininterrumpida de material estructural


62m^2 de superficie refleja escasa capacidad cohesiva

59% del total de la superficie logra 100% acción cementante

SECTOR 2

Fig. 5. b.2.1.4.b. Carpeta tratada con DB-500, a los 22 días de elaborada - tramo km 28.

Carpeta con un tiempo de elaboración de 22 días

La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 28 “Barriga” y tratada con Descobond 500 refleja a los 22 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	Se visualiza la presencia de material suelto en la totalidad de la superficie de la carpeta; éste material suelto que reposa sobre 200m^2 esta constituido por finos, gravilla, y en menos proporción por grava; alcanzado a lo largo y ancho de vía de descenso espesores que van desde 4 a 6mm, proporción que disminuye en vía de ascenso registrando un espesor promedio que 3mm..

Se concluye:

- El conjunto total de materiales que estructuran el 97,5% (19,5m^3) del volumen total de la carpeta de rodado logran un 100% de cohesión, evitando de esta manera la formación de baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 2,5%, equivalente 0,5m^3 del volumen de la capeta de rodado presenta acción cementante insuficiente, es decir los materiales que componen la carpeta presentan carencia cohesiva, en consecuencia no logran mantenerse adheridos, desencadenando con esto una perdida de material tratado que involucra un volumen considerable. (Detalle de cálculos, anexo 4, ítem 4.1).
- La superficie de la carpeta refleja, el siguiente comportamiento:

El 50% del total de la superficie, equivalente a 100m^2 (vía de ascenso) conserva en un 100% su acción cementante, afirmación avalada una vez que tras someter a un escobillado a áreas de la superficie, se observa que al llegar a una superficie libre de material suelto (3mm aprox.), ésta se encuentra firme y compacta, por tanto libre de disgregación de material. En tanto el restante 50% (100m^2) de la superficie (vía de descenso) refleja acción cementante insuficiente; este déficit cohesivo registra comportamientos distintos dentro de esta misma área, es decir, se observa que el 25% (50m^2) de ésta superficie cohesionalmente insuficiente (franja central en vía de descenso), manifiesta tras esfuerzo de fricción aplicado (escobillado), desmenuzamiento acelerado de material estructural, en tanto el restante 25% (50m^2) de la superficie en cuestión (costado exterior e interior vía de descenso), manifiesta disgregación dificultosa por consiguiente gran capacidad cohesiva pero no absoluta.

SECTOR 3

Fig. 5. b.2.1.4.c. Carpeta tratada con DB 500 a los 22 días de elaborada - tramo km 35.

Carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono Nivel 11 y tratada con Descobond 500 refleja a los 26 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: El 100% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto, (finos y por un porcentaje mínimo de gravilla); este material flotante se concentra casi en su totalidad al costado exterior de vía de ascenso, en una extensión de 0,5x25m, en espesores (e) que van desde los 4 a 6mm, así también pero en menor proporción, este material se focaliza en franja paralela al eje del camino, al centro de vías, en una extensión aprox. de 0,3x25m (e=3mm), situación que persiste en el resto de la superficie, registrándose espesores que van desde 1a 2mm. Éste material flotante proviene en gran parte del material resultante de la desintegración a nivel superficial que presenta la carpeta

Se concluye:

- 98,15% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,63m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera fallas estructurales; en tanto el restante 1,85% (0,37m^3) del volumen de la carpeta ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4, ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja, el siguiente comportamiento:

El 100% de la superficie presenta acción cementante insuficiente, es decir tras someter a un escobillado a sectores de la superficie con el fin de advertir disgregación de material, se observa que 187,5m^2 [(200-0,5x25)m^2] equivalente a 93,75% de la superficie total de la carpeta, manifiesta disgregación dificultosa pero ininterrumpida de material estructural (gran capacidad cohesiva, pero no absoluta); éste leve déficit cohesional, se presenta acentuado en franja exterior de vía de ascenso, en una extensión de 0,5x25m,es decir 12,5m^2,

equivalente a 6,25% de la superficie total de la carpeta presenta tras fricción aplica mayor sensibilidad a disgregarse. Esta pérdida de material fino presente en 200m^2, aun que leve, comienza a dejar expuesto el material grueso que compone la carpeta, por tanto disgregable a través del tiempo.

Superficie irregular por perdida de material fino

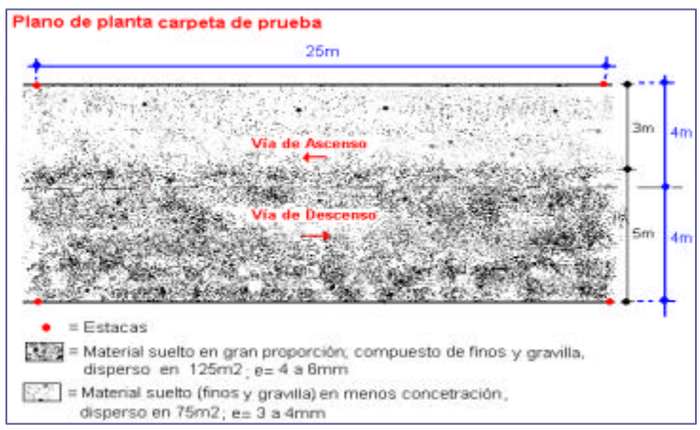
187,5 m^2 de la superficie presenta material suelto en concentraciones mínimas

Gran concentración de material al costado exterior de vía de ascenso

5. b.2.1.5.- PRODUCTO: PZ-22X

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los de 21 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17 y tratada con PZ-22X refleja a los 21 días de construida el siguiente comportamiento:

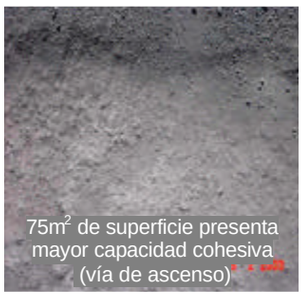
Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	Se visualiza que el 100% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto (finos y gravilla); éste material suelto proviene prácticamente en su totalidad de la disgregación constante de material estructural que experimenta carpeta a nivel de superficie, a demás contribuye a ésta proporción de material flotante, un porcentaje mínimo pero no despreciable de material estructural diseminado por carpetas aledañas; éste material alojado sobre la superficie de la carpeta se concentra en vía de descenso y costado interior de vía de ascenso cubriendo una extensión aproximada de 5mx25m, registrando espesores que van desde los 4 a 6mm; densidades que disminuyen hacia vía de ascenso presentando espesores que van desde los 3 a 4mm, en una extensión de 3mx25m

Se concluye:

- El 95,55% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente a 19,11m^3 mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades de PZ-22X, es decir, se mantiene cohesionado, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 4,45% (0,89m^3) del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material tratado.(Detalle de cálculos, anexo 4, Ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja una vez que al somete al azar, a sectores de la carpeta a un escobillado con el fin de retirar material suelto y advertir disgregación de material; el siguiente comportamiento:

- El 100% del total de la superficie presenta acción cementante insuficiente, observándose que un 62,5% de la superficie, equivalente a 125m^2 (5mx25m; vía de descenso y costado interior vía de ascenso), experimenta una disgregación acelerada de material estructural, es decir la capacidad que tienen las partículas de material fino de permanecer unidas, gracias al efecto de PZ-22X, es bastante baja; éste desmenuzamiento superficial que experimenta la carpeta es homogéneo, por tanto no hay formación de baches sino una desintegración pareja en todo el área implicada; éste comportamiento visualizado persiste en el resto de la superficie, con la diferencia que la disgregación percibida tras fricción aplicada es dificultosa, por tanto la capacidad cohesiva presente en el 37,5% del total de la superficie, equivalente a 75m^2 (3mx25m; vía de ascenso) es elevada, pero no absoluta. Esta sensibilidad a la disgregación que presenta el material fino desencadena que a través del tiempo el elemento grueso que compone la carpeta (grava) quede expuesto, por ende susceptible a ser desprendido de la estructura que lo compone.

100% de la carpeta contaminada con material suelto


75m^2 de superficie presenta mayor capacidad cohesiva (vía de ascenso)

125m^2 de superficie, manifiesta disgregación acelerada

Material grueso comienza a quedar expuesto en la superficie

SECTOR 2

Fig. 5. b.2.1.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 21 días de elaborada - tramo km 28.

La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 28 “Barriga” y tratada con PZ-22X, refleja a los 21 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	Se percibe en un 100% de la superficie de la carpeta la presencia de material suelto (finos, gravilla y grava); esta gran cantidad de material desperdigado se concentra en mayor porcentaje al costado exterior de vía de ascenso en una extensión aprox. de 1,5mx25m, así como en vía de descenso en la totalidad de su extensión (4mx25m), registrando espesores que van desde los 5mm a 1cm; en tanto el resto de la superficie, correspondiente a gran parte de la vía de ascenso, presenta en una extensión de 2,5mx25m, e= 4 a 5mm. Este material suelto proviene de la desintegración a nivel superficial que experimenta la carpeta.

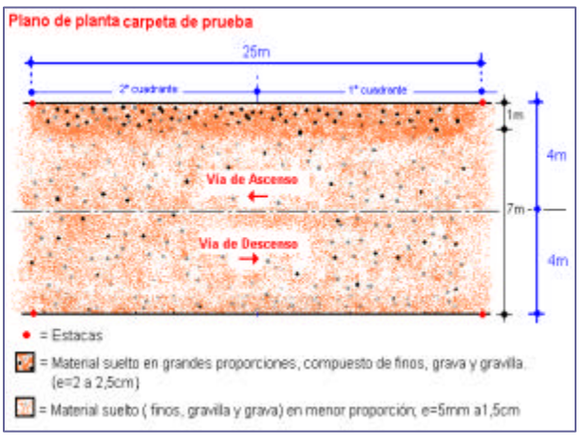
Se concluye:

- 93,45% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 18,69 m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 6,55% (1,31m^3) del volumen de la carpeta ha perdido su efecto cementante, produciéndose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida significativa de material tratado.(Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)

- El 100% de la superficie de la carpeta, refleja acción cementante insuficiente, esto se observa, una ves que tras fricción aplica a nivel de cota superficie, 138m^2 (4mx25m+1,5mx25m), correspondiente a vía de descenso más franja costado exterior vía de ascenso, equivalente al 69% de la totalidad de la superficie de la carpeta, presenta disgregación acelerada de material estructural, en tanto el restante 31% del total de la superficie en cuestión, correspondiente a 62m^2 (2,5mx25m, vía de ascenso), manifiesta mejor capacidad cohesional.

SECTOR 3

Fig. 5. b.2.1.5.c. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 10 días de elaborada- tramo km 35.



La carpeta de prueba proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PZ -22X refleja a los 10 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	La totalidad de la superficie (200m^2) presenta material suelto (finos, gravilla y por un porcentaje importante de grava); éste material flotante se concentra en mayor proporción al costado exterior de vía de ascenso, en una extensión de 1mx25m, presentando espesores que van desde los 2 a 2,5cm, en tanto el resto de la superficie registra espesores entre los de 5mm a 1,5cm. Este material suelto proviene en un 100% del desgranamiento que sufre la carpeta a nivel superficie.

Se concluye:

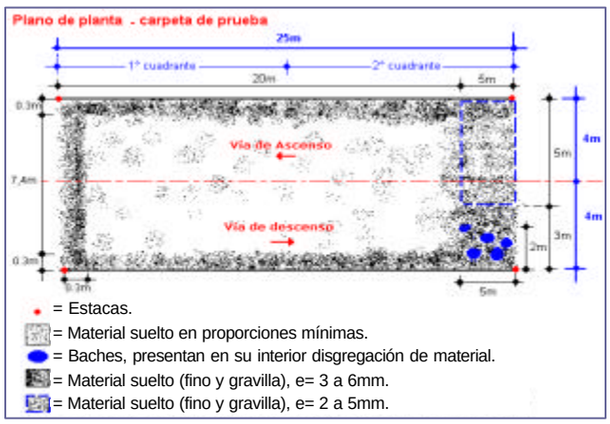
- El conjunto de materiales que estructuran 88,45% (17,69m^3) del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, es decir mantienen su efecto cementante otorgado por PZ-22X, evitando de esta manera fallas estructurales; en tanto el restante 11,55% (2,31m^3) del volumen de la carpeta ha perdido totalmente su efecto cementante, y con esto la perdida de material tratado. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)

- El 100% de la superficie de la carpeta refleja acción cementante insuficiente, esto se observa, una vez que tras someter a sectores de la carpeta a un escobillado, se percibe que al llegar a una superficie libre de finos, gravilla y grava (5mm a 2,5cm aprox., según sector), 200m^2 de superficie manifiesta la presencia ininterrumpida de material estructural.

5. b.2.1.6.- PRODUCTO: PROBASE TX-55

SECTOR 1

Fig. 5. b.2.1.6.a. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17, y tratada con Probase TX-55 refleja a los 11 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Baches de 15cmx20cm (arox.), de espesores entre 4mm a 6mm, se localizan en vía de descenso al inicio de la carpeta, distribuidos en un área aprox. de 2mx5m. Al interior de estas depresiones existe abundante material suelto (finos y gravilla), el cual proviene de la propia cavidad, es decir nos enfrentamos a baches que disgregan material en forma ininterrumpida.

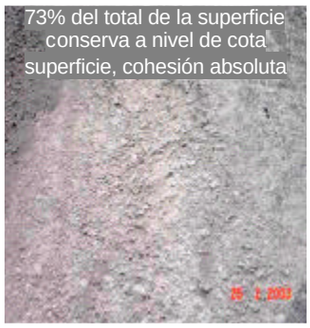
**: 95% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla), el cual se concentra por todo el perímetro de la carpeta cubriendo una distancia desde el contorno hacia dentro de 30cm aprox. en espesores que van desde los 3 a 6mm; espesores que se mantienen al inicio de vía de descenso dentro de un área de dimensiones aprox. a 3mx5m; concentración que disminuye hacia el inicio de vía de ascenso en una amplitud de 5mx5m registrando espesores de 2 a 5mm; en tanto el resto de la superficie presenta espesores de material suelto mínimos, percibiéndose una superficie prácticamente exenta de éste material flotante; ésta contaminación de material estructural proviene de la desintegración a nivel de superficie que experimentan algunos sectores de la carpeta, y en un porcentaje mínimo pero no despreciable de material estructural aportado por carpeta vecina superior.

Se concluye:

- El 98,85% (19,77m^3) del total de la estructura que conforma la carpeta manifiesta un 100% de efecto cementante otorgado por las bondades de TX-55, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran la carpeta, logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera fallas estructurales; en tanto el restante 1,15% (0,23m^3) de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel de superficie, involucrando una perdida pequeña, pero perceptible de material tratado. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1).
- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: El 73% del total de la superficie de la carpeta, equivalente a 146m^2 presenta un 100% de efecto cementante, es decir, se observa que al llegar a una superficie libre de material suelto (2 a 4mm aprox.), ésta se presenta firme, homogénea y compacta (100% cohesiva). En tanto el restante 27% de la superficie equivalente a 54m^2, refleja acción cementante insuficiente, (inicio, final y costados laterales de la carpeta), es decir presenta disgregación ininterrumpida de material fino, éste desmenuzamiento en un 7%, correspondiente a 14m^2 [20mx0,3mx2 (costados laterales) + 7,4mx0,3m (franja perpendicular al eje del camino, ubicada al final de la carpeta)] del total de la superficie cohesionalmente deficiente, es dificultoso, (capacidad elevada de unión entre las partículas de material fino, no absoluta); en tanto, el restante 20%, equivalente a 40m^2 (5mx8m; inicio de carpeta) de superficie, presenta una mayor sensibilidad a la disgregación a nivel de cota superficie, es probable que este sector experimente a través del tiempo un incremento en su volumen de ocupación.

Concentración de material suelto al inicio, final y costados laterales de la carpeta

54m^2 de superficie refleja acción cementante insuficiente


73% del total de la superficie conserva a nivel de cota superficie, cohesión absoluta

Vía de ascenso y descenso consiguen casi en la totalidad de su extensión acción 100% cementante

95% de la superficie se encuentra contaminada con material suelto (finos y gravilla)

SECTOR 2

Fig. 5. b.2.1.6.b. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 28.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con Probase TX-55 refleja a los 11 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	100% de la superficie de la carpeta de rodado presenta material suelto (finos, gravilla y grava); en espesores que van desde 2mm a 1cm; esta gran cantidad de material se concentra en mayor proporción al costado exterior de ambas vías en una extensión aprox. de 1x25m, concentración de material que disminuye levemente sobre la restante superficie correspondiente a vía de ascenso y descenso. Este material suelto proviene en gran porcentaje de la disgregación de material estructural propio de la carpeta, así como en un porcentaje mínimo pero no despreciable de material diseminado por carpetas aledañas.

Se concluye:

La carpeta presenta en la totalidad de su superficie material suelto (finos, gravilla y grava)

100m^2 de superficie logra acción 100% cementante

- El 97% =19,4m^3 del volumen de la carpeta conserva su propiedad cohesiva concedida por TX-55, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 3% (0,6m^3) del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante y con una perdida importante de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja, tras someter al azar, sectores de la superficie en cuestión a un escobillado con el fin de retirar material suelo y advertir disgregación de material; el

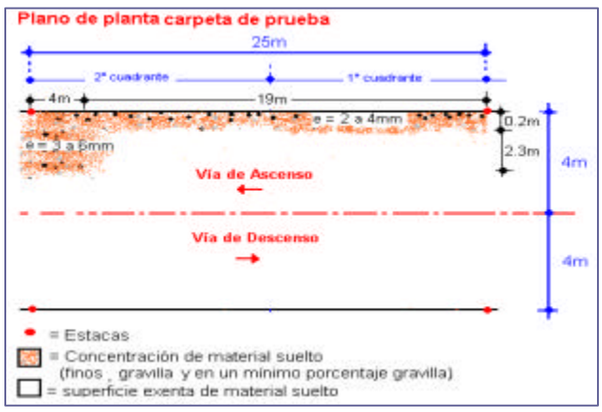
siguiente comportamiento:

- 50% de la superficie de la carpeta presenta déficit cohesivo; esta insuficiencia cementante se hace más sensible al extremo exterior de vía de descenso en una extensión de 25m^2 (1mx25m), es decir, el material estructural a nivel superficial no opone mayor resistencia a fricción aplicada, desprendiéndose rápidamente de la estructura que lo contiene, en tanto la superficie restante de vía de descenso equivalente a 75m^2 (3mx25m) bajo los mismos efecto sufre disgregación dificultosa de material estructural.

- El restante 50% (100m^2=4mx25m) de la superficie correspondiente a vía de ascenso logra un 100% de acción cementante; reflejando una superficie de textura lisa, firme, homogénea y compacta (libre de disgregación de material).

SECTOR 3

Fig. 5. b.2.1.6.c. Carpeta tratada con TX-55, a los 11 días de elaborada - tramo km 35.



La carpeta de prueba elaborada con el suelo perteneciente al cono Nivel 11 y tratada con Probase TX-55 refleja a los 11 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: 7% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto, conformado por finos, gravilla y por un porcentaje mínimo de grava; el cual se localiza al costado exterior de vía de ascenso, en una extensión de 0,2mx19m, en espesores que van desde los 2 a 4mm, así también pero en mayor proporción, este material flotante se centraliza hacia el costado transversal de vía de ascenso, 2do cuadrante, al termino de la carpeta, abarcando una extensión aprox. de 2,5mx4m, registrando e= de 3 a 6mm. Éste material, proviene prácticamente en su totalidad de la desintegración a nivel superficial propia que presenta la carpeta, contribuye a esta contaminación un porcentaje mínimo pero no despreciable, de material emanado por carpeta superior.

Se concluye:

- El 99,72% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente a19,94m^3 mantiene su efecto cementante (cohesión) otorgado por las bondades del producto estabilizador, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 0,28% (0,06m^3) del volumen total de la estructura ha perdido su capacidad cohesiva, dando origen a una perdida mínima pero no despreciable de material estructural. (Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja, el siguiente comportamiento:

93% del total de la superficie, equivalente a 186m^2 (200m^2 - 0,2x19m^2 -2,5x4m^2) conserva en un 100% acción cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, reflejando tras fricción aplicada una superficie lisa, firme y compacta, libre de disgregación de material. El 7% de la superficie restante, equivalente a 13,8m^2 (0,2mx19m + 2,5mx4m), presenta acción cementante insuficiente, es decir ante esfuerzos de fricción, se observa disgregación dificultosa pero ininterrumpida de material estructural; esta carencia de capacidad cohesiva entre partículas, se presenta incrementada hacia el costado transversal de vía de ascenso, 2do cuadrante, al termino de la carpeta, en un área de 10m^2 (2,5mx4m), manifestando mayor sensibilidad a fricción aplicada, en tanto el resto de la superficie implicada equivalente a 3,8m^2 (0,2mx19m), correspondiente a franja exterior de vía de ascenso, presenta mejor capacidad cohesiva que la superficie anteriormente descrita.

13,8m^2 de superficie presenta acción cementante insuficiente

7% del total de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto

186m^2 de superficie logran 100% acción cementante

5. b.3.- 3era evaluación

La tercera evaluación realizada a 30 días de la primera evaluación y a 15 días de la segunda, registra el comportamiento visual de los seis productos participantes en pruebas in-situ.

⇒ Antecedentes generales implícitos en 3era evaluación de pruebas in-situ:

Productos	**Tiempo transcurrido desde elaboración de carpetas de pruebas a datos registrados para 3ra evaluación**
TerraZyme (TZ-11X)	1, 2 y 3: 28 de enero al 12 de marzo (2003) = 43 días: 1mes+ 12días
PennzSuppress'D (PSD)	1, 2 y 3: 29 de enero al 12 de marzo (2003) = 42 días: 1mes+ 11días
Perma-Zyme 11X (PZ-11X)	1, 2 y 3: 30 de enero al 12 de marzo (2003) = 41 días: 1mes+ 10días
Descobond 500 (DB-500)	1, 2 y 3: 03 al 12 de marzo (2003) = 37 días: 1mes+ 6 días
PZ-22X	1y 2: 04 al 12 de marzo (2003) = 36 días: 1mes+ 5días 3: 15 al 12 de marzo (2003) = 25 días:
ProBase TX-55 (TX-55)	1, 2 y 3: 14 al 12 de marzo (2003) = 26 días:

Condiciones climáticas a las que estuvieron expuestas carpetas de prueba (del 25 febrero al 12 de marzo 2003):

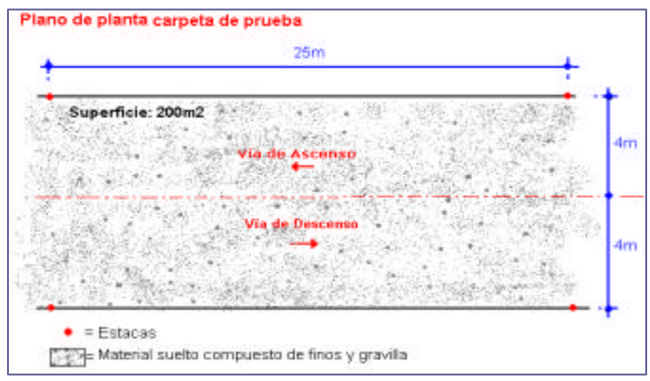
- Temperaturas: Mínima registrada: 5°C. / Máxima registrada: 22°C.
- Precipitaciones: Se registran lluvia de intensidad mediana durante 48 horas. (10 y 11 de marzo).

5. b.3.1.- Comportamiento visualizado en carpetas prueba

5. b.3.1.1.- PRODUCTO: TERRAZYME

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.1.a. Carpeta tratada con TZ-11X, a los 43 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono km 17 y tratada con TerraZyme refleja a los 43 días de construida el siguiente comportamiento:

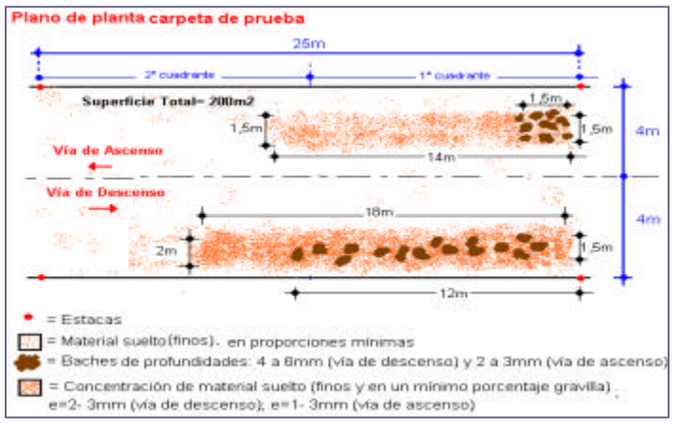
Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla); el cual se encuentra diseminado sobre la totalidad de la superficie en forma homogénea, registrando espesores inferiores a los visualizados en evaluación anterior (e = 1 a 2mm), fenómeno que se produjo por lluvia caída durante 2 días (carpeta evaluada un día después de lluvia caída); este material suelto proviene de la propia desintegración a nivel de superficie que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 94,5% (18,9m^3) del volumen total de la carpeta logra conservar propiedad cohesiva, concedida por TZ-11X, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 5,5% (1,1m^3) del volumen de la estructura ha perdido su efecto cementante, originando una perdida importante de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta, registra acción cementante insuficiente, en la totalidad de la carpeta, es decir tras llegar a superficie libre de gravilla (1 a 2mm.aprox.), se observa disgregación ininterrumpida de material fino, esta disgregación de material estructural es acelerada, es decir frente a fricción aplicada el material que compone la carpeta a nivel de cota superficie no opone mayor resistencia, desprendiéndose rápidamente de la estructura que lo contiene. Se concluye por tanto que la carpeta a nivel de superficie no logra 100% efecto cementante (continua disgregación).

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.1.b. Carpeta tratada con TZ-11x, a los 43 días de elaborada - tramo km 35.



La carpeta de prueba elaborada con el suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con TerraZyme refleja a los 43 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

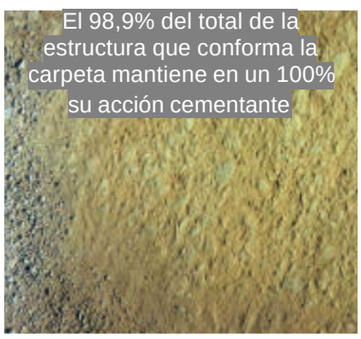
**: 100% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto (finos y gravilla), proveniente de la disgregación del propio material que estructura la carpeta, este material diseminado se concentra casi en su totalidad en franja paralela al eje del camino, vía de descenso en una extensión de 2x18m (aprox.), en un espesor inferior al registrado en evaluación anterior (2 a 3mm), situación provocada por precipitación caídas; además se observa una concentración pero en menor porcentaje de material suelto en franja paralela al eje del camino en vía de ascenso en una extensión de 1,5x14 aprox., en espesores comprendido entre los 1 a 2mm.

*: Se observa formación de nuevos baches y leve aumento en las dimensiones de los existentes; las antiguas depresiones localizadas en franja de dimensiones actuales igual a 1,5x12m, paralela al eje del camino en vía de descenso, experimentan un incremento tanto en numero como en dimensiones, registrando espesores del orden de los 4 a 6mm; estas cavidades disgregan en su interior material estructural en forma ininterrumpida pero a diferencia del comportamiento registrado en evaluación anterior, estas cavidades oponen gran resistencia a la fricción aplicada; comportamiento que se repite en baches ubicados al inicio de la carpeta vía de ascenso, distribuidos en una extensión que alcanza dimensiones de 1,5mx1,5m, es decir se visualiza mayor numero de cavidades y aumento en las dimensiones de los existentes, presentando profundidades que oscilan entre 2 y 3mm en espesor; estas cavidades poseen gran capacidad cohesiva pero no absoluta. Se concluye con esto que los baches presentes en la carpeta de rodado, por estar localizados en zonas cohesivamente deficientes, posiblemente irán en incremento, aumento en dimensión y en numero; debido a las propiedades visualizadas, este incremento será lento, pero incidente a través del tiempo.

Se concluye:

- El conjunto total de materiales que estructuran el 98,85% (19,77m^3) del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 1,15% (0,23m^3) de la estructura en cuestión ha perdido su efecto cementante, y con esto una perdida importante de material que involucra un volumen considerable de estructura tratada. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)

- A nivel de cota superficie se observa el siguiente comportamiento: El 28% (57m^2) de la superficie de la carpeta presenta déficit cohesivo; esta insuficiencia cementante se hace más sensible en sectores localizados en franja paralela al eje del camino en vía de descenso en una extensión equivalente a 36m^2 (2x18m), en tanto, esta sensibilidad a la disgregación se ve aminorada en sectores ubicados en franja paralela al eje del camino en una extensión equivalente a 21m^2 (1,5x14m). El restante 72% de la superficie logra un 100% de acción cementante; quedando esto en evidencia al observar, que un área equivalente a 143m^2 refleja una superficie de textura firme y compacta (libre de disgregación de material), se visualiza que la superficie a tomando forma irregular, comenzando a quedar al descubierto el material grueso que compone la carpeta, se puede deducir con esto que la superficie a perdido material fino no perceptible visualmente ya que no se visualiza disgregación de material, por tanto hasta el momento no incidente para efectos de calculo.

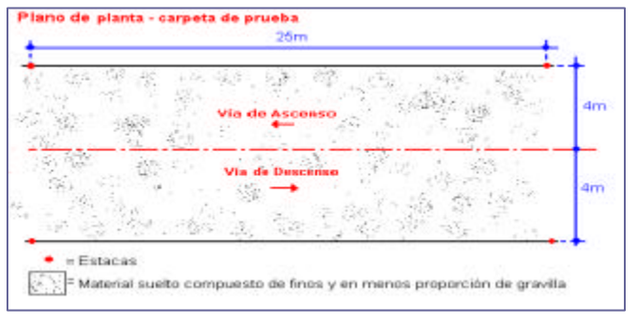

El 98,9% del total de la estructura que conforma la carpeta mantiene en un 100% su acción cementante

Superficie toma textura irregular

5. b.3.1.2.- PRODUCTO: PENNZSUPRESS'D

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.2.a. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 17 y tratada con PennzSupress'D refleja a los 42 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

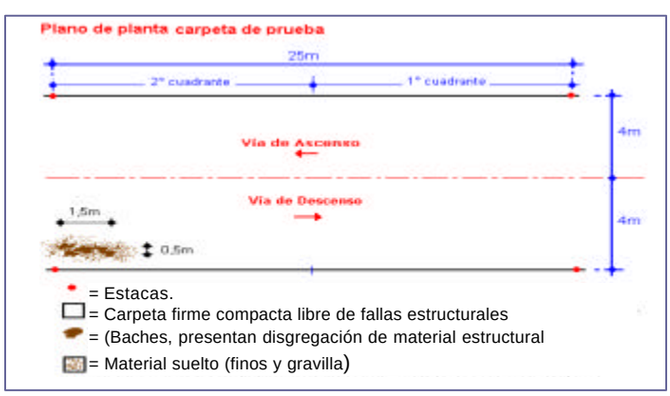
*: 95% de la superficie de la carpeta presenta material suelto, en espesores que van desde 2 a 3mm aprox.; este material proviene de la desintegración de carpetas vecinas superiores, afirmación avalada una ves, que tras limpieza con escobillón, se observa una superficie, firme y compacta.

Se concluye:

- El Total de la estructura de la carpeta mantiene en un 100% su efecto cementante otorgado por las bondades de PSD, es decir, el conjunto total de materiales que componen la carpeta logran capacidad de unión, evitando de esta manera todo tipo de fallas estructurales.
- El total de la carpeta a nivel de cota superficie mantiene la acción cementante concedida por PSD, reflejando unión total de los materiales que la componen, es decir tras fricción aplicada, se percibe una superficie firme y compacta (libre de disgregación).

SECTOR 2

Fig. 5. b.3.1.2.b. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 "Barriga" y tratada con PennzSupress'D refleja a los 42 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	Se visualiza presencia de material suelto conformado por finos y en menos proporción por gravilla, este se localiza específicamente en sector de baches, en una extensión de 0,7mx1,8m aprox.; en tanto el resto de la superficie se encuentra totalmente limpia

*: Se observa formación de baches; estos se localizan al costado exterior, vía de descenso 2do cuadrante; estas cavidades son de dimensiones pequeñas, distribuidas en un área aproximada de 0,5mx1,5m ($e_{aprox.}$= 1 a 3mm), la capacidad cohesiva al interior de las respectivas depresiones es mínima, observándose por tanto una disgregación acelerada e ininterrumpida de material estructural, por tanto con esto se infiere que debido a la baja capacidad de unión que presentan las partículas de material al interior de las concavidades (continua disgregación), es posible que estas depresiones experimenten a través del tiempo un aumento de tamaño.

Baches manifiestan en su interior disgregación ininterrumpida de material estructural

Se concluye:

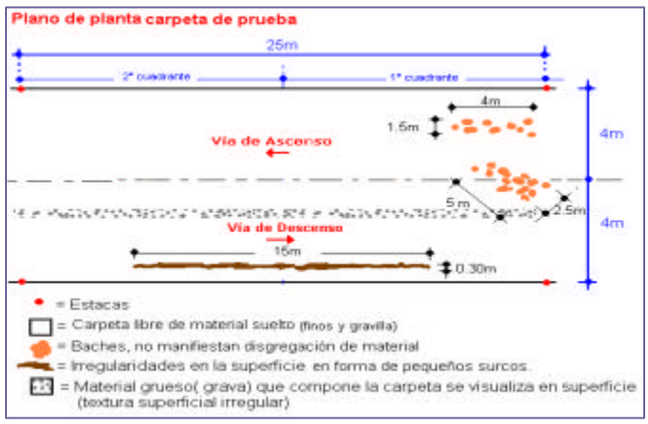
- El 99,99% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente a 19,99m^3, mantiene en un 100% su acción cementante, otorgada por las bondades de PSD, es decir, través del tiempo la estructura conserva su capacidad cohesiva, tal propiedad a concedido que la carpeta se encuentre exenta de grietas y desprendimiento de placas, en tanto el restante 0,01%, equivalente a 0,0015m^3 del volumen total de la carpeta, presenta acción cementante insuficiente, es decir los materiales que componen la carpeta presentan carencia cohesiva, en consecuencia no logran mantenerse unidos dando formación a baches y por ende a una perdida mínima de material estructural, prácticamente no incidente sobre el volumen total de la estructura tratada, pero que posiblemente a través del tiempo involucre un volumen considerable de estructura, debido a la disgregación ininterrumpida que presenta éste sector. (Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: El 99,6% (199,25m^2) de la superficie de la carpeta presenta cohesión absoluta, es decir tras esfuerzos de fricción se observa una superficie firme y compacta. En tanto el restante 0,4% de la superficie refleja acción cementante insuficiente, es decir, 0,75m^2 de superficie (zona de baches) manifiestan, disgregación ininterrumpida de material estructural.

Superficie exenta de grietas y desprendimiento de placas

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.2.c. Carpeta tratada con PSD, a los 42 días de elaborada - tramo km 35.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PennzSupress'D refleja a los 42 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	No. Superficie completamente limpia

*: Baches: No se visualiza nuevos baches, en tanto las depresiones existentes conservan su comportamiento, es decir, tras someter a las diversas cavidades a esfuerzos de fricción (escobillado), estas reflejan estabilidad y firmeza absoluta; concluyendo con esto que las fallas estructurales presentes en la carpeta, mantienen a través del tiempo, gran capacidad cohesiva; cualidad que impide un incremento de sus magnitudes

Puntos evaluados	Baches localización y descripción	
	sector 1	sector 2
Ubicación	Vía de ascenso, 1er cuadrante, costado exterior.	Al inicio de carpeta entre vía de ascenso y descenso.
Área de ocupación	1,5m x 4m. (aprox.)	2,5m x 5m. (aprox.)
Dimensiones	Baches de volúmenes relativamente pequeños (espesor = 1-5mm).	

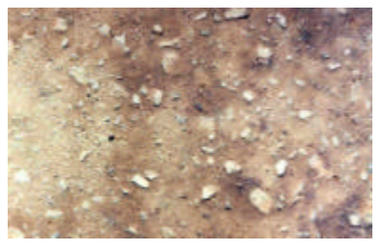
Se concluye:

- El 99,72% del total de la estructura que conforma la carpeta sostiene en un 100% su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,94m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar a través del tiempo su propiedad cohesiva, evitando de esta manera la formación de, grietas, desprendimiento de placas y baches; en tanto el restante 0,28% equivalente a 0,06m^3 del volumen total de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta la misma proporción de baches registrado en primera evaluación, infiriendo con esto que la carpeta mantuvo el número y dimensión de sus fallas estructurales, por tanto se concluye que la estructura mantiene su comportamiento, es decir no se visualiza cambios.

(Detalle de cálculos anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: El 100% de la superficie de la carpeta, equivalente a 200m^2, conserva en un 100% su efecto cementante, es decir, los materiales que conforman la estructura a nivel de cota superficie, logran mantenerse unidos, reflejando cohesión absoluta, afirmación acreditada una vez que al someter al azar, zonas de la superficie a un escobillado con el fin de poner en evidencia disgregación de material, la superficie se conserva firme, compacta, totalmente resistente a la fricción sometida; concluyendo con esto que la carpeta a nivel de superficie a demostrado mantener sus cualidades cementante concedidas por el producto estabilizador.

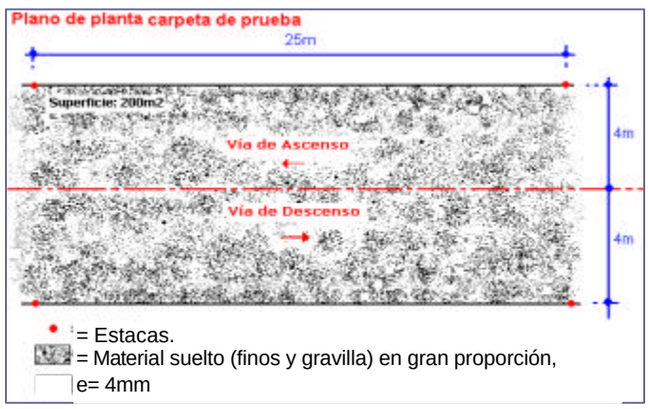
Superficie presenta textura irregular, específicamente en franja paralela al eje del camino, vía de descenso; textura que pone en manifiesto efecto de ruedas de vehículos que transitan por el sector; situación que no afecta ya que ha pesar de visualizarse material grueso constituyente de la carpeta, éste tras fricción aplicada se mantiene firme.



5. b.3.1.3.- PRODUCTO: PERMAZYME 11X

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.3.a. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17 y tratada con PZ-11X, refleja a los 41 días (1 mes y 10 días) de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	Al nivel de superficie, se visualiza que la carpeta se encuentra contaminada en un 100% por material estructural proveniente de la propia carpeta; éste material desperdigado homogéneamente a lo largo y ancho de la superficie en un espesor de 4mm (aprox.), esta constituido en un 90% por finos y un 10% por gravilla.

Se concluye:

- El 92,1% de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante, es decir, el conjunto de materiales que componen 18,42m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 7,9% (1,58m^3) del volumen de la carpeta ha perdido su efecto cementante, dando origen a una perdida significativa de material tratado.(Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)
- El 100% de la superficie de la carpeta, equivalente a 200m^2 refleja acción cementante insuficiente, es decir se percibe que al llegar a una superficie libre de gravilla (4mm. aprox.), la totalidad de la carpeta, manifiesta presencia ininterrumpida de material fino, esta disgregación es regularmente dificultosa, es decir se observa que tras esfuerzos de fricción aplicados las partículas de finos ponen mínima resistencia a la disgregación. Se concluyendo con esto, que la totalidad de la carpeta a nivel de cota superficie, presenta carencia cohesiva. Además debido a la perdida de material fino que experimenta la superficie, el material grueso que compone la carpeta (gravilla y grava), comienza a asomarse en la superficie, quedando expuesto al paso vehicular y por consiguiente a esfuerzos cortantes que desencadenan su disgregación

SECTOR 2

Fig. 5. b.3.1.3.b. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km. 28.

La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con PZ11X refleja a los 41 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Baches localizados a lo largo de la carpeta de prueba sobre el eje del camino, entre vía de ascenso y descenso, 1er y 2do cuadrante en una extensión de 3mx25m, estas cavidades presentan profundidades que oscilan entre los 1 a 2cm. La capacidad cohesiva al interior de las respectivas depresiones es relativamente elevada, observándose por tanto una disgregación dificultosa pero ininterrumpida de material estructural. Se concluye con esto que debido al déficit cementante que presentan las concavidades, es posible que estas depresiones experimenten a través del tiempo un aumento de tamaño (futuro incierto).

**: 138m^2 de superficie se encuentran contaminados por material suelto (finos y gravilla); el cual se concentra a lo largo de vía de descenso, 1er y 2do cuadrante, en una amplitud de 2,5mx25m aprox., en espesores que van desde 3mm a 5mm; este material disgregado persiste pero en menor concentración sobre el eje del camino, entre vía de ascenso y descenso, 1er y 2do cuadrante, en una extensión de 3mx25m (zona de baches), alcanzando espesores entre los 2mm a 4mm, en tanto el resto de la superficie (62m^2) se encuentra exenta de material estructural, es decir totalmente limpia. El material suelto alojado sobre la superficie de la carpeta, proviene en su totalidad de la desintegración a nivel de cota superficie que experimenta la carpeta, afirmación avalada tras someter a sectores de la superficie a un escobillado, observándose disgregación ininterrumpida de material estructural.

Se concluye:

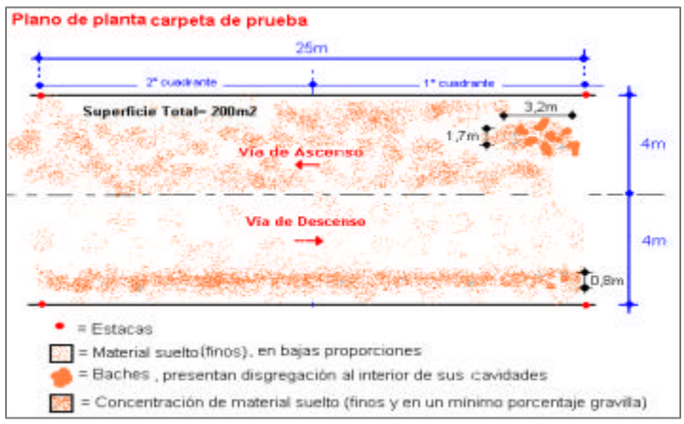
- El 87% del total de la estructura que conforma la carpeta manifiesta un 100% de efecto cementante otorgado por producto estabilizador, es decir, 17,4m^3 del volumen total de la carpeta, logra conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera la formación de grietas, desprendimiento de placas y baches; en tanto el restante 13% equivalente a 2,6m^3 de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado. (Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento:

El 31% del total de la superficie, equivalente a 62,5m^2 (2,5mx25m) logra un 100% de efecto cementante (vía de ascenso), es decir los materiales que conforman la estructura a nivel superficial, presentan cohesión absoluta (superficie firme, homogénea y compacta. ,libre de material disgregado). En tanto el restante 69% de la superficie de la carpeta, equivalente a 138m^2 (2,5mx25m+3mx25m) refleja acción cementante insuficiente, observándose tras fricción aplicada la presencia ininterrumpida de material fino, esta carencia cohesiva se incrementa en vía de descenso en una extensión de 2,5x25m, ya que bajo las mismas condiciones, el material no opone mayor resistencia, desprendiéndose rápidamente de la estructura que lo contiene, en tanto en sector central sobre el eje del camino en una extensión de 3x25m (zona de baches) la disgregación que experimenta la superficie de la carpeta es dificultosa, pero siempre en presencia de finos, es decir ininterrumpida.

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.3.c. Carpeta tratada con PZ-11X, a los 41 días de elaborada - tramo km 35.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono Nivel 11 y tratada con PermaZyme 11X refleja a los 41días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Se observa un incremento en el volumen de los baches existentes, es decir las depresiones localizados en vía de ascenso costado exterior, 1er cuadrante; experimentan un aumento en sus medidas perimetrales, consiguiendo con esto que su área total de ocupación haya aumentado en unos 20cm, quedando distribuidos en una extensión de 1,7x3,2m aprox., de igual forma las alturas de cavidades aumentan en 2mm, alcanzando espesores de 4 a 6mm. En cuanto al comportamiento que reflejan depresiones, éstas conservan su conducta ya que tras someter a las respectivas cavidades a un escobillado, se percibe disgregación dificultosa de material fino, manteniendo por tanto su gran capacidad cohesiva, pero no absoluta.

**: 60% de la superficie se encuentra contaminada con material suelto, el cual esta compuesto casi en su totalidad por material fino y en un porcentaje mínimo por gravilla; este material suelto se concentra en vía ascenso, en una extensión de 4mx25m aprox., en un espesor que al inicio de la carpeta (zona de baches) alcanza un valor cercano a los 4mm, y que hacia el final disminuye en aproximadamente 2mm, en tanto en vía de descenso se repite este fenómeno, concentrándose material suelto en franja paralela al eje del camino en una extensión de 0,8mx25m aprox., en un espesor cercano a los 2mm.

Se concluye:

El 98,05% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente 19,61m^3 de suelo tratado mantiene su propiedad cohesiva, evitando de esta manera todo tipo de fallas estructurales; en tanto el restante 1,95% (0,39m^3) del volumen total de la carpeta ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda, dando origen a baches y por tanto una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4 ítem 4.1)

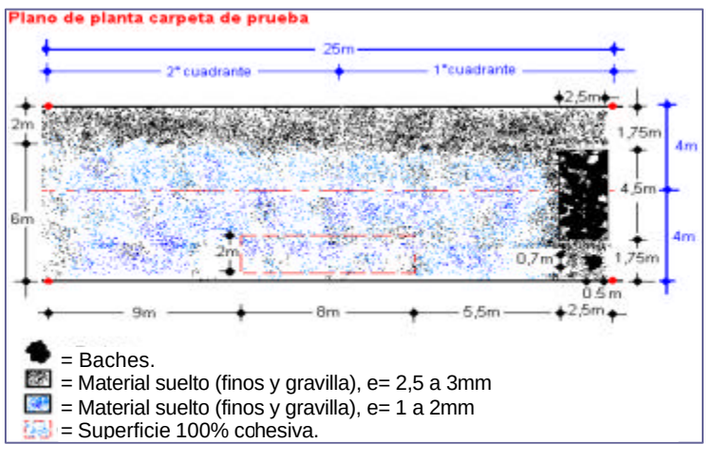
- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: El 40% del total de la superficie, equivalente a 80m^2 mantiene en un 100% su efecto cementante, es decir los materiales que conforman la estructura a nivel superficial, presentan cohesión absoluta (superficie firme, homogénea y compacta, libre de material disgregado). En tanto el restante

60% del total de la superficie, equivalente a 120m^2 [4mx25m (vía de ascenso)+0,8mx25m (franja, vía de descenso)], refleja acción cementante insuficiente (presencia ininterrumpida de material fino), ésta carencia cohesiva se ve incrementada al inicio de vía de ascenso en zona de baches; observándose mayor capacidad cohesiva hacia el final de esta vía, cualidad que persiste en vía de descenso en franja paralela al eje del camino; se observa a demás que en las zonas antes mencionadas, la superficie comienza a presentar una textura irregular, empezando a quedar expuesto al paso vehicular, el material grueso que estructura la carpeta y por ende a esfuerzos cortantes, que desencadenaran a través del tiempo una inminente disgregación de éste.

5. b.3.2.4.- PRODUCTO: DESCOBOND 500

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.4.a. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17 y tratada con Descobond 500, refleja a los 37 días (1 mes y 6 días) de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: No se observa presencia de nuevos baches; en tanto cavidades existentes (inicio de carpeta, entre vías), han aumentado sus medidas volumétricas provocando que se unan unas con otras dando el efecto visual de una placa rectangular de dimensiones perimetrales equivalente a 4,5mx2,5m y espesor igual a 4mm; se visualiza que tras someter el área en cuestión a un escobillado, la estructura al interior de las diversas cavidades no opone mayor resistencia al desmenuzamiento de material que genera fricción aplicada (capacidad cohesiva mínima), observándose por tanto una disgregación acelerada e ininterrumpida de material estructural; de igual forma la cavidad existente, localizada al inicio del 1er cuadrante hacia el costado exterior de vía de descenso, experimenta un aumento en sus dimensiones alcanzando un área de ocupación de 50cmx70cm y una profundidad de 4cm, este bache tras ser sometido a un escobillado, manifiesta con respecto a evaluación anterior disminución de su capacidad cohesiva (disgregación relativamente acelerada de material estructural).

**: 100% de la superficie de la carpeta se encuentra en presencia de material suelto (finos y en menos porcentaje por gravilla); el cual se concentra hacia el costado exterior de vía ascenso en una amplitud de (2x22,5)m^2 aprox., así como en franja (8x2,5)m^2 perpendicular al eje del camino, al inicio de la carpeta; ambos sectores registran espesores que van desde 2,5 a 3 mm, en tanto el resto de la superficie contaminada, registra espesores de material suelto que van desde 1 a 2mm, en una amplitud equivalente a (6x22,5)m^2. Este material que aloja sobre la carpeta proviene de la disgregación a nivel de superficie que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 97,05% del total de la estructura que conforma la carpeta manifiesta un 100% de efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,41m^3 de suelo tratado, logran conservar su propiedad cohesiva (fallas estructurales); en tanto el restante 2,95% (0,59m^3) del volumen total de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado. (Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)

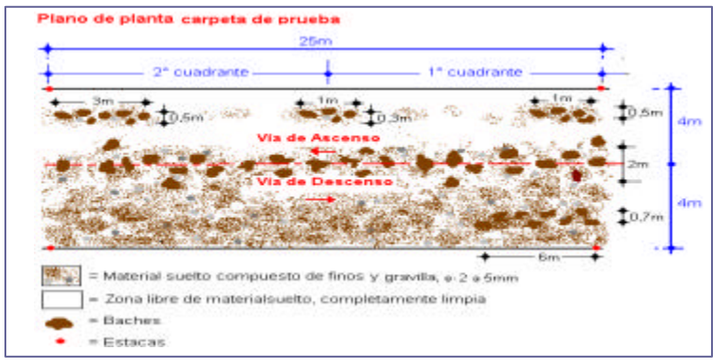
- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento:

- El 8% del total de la superficie, equivalente a 16m^2 (2x8m^2) logra un 100% de efecto cementante, es decir los materiales que conforman la estructura a nivel superficial, presentan cohesión absoluta (superficie se mantiene firme, homogénea y compacta).

- 92% del total de la superficie, equivalente a 184m^2 refleja acción cementante insuficiente, quedando esto en evidencia al visualizar que al someter a ciertos sectores de la superficie de la carpeta a un escobillado, se observa la presencia ininterrumpida de material fino, esta carencia cohesiva en un 59,5%, equivalente a 119m^2 (6x22,5m^2 - 8x2m^2) es baja, es decir, tras fricción aplicada, el desmenuzamiento de material es dificultoso, en tanto un 32,5%, equivalente a 65m^2 (2,5x8m^2 + 22,5x2m^2) manifiesta gran déficit cohesivo, quedando esto en evidencia al observar formación de baches, y desintegración de la carpeta en forma homogénea, situación que conlleva a grandes concentraciones de material suelto.

SECTOR 2

Fig. 5. b.3.1.4.b. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo proveniente del cono km 28 “Barriga” y tratada con Descobond 500da refleja a los 37 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Se observan baches en diferentes sectores dentro del área total de la carpeta de rodado, su descripción es la siguiente

Puntos a evaluar	Baches localización y descripción		
	sector 1	sector 2	Sector 3
Ubicación	Sobre el eje del camino entre vía de ascenso y descenso, 1er y 2do cuadrante	Franja central vía descenso, 1er.	Franja central a lo largo de vía de ascenso, 1er y 2do cuadrante
Área de ocupación	2mx25m.	0,7mx6m.	0,5mx1m (1ert cuad.), 0,3mx1m (entre 1er y 2do cuad.); 0,5mx3m (2do cuad.)
Dimensiones	30x25cm (aprox.), e= de 5mm a 1cm.	15cmx20cm (aprox.), e= 5mm a 1cm	20cmx25cm (aprox.), e= 3 a 7mm.
Comportamiento	A	A	B

A: Presentan al interior de su cavidad tras ser sometidos a un escobillado, disgregación acelerada he ininterrumpida de material estructural (déficit cohesivo). Se concluye con esto, que es posible que estas depresiones experimenten a corto plazo un aumento en sus dimensiones (futuro incierto).
B: Baches que presentan al interior de su cavidad, perdida de material fino en forma ininterrumpida; esta diseminación de material es dificultosa, es decir ante fricción aplicada los materiales que estructuran la capeta oponen gran resistencia al desmenuzamiento; se concluyendo con esto que nos enfrentamos a una zona de baches los cuales presentan gran capacidad cohesiva pero no absoluta y por tanto posiblemente experimentaran a través del tiempo un aumento paulatino de sus dimensiones.

**: 64% del total de la superficie se encuentra contaminada por material suelto (finos y gravilla); éste material se concentra en vía de descenso (1er y 2do cuadrante), así como en zona de baches (sector 1 y 3), registrando espesores que van desde 2mm a 5mm; en tanto el 36% de la superficie restante se encuentra exenta de material estructural, es decir totalmente limpia. El material suelto alojado sobre la superficie de la carpeta, proviene en su totalidad de la desintegración a nivel superficial que experimenta ésta, afirmación avalada tras someter al azar a sectores de la superficie a un escobillado, observándose disgregación ininterrumpida de material estructural.

Baches presentan gran disgregación de material en su interior

Baches sobre el eje del camino

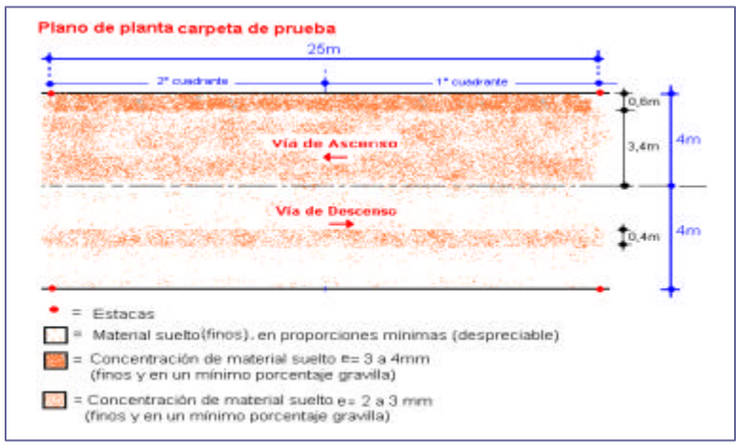
Se concluye:

- El 94,15% del total de la estructura que conforma la carpeta mantiene en un 100% su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, 18,83m^3 del volumen total de la carpeta, logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera todo tipo de fallas estructurales; en tanto el restante 5,85% (1,17m^3) del volumen total de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: 36,5% del total de la superficie, equivalente a 73m^2 (4x25-0,5x1-0,3x1-0,5x3-1x25) logra un 100% de efecto cementante (vía de ascenso), es decir los materiales que conforman la estructura a nivel superficial, presentan cohesión absoluta, (libre de material disgregado). En tanto el restante

63,5% del total de la superficie, equivalente a 127m^2 (4x25m^2 + 1x25m^2 + 0,5x1m^2 + 0,3x1m^2 + 0,5x3m^2) refleja acción cementante insuficiente (vía de descenso + baches vía de ascenso), es decir tras fricción aplicada, se observa desmenuzamiento de material dificultoso, concluyendo con esto que la capacidad de unión entre las partículas de material fino es elevada, pero no absoluta.

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.4.c. Carpeta tratada con DB 500, a los 37 días de elaborada - tramo km 35.



Carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono Nivel 11 y tratada con Descobond 500 refleja a los 37 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendido. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: 55% del total de la superficie se encuentra contaminada por material suelto (finos y por un porcentaje mínimo de gravilla); éste material se concentra casi en su totalidad en vía de ascenso, registrándose hacia el costado exterior en una extensión de 0,6mx25m, espesores que van desde los 3 a 4mm, en tanto la superficie restante de esta vía (3,4mx25m) presenta espesores entre los 2 a 3mm; espesor que persiste en vía de descenso, en franja paralela al eje del camino, al centro de la vía, en un área de dimensiones aprox. de 0,4mx25m; en tanto el resto de ésta vía se encuentra en presencia de material suelto en espesores mínimos, casi despreciables, por tanto no incidente para efecto de cálculos. Este material suelto alojado sobre 110m^2 de superficie, proviene prácticamente en su totalidad de la desintegración al nivel de superficie que experimenta la carpeta; en tanto colabora a ésta contaminación en un porcentaje no despreciable de material disgregado de carpeta superior.

Se concluye:

- El 96,5% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades de DB-500, es decir, 19,3m^3 de suelo tratado logra conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 3,5% (0,7m^3) del volumen total de la estructura ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que

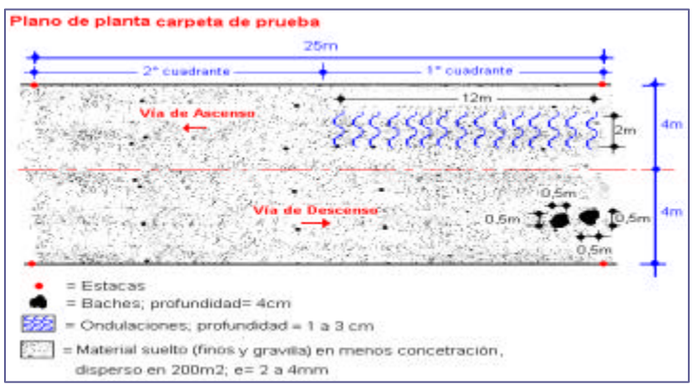
conforma la carpeta se desprenda, dando origen a una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja, el siguiente comportamiento: 200m^2 de superficie presentan déficit cohesivo. Esta carencia cementante presenta diferentes intensidades según el sector, es decir 45% del total de la superficie (vía de descenso), equivalente a 90m^2 [(100-0,4x25)m^2] refleja gran capacidad cohesiva pero no absoluta, en tanto los restantes 110m^2 [(100+0,4x25)m^2] de superficie correspondiente al 55% del área total de la carpeta (vía de ascenso + franja central de vía de descenso), manifiesta mayor sensibilidad de disgregación. Esta perdida de material fino presente en 200m^2, comienza a dejar expuesto el material grueso que compone la carpeta, por tanto susceptible a ser desprendido.

5. b.3.1.5. - PRODUCTO: PZ-22X

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.5.a. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 36 días de elaborada - tramo km 21.

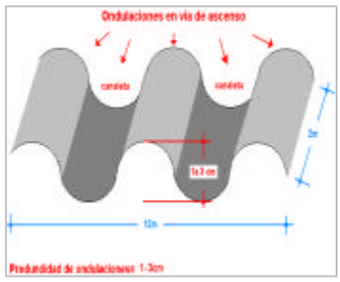


La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17 y tratada con PZ-22X, refleja a los 36 días (1 mes y 5 días) de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:				
Baches	Grietas	Despr. de placas	Ondulaciones	Material suelto a nivel de superficie
A	No	No	B	C

A: Se visualiza puntualmente la presencia de dos baches; localizados al inicio, en el centro de vía de ascenso, paralelos al eje del camino, 1er cuadrante; estas cavidades presentan dimensiones aprox. de 50cmx50cmx4cm, presentando en su interior una disgregación dificultosa pero ininterrumpida de material estructural. Se concluye con esto que debido al déficit cohesional que presentan las partículas de material al interior de las concavidades (continua disgregación), es posible que estas depresiones experimenten a través del tiempo un aumento de tamaño (futuro incierto).

B: Se visualiza formación de ondulaciones, las cuales se localizan al centro de vía de ascenso 1er cuadrante, en una extensión de 2mx12m; estas ondulaciones se desarrollaron específicamente en franjas perpendiculares al eje del camino, muy seguidas unas de otras, dando forma a una especie de canaleta, con profundidades que oscilan entre 1 a 3cm, provocando que los vehículos que circulan por el área implicada se vean expuesto a una incomoda vibración. Nota: para efectos de calculo se considerara perdida material estructural equivalente al volumen que demanda la canaleta, por tanto la superficie tomada en ejercicio de volumen de material desprendido será la mitad de la longitud que cubren las ondulaciones, es decir 6mx2m.



C: 100% de la superficie de la carpeta presenta material suelto (finos y gravilla); este material proviene prácticamente en su totalidad de la disgregación constante de material estructural que experimenta carpeta a nivel de superficie; éste material alojado sobre la superficie se encuentra distribuido en forma homogéneo, registrando espesores que van desde los 2 a 4mm; valores que disminuyen con respecto a evaluación anterior debido a lluvia caída durante 48hrs. a un día de evaluación.

Se concluye:

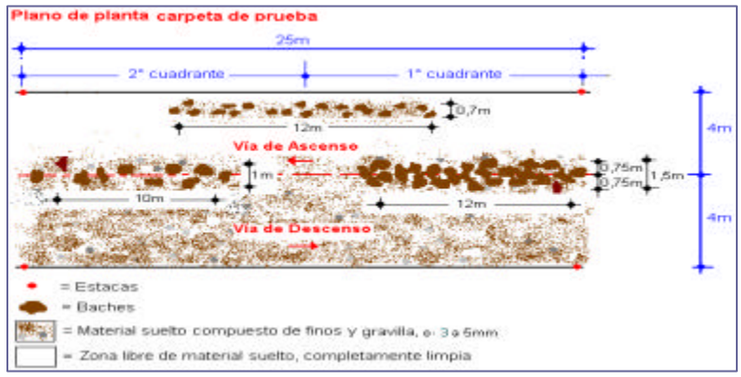
- El 91,45% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 18,29m^3 del volumen de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera todo tipo de fallas estructurales; en tanto el restante 8,55% (1,71m^3) del material tratado que conforma la carpeta, ha perdido su efecto cementante, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda, dando origen a baches y ondulaciones, es decir a una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja tras ser sometidas a esfuerzos de fricción, el siguiente comportamiento: El 100% de la superficie de la carpeta presenta déficit cohesional, es decir 200m^2 de superficie (vía de ascenso mas vía de descenso) manifiesta segregación de material estructural; tal disgregación es dificultosa, (opone gran resistencia al desmenuzamiento por fricción aplicada), se concluye por tanto que el total de la superficie presenta elevada capacidad cohesional pero no absoluta (permanente presencia de material fino); además el comportamiento visualizado en vía de ascenso mantiene con respecto a evaluación anterior su conducta, en tanto vía de descenso experimenta gran estabilidad cohesional, debido a que hace quince días a tras esta vía experimentaba una disgregación acelerada de material estructural. La sensibilidad a la disgregación que presenta el material fino desencadena que a través del tiempo el elemento grueso que compone la carpeta (grava), quede expuesto, por ende susceptible a ser desprendido.

200m^2 de superficie manifiesta disgregación dificultosa de material estructural

SECTOR 2

Fig. 5. b.3.1.5.b. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 36 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 28 “Barriga” y tratada con PZ-22X refleja a los 36 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: Se observan baches en diferentes sectores dentro del área total de la carpeta de rodado, su descripción es la siguiente:

Puntos a evaluar	Baches localización y descripción		
	sector 1	sector 2	sector 3
Ubicación	Sobre el eje del camino entre vías, 1er cuadrante	Sobre el eje del camino entre vías 2do cuadrante.	Franja costado exterior vía de ascenso entre el 1er y 2do cuadrante.
Área de ocupación	(1,5mx12m) ; estos se encuentran muy cerca unos de otros provocando que varias de estas cavidades se unan, dando el efecto visual de una placa rectangular.	Baches distribuidos en una extensión aproximada de 1mx10m.	baches distribuidos en una superficie de 0,7mx12m.
Dimensiones	40cmx50cm /e= 5mm a 1cm	30x20cm / e= 5 a 7mm.	15cmx20cm/ e= 1 a 1,5cm.
Comportamiento	A	B	B

A: Presentan al interior de su cavidad tras ser sometidos a un escobillado, disgregación ininterrumpida de material estructural, es decir, las diversas cavidades presentes en éste sector, manifiestan ante fricción aplicada un gran déficit cohesivo, percibiéndose desmenuzamiento acelerado de material estructural. Se concluye con esto que debido a la carencia de unión que presentan las partículas de material estructural al interior de las concavidades (perdida ininterrumpida de material), posiblemente estas depresiones experimenten a corto plazo un aumento de sus dimensiones.
B: Presentan el mismo comportamiento de baches localizados en sector 1 con la diferencia que estos experimentan en su contorno tras fricción aplicada una disgregación relativamente dificultosa, por tanto se concluye que posiblemente estas depresiones experimenten a corto plazo un incremento volumétrico siendo mayor el aumento en sus profundidades que en sus medidas perimetrales.

**: Se visualiza que el 64% del total de la superficie se encuentra contaminada por material suelto, compuesto por finos y gravilla; éste material suelto se concentra en vía de descenso (1er y 2do cuadrante), así como en zona de baches (sector 1, 2 y 3), registrando espesores que van desde 3mm a 5mm; en tanto el 36% de la superficie restante (vía de ascenso) se encuentra exenta de material estructural, es decir totalmente limpia, esta situación se explica por lluvia caída. Este material suelto proviene en un 100% de la disgregación a nivel superficial que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 90,1% del total de la estructura que conforma la carpeta, equivalente a 8,02 m^3 de suelo se mantiene cohesionado, y con esto exento de grietas, desprendimiento de placas y baches. En tanto el restante 9,9% (1,98m^3) de la estructura que conforma la carpeta presenta

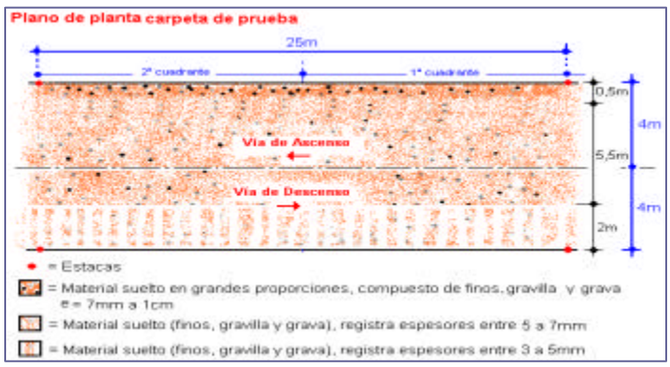
baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento: El 36% de la superficie, equivalente a 73m^2 (4x25-0,7x12-0,75x25) logra cohesión absoluta (vía de ascenso), es decir presenta una superficie firme, homogénea y compacta. En tanto el restante 64% de la superficie (vía de descenso + zona de baches), equivalente a 127m^2 refleja acción cementante insuficiente (disgregación ininterrumpida de material fino), esta carencia cohesiva en 91m^2 de superficie (4,75x25m^2 - 1,5x12m^2 - 1x10m^2) es baja, es decir, el desmenuzamiento de material es relativamente dificultoso, (vía de descenso y superficie entre vías); en tanto el restante 29% de la superficie cohesivamente deficiente, equivalente a 36m^2 (1,5x12m^2 + 1x10m^2+ 0,7x12m^2) no opone mayor resistencia, desprendiéndose rápidamente de la estructura, es decir presenta baja capacidad cohesiva (zona de baches).

91m^2 de superficie manifiesta desmenuzamiento de material relativamente dificultoso

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.5.c. Carpeta tratada con PZ-22X, a los 25 días de elaborada - tramo km 35.



Carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono Nivel 11 y tratada con PZ-22X refleja a los 25 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: 100% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto, conformado por finos, gravilla y por un porcentaje mínimo de grava. Este material disperso sobre la totalidad de la superficie se concentra en mayor proporción al costado exterior de vía de ascenso en una extensión de 0,5mx25m, presentando espesores que van desde los 7mm a 1cm, en tanto parte de vía de ascenso como de descenso en una extensión de 5,5mx25m, registra espesores entre 5 a 7mm, dimensiones que disminuyen hacia el costado exterior de vía de descenso en una extensión de 2mx25m, manifestando espesores entre los 3 a 5mm. Este material suelto alojado sobre 200m^2 de superficie, proviene en su totalidad de la desintegración superficial que experimenta la carpeta.

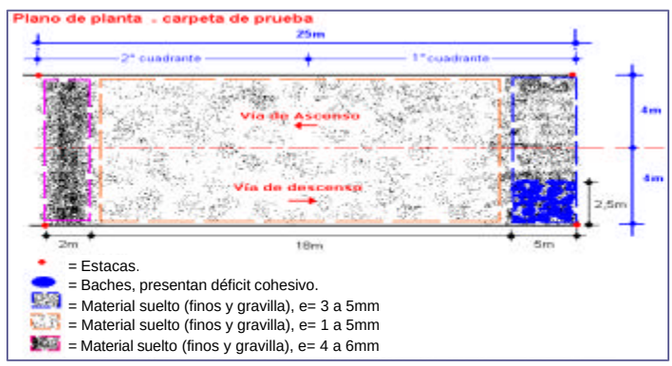
Se concluye:

- El 82,75% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 16,55m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva; en tanto el restante 17,25% (3,45m^3) del volumen de la carpeta ha perdido su capacidad cementante, dando origen a una perdida significativa de material tratado. (Detalle de cálculos, ver anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja, el siguiente comportamiento: El 100% de la superficie presenta acción cementante insuficiente, manifestando segregación ininterrumpida de material fino, esta disgregación ante fricción aplicada en algunos sectores es más sensible que en otros; por consiguiente el 6,25% del total de la superficie, equivalente a 12,5m^2 (0,5mx25m) no opone resistencia al desmenuzamiento, desarrollando segregación acelerada de material estructural (costado exterior de vía de ascenso); en tanto 137,5m^2 (5,5mx25m), correspondiente al 68,75% del total de la superficie (gran parte de vía de ascenso y descenso), revela menor sensibilidad una disgregación de material estructural inferior que la observada en costado exterior de vía de ascenso; éste comportamiento mejora hacia el costado exterior de vía de descenso en una superficie equivalente a 50m^2 (2mx25m), mostrando menor segregación de material estructural a nivel de superficie que las áreas anteriormente señaladas.

5. b.3.1.6. - PRODUCTO: PROBASE TX-55

SECTOR 1

Fig. 5. b.3.1.6.a. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 21.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 17 y tratada con Probase TX-55, refleja a los 26 días de construida, el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Desprendimiento. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: No se observa presencia de nuevos baches; en tanto cavidades existentes localizadas al inicio de carpeta en vía de descenso, han aumentado sus medidas volumétricas provocando que se unan unos con otras dando el efecto visual de una placa rectangular de dimensiones perimetrales equivalente a 5mx2,5m y espesor igual a 1cm; la capacidad cohesiva al interior de éstas depresiones es mínima, observándose por tanto una disgregación acelerada e ininterrumpida de material estructural.

**: Se visualiza que el 100% de la superficie de la carpeta se encuentra contaminada por material suelto, compuesto por finos y en un porcentaje mínimo por gravilla, éste material flotante se concentra en los extremos transversales de la carpeta, por consiguiente se registra al inicio de la carpeta en una extensión de 5mx8m, espesores de material suelto comprendidos entre los 3 a 5mm, magnitud que aumenta levemente al termino de la carpeta en una extensión de 2mx8m, presentando espesores que van desde 4 a 6mm, en tanto la superficie restante, registra espesores de material suelto que van desde 1 a 3mm, en una amplitud equivalente a (8x18)m^2. Este material suelto proviene de la segregación del propio material que estructura la carpeta, y en un porcentaje no despreciable de material diseminado por carpetas superior. nota: el material suelto residente sobre la superficie de la carpeta registra espesores inferiores a los percibidos en evaluación anterior; situación que se atribuye por lluvia caída a un día de evaluación presente.

Se concluye:

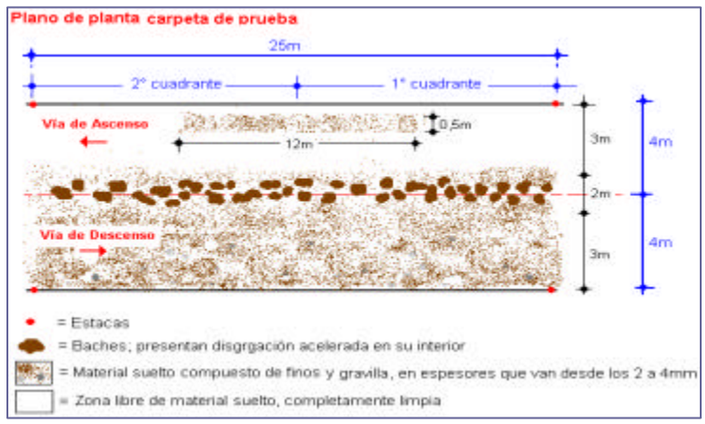
- El 96,05% del total de la estructura que conforma la carpeta manifiesta un 100% de efecto cementante, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,21m^3 del volumen total de la carpeta, logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera la formación de grietas, desprendimiento de placas y baches; en tanto el restante 3,95% (0,79m^3) de la estructura que constituye la capeta de rodado, presenta baches, así como disgregación de material estructural a nivel superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado.(Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja el siguiente comportamiento:

El 100% de la superficie presenta acción cementante insuficiente, éste comportamiento queda en evidencia tras someter a diferentes sectores de la superficie a un escobillado, observándose que 200m^2 de superficie manifiesta tras fricción aplicada disgregación de material estructural, esta disgregación en algunos sectores se acentúa más que en otros, es decir al inicio de la carpeta en una extensión de 8mx5m, equivalente a 40m^2 se observa una disgregación acelerada de material estructural a nivel de superficie, no oponiendo mayor resistencia al desmenuzamiento provocado por fricción aplicada, en tanto el resto de la superficie equivalente a 160m^2 (200m^2 - 40m^2), presenta gran capacidad cohesiva, desarrollando una disgregación dificultosa de material estructural a nivel de superficie.

160m^2 desarrolla disgregación dificultosa a nivel de superficie

SECTOR 2

Fig. 5. b.3.1.6.b. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 28.



La carpeta de prueba elaborada con suelo perteneciente al cono km 28 “Barriga” y tratada con Probase TX-55 refleja a los 26 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
*	No	No	**

*: baches; estos se localizan a lo largo de la carpeta sobre el eje del camino, entre vías, 1er y 2do cuadrante, estas cavidades presentan dimensiones de 40cmx35cmx0,5cm aprox.; distribuidas homogéneamente en un área de 2mx25m, se observa la capacidad cohesiva al interior de las cavidades es mínima (no opone resistencia al desmenuzamiento que genera fricción aplicada). Se concluye con esto que debido al déficit cohesivo que presentan depresiones descritas, es posible que estas experimenten a través del tiempo un aumento de tamaño

**: Se visualiza que el 66% del total de la superficie se encuentra contaminada por material suelto, compuesto por finos y por un porcentaje mínimo de gravilla; éste material suelto presenta espesores que van desde los 2 a 4mm, se concentra en los siguientes sectores de la carpeta:
Sector 1: vía de descenso, primer y segundo cuadrante, en una extensión equivalente a 3mx25m.
Sector 2: zona de baches (entre vías) en una extensión de 2mx25m.
Sector 3: hacia el costado exterior de vía de ascenso, en una extensión de 0,5mx12m.
En tanto el 34% de la superficie restante (gran parte de vía de ascenso), se encuentra exenta de material estructural, es decir totalmente limpia. Este material suelto presente en 131m^2 de superficie, proviene en un 100% de la desintegración a nivel superficial que experimenta la carpeta.

Se concluye:

- El 94,55% del total de la estructura que conforma la carpeta manifiesta un 100% de efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 18,91m^3 del volumen total de la carpeta, logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera fallas estructurales; en tanto el restante 5,45% equivalente a 1,09m^3 del suelo tratado ha perdido su capacidad de cohesión generándose baches, así como disgregación de material estructural a nivel de cota superficie, involucrando una perdida considerable de material tratado.(Detalle de cálculos, anexo 4 ítem 4.1)
- La superficie de la carpeta refleja, tras someter a sectores de la superficie a un escobillado, el siguiente comportamiento:

- El 34,5% del total de la superficie, equivalente a 69m^2 (4x25m^2 - 0,5x12m^2 - 1x25m^2) logra un 100% de efecto cementante (vía de ascenso), observándose tras ficción aplicada una superficie que se mantiene firme, homogénea y compacta (libre de material disgregado). En tanto el 65,5% de la superficie restante, equivalente a 131m^2 refleja acción cementante insuficiente (vía de descenso + zona de baches + franja costado exterior vía de ascenso), éste déficit cohesivo se ve incrementado en sector comprendido entre vías, en una extensión equivalente a 50m^2 (2mx25m), es decir, el material estructural a nivel superficial se desprendiéndose rápidamente de la estructura que lo contiene, en tanto 81m^2 (0,5mx12m + 3mx25m) de superficie, correspondiente a franja costado exterior de vía de ascenso, así como gran parte de la vía de descenso, bajo las mismas condiciones, desarrolla disgregación de material a nivel de superficie, dificultosa.

SECTOR 3

Fig. 5. b.3.1.6.c. Carpeta tratada con TX-55, a los 26 días de elaborada - tramo km 35.

La carpeta de prueba elaborada con el suelo perteneciente al cono Nivel 11 y tratada con Probase TX-55 refleja a los 26 días de construida el siguiente comportamiento:

Se visualiza presencia de:			
Baches	Grietas	Despr. de placas	Material suelto a nivel de superficie
No	No	No	*

*: 60% del total de la superficie presenta material suelto, conformado por finos y por un porcentaje mínimo de gravilla; éste material se concentra al costado interior de vía de descenso en una amplitud de 1mx25m, en espesores que oscilan entre los 1 a 2mm, material que persiste hacia vía de ascenso, sobre una extensión de 4mx25m, registrando espesores entre 2 a 4mm; en tanto el resto de la superficie, correspondiente a gran parte de la vía de descenso se encuentra completamente limpia, es decir libre de material suelto. Este material flotante alojado sobre 125m^2 de superficie, proviene en su totalidad del propio material que conforma la carpeta.

Se concluye:

- El 98% del total de la estructura que conforma la carpeta, mantiene su efecto cementante otorgado por las bondades del producto estabilizador, es decir, el conjunto total de materiales que estructuran 19,6m^3 del volumen total de la carpeta logran conservar su propiedad cohesiva, evitando de esta manera formación baches, grietas y desprendimiento de placas; en tanto el restante 2% equivalente a 0,4m^3 del volumen total de la estructura ha perdido su capacidad cohesiva, desencadenándose con esto que el material que conforma la carpeta se desprenda de la masa estructural que lo contiene, dando origen a una perdida mínima pero no despreciable de material estructural. (Detalle de cálculos ver anexo 4 ítem 4.1)

- La superficie de la carpeta refleja, tras someter al azar a sectores de ésta a un agitado escobillado con el fin de advertir disgregación de material, siguiente comportamiento:

- El 38% del total de la superficie de la carpeta, equivalente a 75m^2 (3mx25m; vía de descenso) presenta un 100% de efecto cementante; comportamiento avalado una que tras fricción aplica, se observa una superficie firme, homogénea y compacta (100% cohesiva).

- Un 62% del total de la superficie equivalente a 125m^2 (1mx25m + 4mx25), refleja acción cementante insuficiente, comportamiento que queda en evidencia al observar que ante esfuerzos fricciónales aplicados, la superficie desarrolla una disgregación dificultosa de material estructural, es decir se advierte a nivel de superficie una gran capacidad cohesiva pero no absoluta debido a una ininterrumpida presencia de material fino, este déficit cohesivo percibido tanto al costado interior de vía de descenso como en la totalidad de vía de ascenso, se hace mayor en éste ultimo sector, ya que se observa una disgregación aunque dificultosa mas acelerada.

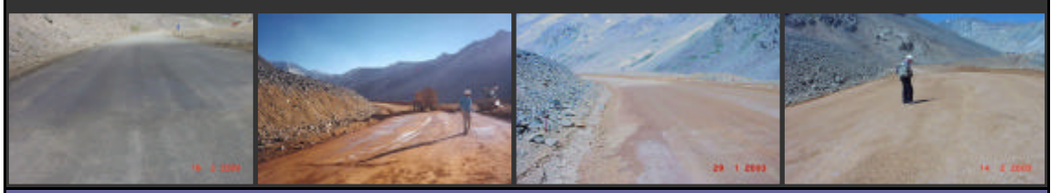
Disgregación dificultosa al costado interior de vía de descenso

Déficit cohesivo se incrementa en vía de ascenso

5.c. - Comportamiento cuantitativo de carpetas de prueba a nivel de cota superficie, según evaluaciones

Tabla 5.c. Comportamiento cuantitativo de carpetas de prueba a nivel de cota superficie

COMPORTAMIENTO DE CARPETAS DE PRUEBA A NIVEL DE COTA SUPERFICIE



PRIMERA EVALUACIÓN

N°	Producto	SECTOR 1				SECTOR 2				SECTOR 3			
		Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva			
		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo	
		%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2
1	TERRAZYME	0	0	100	200	-	-	-	-	93	186	7	14
2	PSD-PLUS	100	200	0	0	100	200	0	0	100	200	0	0
3	PERMAZYME	0	0	100	200	0	0	100	200	98,75	197,7	1,25	2,5
4	DESCOBOND	79	158,5	21	41,5	50	100	50	100	100	200	0	0
5	PZ-22X	11	22	89	178	0	0	100	200	-	-	-	-
6	PROBASE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SEGUNDA EVALUACIÓN

N°	Producto	SECTOR 1				SECTOR 2				SECTOR 3			
		Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva			
		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo	
		%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2
1	TERRAZYME	0	0	100	200	-	-	-	-	88	176	12	24
2	PSD-PLUS	100	200	0	0	100	200	0	0	100	200	0	0
3	PERMAZYME	0	0	100	200	0	0	100	200	91,5	183	8,5	17
4	DESCOBOND	59**	128**	41**	82**	50	100	50	100	0	0	100	200
5	PZ-22X	0	0	100	200	0	0	100	200	0	0	100	200
6	PROBASE	73	146	27	54	50	100	50	100	93	186	7	13,8

TERCERA EVALUACIÓN

N°	Producto	SECTOR 1				SECTOR 2				SECTOR 3			
		Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva				Capacidad Cohesiva			
		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo		Cohesión absoluta		Deficit Cohesivo	
		0	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2	%	m2
1	TERRAZYME	0	0	100	200	-	-	-	-	72	143	28	57
2	PSD-PLUS	100	200	0	0	99,6	199,25	0,4	0,75	100	200	0	0
3	PERMAZYME	0	0	100	200	31	62,5	69	138	40	80	60	120
4	DESCOBOND	8	16	92	184	36,5	73	63,5	127	0	0	100	200
5	PZ-22X	0	0	100	200	36	73	64	127	0	0	100	200
6	PROBASE	0	0	100	200	34,5	69	65,5	131	38	75	62	125

Interpretación de Tabla:(**) La carpeta tratada con Descobond “sector 1” refleja en segunda evaluación que el 41% de la superficie presenta déficit cohesivo, es decir 82m2 de superficie desarrolla disgregación de material estructural, en tanto el restante 59% de la superficie que comprende la carpeta, equivalente 128m2 presenta cohesión absoluta, manifestando una superficie firme, compacta, libre de disgregación de material estructural.

Nota: Proporciones obtenidas considerando que cada carpeta abarca una superficie de 200m2 (=100%).

5. d.- <u>Volumen de material desprendido de carpetas de prueba según producto, sector y comportamiento experimentado</u>

Tabla 5.d.1 Volumen de material estructural desprendido - 1ra evaluación.

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
PRIMERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 1			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	0,4	0	0	0,4
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0
3	PERMAZYME	0,6	0	0	0,6
4	DESCOBOND 500	0,08	0	0	0,08
5	PZ-22X	0,27	0	0	0,27
6	PROBASE TX-55	-	-	-	-

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
PRIMERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 2			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	-	-	-	-
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0
3	PERMAZYME	0,8	0	0	0,8
4	DESCOBOND 500	0,3	0	0	0,3
5	PZ-22X (**)	0,57	0	0	0,57
6	PROBASE TX-55	-	-	-	-

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
PRIMERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 3			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	0,02	0,01	0	0,03
2	PENNZSUPRESS	0	0,06	0	0,06
3	PERMAZYME	0	0,01	0	0,01
4	DESCOBOND 500	0	0	0	0
5	PZ-22X	-	-	-	-
6	PROBASE TX-55	-	-	-	-

<u>Interpretación de tabla</u>: (**): En primera evaluación la carpeta tratada con PZ-22X-sector 2 refleja que el volumen de material estructural desprendido alcanza un valor de 0,57m^3, el cual fue producto de la disgregación superficial.

Tabla 5.d.2. Volumen de material estructural desprendido - 2da evaluación.

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
SEGUNDA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 1			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m3)	Baches (m3)	Ondulaciones (m3)	Volumen Total (m3)
1	TERRAZYME	0,8	0	0	0,8
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0
3	PERMAZYME	0,78	0	0	0,78
4	DESCOBOND 500	0,2	0,02	0	0,22
5	PZ-22X	0,89	0	0	0,89
6	PROBASE TX-55	0,18	0,05	0	0,23
7	DIOGEN	0,1	0,15	0	0,25

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
SEGUNDA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 2			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	-	-	-	-
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0
3	PERMAZYME	1,2	0	0	1,2
4	DESCOBOND 500	0,5	0	0	0,5
5	PZ-22X	1,31	0	0	1,31
6	PROBASE TX-55 (**)	0,6	0	0	0,6

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
SEGUNDA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 3			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m3)	Baches (m3)	Ondulaciones (m3)	Volumen Total (m3)
1	TERRAZYME	0,05	0,03	0	0,08
2	PENNZSUPRESS	0	0,06	0	0,06
3	PERMAZYME	0,04	0,02	0	0,06
4	DESCOBOND 500	0,37	0	0	0,37
5	PZ-22X	2,31	0	0	2,31
6	PROBASE TX-55	0,06	0	0	0,06

Interpretación de Tabla: (**) : En segunda evaluación la carpeta tratada con Probase TX-55“, sector 1” refleja que el volumen total de material estructural desprendido alcanza un valor de 0,23m^3 el cual es producto de 0,18m^3 a causa de disgregación superficial + 0,05 m^3 provocado por formación de baches.

Nota: Proporciones obtenidas consideran que cada carpeta abarca un volumen total de 20m^3 (=100%).

Tabla 5.d.3. Volumen de material estructural desprendido - 3ra evaluación..

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
TERCERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 1			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	1,1	0	0	1,1
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0
3	PERMAZYME	1,58	0	0	1,58
4	DESCOBOND 500	0,53	0,06	0	0,59
5	PZ-22X (**)	1,45	0,02	0,24	1,71
6	PROBASE TX-55	0,66	0,13	0	0,79

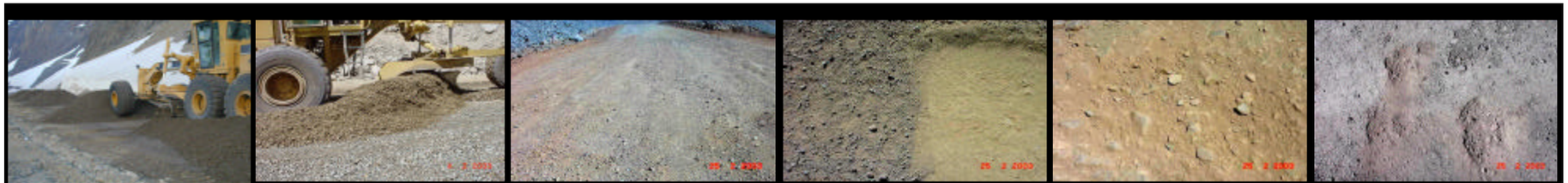
VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
TERCERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 2			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	-	-	-	-
2	PENNZSUPRESS	0	0,0015	0	0,0015
3	PERMAZYME	1,5	1,1	0	2,6
4	DESCOBOND 500	0,75	0,42	0	1,17
5	PZ-22X	1,67	0,31	0	1,98
6	PROBASE TX-55	0,84	0,25	0	1,09

VOLUMEN DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO					
TERCERA EVALUACIÓN					
N°	Producto	SECTOR 3			
		Perdida de material estructural			
		Disgregación Superficial (m^3)	Baches (m^3)	Ondulaciones (m^3)	Volumen Total (m^3)
1	TERRAZYME	0,13	0,1	0	0,23
2	PENNZSUPRESS	0	0,06	0	0,06
3	PERMAZYME	0,36	0,03	0	0,39
4	DESCOBOND 500	0,7	0	0	0,7
5	PZ-22X	3,45	0	0	3,45
6	PROBASE TX-55	0,4	0	0	0,4

Interpretación de Tabla: (**)En tercera evaluación la carpeta tratada con PZ-22X“, sector 1” refleja que el volumen total de material estructural desprendido alcanza un valor de 1,71m^3 el cual es producto de 1,45m^3 a causa de disgregación superficial + 0,02m^3 provocado por formación de baches + 0,24m^3 aportado por formación de ondulaciones (canaletas). Nota: Proporciones obtenidas consideran que cada carpeta abarca un volumen total de 20m^3 (=100%).

5.e.-<u>Volumen total de material estructural cohesionado v/s desprendido correspondiente a carpetas de prueba, según evaluaciones</u>

Tabla 5.e. Volumen total de material desprendido en carpetas de prueba / Volumen total de material estructural conserva cohesión absoluta.



VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL ESTRUCTURAL DESPRENDIDO (M3)

N°	Producto	Primera Evaluación						Segunda Evaluación						Tercera Evaluación					
		Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 1		Sector 2		Sector 3	
		%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3
1	TERRAZYME	2	0,4	-	-	0,15	0,03	4	0,8	-	-	0,4	0,08	5,5	1,1	-	-	1,15	0,23
2	PENNZSUPRESS	0	0	0	0	0,28	0,06	0	0	0	0	0,28	0,06	0	0	0,01	0,0015	0,28	0,06
3	PERMAZYME	3	0,6	4	0,8	0,05	0,01	3,9	0,78	6	1,2	0,28	0,06	7,9	1,58	13	2,6	1,95	0,39
4	DESCOBOND 500	0,4	0,08	1,5	0,3	0	0	1,1	0,22	2,5	0,5	1,85	0,37	2,95	0,59	5,85	1,17	3,5	0,7
5	PZ-22X	1,35	0,27	2,85	0,57	-	-	4,45	0,89	6,55	1,31	11,55	2,31	8,55	1,71	9,9	1,98	17,25	3,45
6	PROBASE TX-55	-	-	-	-	-	-	1,15	0,23	3	0,6	0,28	0,06	3,95	0,79	5,45	1,09	2	0,4

VOLUMEN TOTAL DE MATERIAL ESTRUCTURAL QUE PERMANECE COHESIONADO (M3)

N°	Producto	Primera Evaluación						Segunda Evaluación						Tercera Evaluación					
		Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 1		Sector 2		Sector 3		Sector 1		Sector 2		Sector 3	
		%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3
1	TERRAZYME	98	19,6	-	-	99,85	19,97	96	19,2	-	-	99,6	19,92	94,5	18,9	-	-	98,85	19,77
2	PENNZSUPRESS	100	20	100	20	99,72	19,94	100	20	100	20	99,72	19,94	100	20	99,99	19,99	99,72	19,94
3	PERMAZYME	97	19,4	96	19,2	99,95	19,99	96,1	19,22	94	18,8	99,72	19,94	92,1	18,42	87	17,4	98,05	19,61
4	DESCOBOND 500	99,6	19,92	98,5	19,7	100	20	98,9	19,78	97,5	19,5	98,15	19,63	97,05	19,41	94,15	18,83	96,5	19,3
5	PZ-22X	98,65	19,73	97,2	19,43	-	-	95,55	19,11	93,45	18,69	88,45	17,69	91,45	18,29	90,1	18,02	82,75	16,55
6	PROBASE TX-55	-	-	-	-	-	-	98,85	19,77	97	19,4	99,72	19,94	96,05	19,21	94,55	18,91	98	19,6

CAPITULO VI

COSTO DEL ESTABILIZADO DEL CAMINO INDUSTRIAL

CON CLORURO DE SODIO Y ALTERNATIVAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS

6.a. - <u>Aspectos considerados en evaluación económica</u>

Los costos de estabilización del camino industrial de División Andina son asumidos por la propia empresa, la cual contrata los servicios de entidades externas para la ejecución de los trabajos que implica ésta faena; es decir subcontrata los servicios de maquinaria y mano de obra para los trabajos que demanda el estabilizado del camino industrial, actuando solo como una entidad fiscalizadora a lo largo de todo el proceso.

Para la evaluación económica del proceso de estabilizado con NaCl y alternativas de productos estabilizantes, se consideraron los siguientes aspectos:

1. - El estabilizado del camino industrial se conforma por dos tipos de obras: Selección de material de empréstito y Construcción de la carpeta de rodado.

2. - La Construcción de la carpeta de rodado se divide en dos etapas:

* Tratamiento del material de empréstito (incorporación del producto estabilizante).

* Sello de la superficie de la carpeta (riego superficial con una solución de mayor concentración de producto estabilizante, o simplemente con la misma solución agua-producto con la que se trato al suelo que conforma la carpeta de rodado).

Sin embargo esta última etapa es alternativa, por ejemplo carpetas construidas con productos estabilizantes como el Cloruro de Sodio (NaCl o Sal) y Probase TX-55 no consideran sello en la superficie de la carpeta tratada.

3. - Dimensiones sujetas al proceso de estabilizado del camino industrial:

* Volumen de material de empréstito a extraer para construcción de carpeta: 25.000m^3.

* Longitud de camino estabilizar (metros lineales): 25.000 ml.

* Superficie de camino a sellar: 20.000m^2.

* Proporción de producto estabilizante (litros u kilogramos, según producto) a incorporar por metro cúbico de suelo: lts- kg/m^3.

* Proporción de producto estabilizante a incorporar por metro cuadrado de suelo (solo en caso de productos que terminen su aplicación con un sello superficial): lts-kg/m^2.

4. - Servicio de operación de estabilizado (maquinaria y mano de obra): En el análisis económico realizado para éste servicio, se tomaron tarifas equivalentes a las actualmente utilizadas por la empresa a cargo de las operaciones de estabilización de la Red Vial de Andina (Ingeniería Civil Vicente “ICV”).

Con respecto a este punto, se debe tener en consideración lo siguiente:

* La tarifa aplicada por servicio de operación de estabilizado, ésta medida en horas de trabajo por equipo, metros lineales de carpeta de rodado estabilizada, y metros cúbicos de material seleccionado. Además en ésta tarifa se entenderán incluidos costos por conceptos de operación, mantención, reparaciones y repuestos, incluidos neumáticos y otros componentes desgastables, así como gastos por acondicionamiento regular del equipo y otros gastos por conceptos de bonos he incentivo del operador del equipo.

* La tarifa de operación de estabilizado aplicada por la empresa que entrega éste servicio y utilizada para la presente evaluación económica, se obtiene de la siguiente manera: Andina contrata el servicio de operación de estabilizado para toda su Red Vial, la que se compone por el Camino Industrial y el Camino Mina Rajo Abierto; éste servicio se paga por metro cúbico para extracción de material y en metro lineal para la estabilización de la carpeta de rodado. En consecuencia para determinar el costo que implica el proceso de estabilización de cada una de estas subdivisiones de la Red Vial de Andina, se estiman todos los trabajos a realizar, maquinaria a utilizar y horas de trabajo requerida por obra y se evalúa como un solo camino, obteniéndose de esta manera un tarifa estándar por metro cúbico ($/m^3) y metro lineal ($/ml) de material extraído y de carpeta estabilizada, el cual se aplica a cada camino según su longitud y volumen de material requerido.

Mayor información ver Anexo 5 Ítem 5.1. Análisis de precios por servicio de maquinaria participante en obra de estabilizado de la red vial de División Andina.

5. - En el análisis económico de estabilizar el camino industrial con Cloruro de sodio, se enuncian dos casos:

Caso 1: Costo directo de estabilizar el camino industrial con NaCl.

Caso 2: Costo global ($ directo + $ indirecto) de estabilizar el camino industrial con NaCl.

En el primer caso se entiende por costo directo del estabilizado del camino, al valor que involucra puntualmente el proceso de selección de material y construcción de la carpeta de rodado, es decir costo por servicio de maquinaria (incluye mano de obra) y costo por producto estabilizante.

En el segundo caso se entiende por costo global del estabilizado del camino, al valor que involucra tanto el costo directo del estabilizado (caso 1) como el costo indirecto que genera éste; es decir, es el costo por el proceso de estabilizado, más el costo que genera el camino

posterior a su estabilización, puntualmente el costo asociado por corrosión que provoca la sal en la infraestructura de los equipos de transporte del personal de Andina (buses JM).

El objetivo de presentar éste segundo caso reside en dar a conocer con mayor precisión el valor que implica el estabilizado con NaCl al considerar la incidencia económica que genera la sal por costos asociados a efectos corrosivos, costo que aunque no incide directamente en el proceso de estabilizado, es agregado al costo por mantención de los equipos que considera la empresa que entrega éste servicio (buses JM); valor que es absorbido finalmente por Andina a través del contrato por Servicio de transporte de su personal.

6. - En el análisis económico de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes, se enuncian dos casos:

Caso 1: De considerar más de una dosificación de producto estabilizante según tipo de suelo y tramo a tratar.

Caso 2: De considerar una dosificación de producto estabilizante estándar.

Estos dos casos están basados en las proporciones de productos estabilizantes utilizados en pruebas in-situ (capítulo 5 punto 5.a.7).

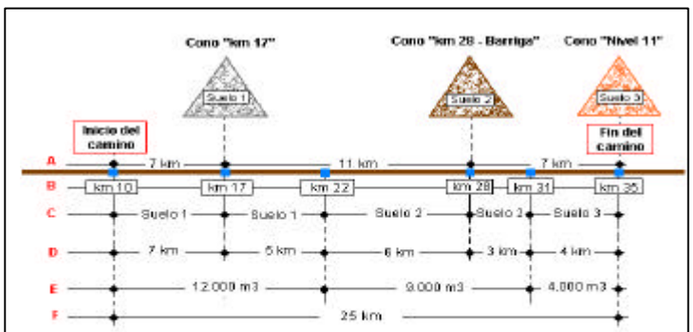
En el primer caso se considero por cada alternativa de producto estabilizante, la dosificación necesaria (lts-kg/m^3) para tratar tres suelos de diferentes características (los ensayados en pruebas in-situ), proyectados para cubrir distintos tramos del estabilizado del camino industrial. El criterio utilizado para determinar la longitud del tramo a tratar según tipo de suelo y proporción de producto estabilizante corresponde al siguiente:

La distribución de los suelos a acordonar a lo largo de la longitud total del camino a estabilizar, dependerá de los siguientes factores:

- Número de Conos con los que cuenta la División para el proceso de estabilizado.
- Ubicación y distancia entre Conos participantes en el proceso de estabilizado.
- m^3 con los que cuenta cada Cono y si estos son suficientes para el tramo a cubrir.
- Distancia de traslado del suelo al sector acordonar desde el Cono más cercano.
- Topografía del tramo que presenta el trayecto por el cual será trasladado el suelo a acordonar: Según el criterio que se utilizará para la distribución de los suelos a acordonar entre dos Conos cada uno deberá cubrir la mitad de la distancia que los separa, considerando a demás que un camión tolva cargado con 15m^3 de material, tanto de subida como de bajada por pendientes y curvas propias que presenta el Camino Industrial,

demanda un tiempo de traslado del material prácticamente similar; en tanto un camión cargado con ese tonelaje consumirá más combustible de subida que de bajada, aumentando el costo del traslado del material para el estabilizado; por consiguiente con el fin de optimizar el proceso de traslado del suelo a acordonar, entre dos conos, el que se encuentre más arriba cubrirá la mitad de la distancia que los separa más ½ km que le correspondería cubrir al cono de más abajo. Según lo expuesto en los puntos anteriores, la distribución propuesta de los suelos a acordonar para el estabilizado del camino industrial es la siguiente

:



A: Distancia entre el punto de inicio del camino a estabilizar y conos participantes en el proceso.
B: Kilometraje establecido por Andina para el Camino Industrial.
C: Tipo de suelo a acordonar por tramo.
D: Longitud del cordón según tipo de suelo.
E: m^3 de tierra a acordonar por tramo.
F: Longitud total del tramo a acordonar.

En tanto en el segundo caso se considera por cada alternativa de producto estabilizante, solo una proporción de producto (lts-kg/m^3) para tratar los 25.000m^3 de suelo que demanda el estabilizado del camino industrial, es decir se considera una dosificación de producto estabilizante estándar. La proporción de producto escogida corresponde a la mayor dosificación de producto estabilizante utilizada por cada alternativa en pruebas in-situ. El criterio utilizado para escoger esta dosificación corresponde a aquella cantidad de producto que sirva para tratar los tres suelos con los que cuenta la División para el proceso de estabilizado. El objetivo de presentar éste 2do caso radica en dar a conocer una alternativa que haga del proceso de estabilizado del camino industrial con productos estabilizantes alternativos, una obra que requiera menos control operativo, es decir mas censillo, más viable, en conjunto de la incidencia económica que implica el considerar esta opción.

7. - El análisis económico realizado tanto al cloruro de sodio como a alternativas de productos estabilizantes refleja el valor anual que demanda o demandaría (de tomar algún producto alternativo en reemplazo del actualmente utilizado por Andina) el estabilizado del camino industrial.

6. b.- <u>Costo del estabilizado con Cloruro de Sodio</u>

Tabla 6.b.1. Análisis de precios por servicio de operación en obras de estabilizado con NaCl.

Precio unitario por servicio de cada equipo participante en obras de estabilizado			
Selección de material Camino Industria			
Equipos	[m^3]	[$/$m^3$] ⊗	Valor Total [$]
Excavadora	25.000	97,28	2.432.000
Cargador frontal modelo 966F	25.000	332,55	8.313.750
Camión Tolva [15m^3]	25.000	218,85	5.471.250
Sub-Total		680	16.999.750
Construcción de carpeta Camino Industrial			
Equipos	[ml]	[$/ml] ⊗	Valor Total [$]
Excavadora	25.000	62,77	1.569.250
Cargador frontal tipo 966F	25.000	134,09	3.352.250
Camión Tolva [15m^3]	25.000	399,78	9.994.500
Motoniveladora CAT	25.000	765,35	19.133.750
Camión aljibe [20m^3]	25.000	141,19	3.529.750
Camión esparcidor de sal	25.000	76,99	1.924.750
Rodillo CAT CS-533 C [7ton]	25.000	93,15	2.328.750
Sub-Total		1.673,32	41.833.000

⊗: La tarifa de operación aplicada incluye horas de trabajo por equipo, costos por conceptos de operación, mantención, reparaciones y repuestos, incluidos neumáticos y otros componentes desgastables, así como gastos por acondicionamiento regular del equipo y otros gastos por conceptos de bonos he incentivo del operador del equipo.

Tabla 6.b.2. Costo total por servicio de operación en proceso de estabilizado con NaCl.

Costo total por servicio de maquinarias en obra de estabilizado						
Selección de material			Construcción de carpeta			Obra completa de estabilizado
[m^3/año]	[$/$m^3$]	Valor Total [$]	[ml/año]⊗	[$/ml]⊗	Valor Total [$]	**Valor Total [$]**
25.000	680	**16.999.750**	25.000	1.673	**41.833.000**	**$ 58.832.750**

Tabla 6.b.3. Costo del NaCl según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado.

Valor del producto estabilizante requerido para construcción de carpeta de rodado									
Producto estabilizante	Carpeta de rodado		Proporción de producto por m^3 y m^2 de suelo		cantidad de estabilizante requerido en etapas de construcción de carpeta		cantidad total de estabilizante requerido en construcción de carpeta	[B] Precio por kilogramo de estabilizante [$]	**Valor total** de producto requerido en el proceso de estabilizado para 25km [$]
	Material a tratar (m^3)	Superficie a sellar (m^2)	Kg/m^3	Kg/m^2	Tratamiento del suelo (kg)	[A] adicional por curvas(kg)			
NaCl	25.0000	-	60	-	1.500.000	150.000	1.650.000	26,49	**43.708.500**

A: Se agrega un 10% del total de la sal que se ocupa en el estabilizado, debido a que en las curvas se utiliza un porcentaje mayor de NaCl.

B: Este valor corresponde al costo del producto puesto en obra es decir incluye el traslado del producto al lugar de trabajo.

Tabla 6.b.4. Costo indirecto de estabilizar el camino industrial con NaCl.

Costo por daños a la infraestructura de vehículos a causa de los efectos corrosivos de la sal			
Descripción	N° de equipos	Costo Unitario Anual	**Costo Total Anual**
Buses JM (empresa encargada del traslado del personal de Andina)	18	13.000.000	**234.000.000**

Fuente: Alvino Rojas, Ingeniero Mecánico, Empresa de transporte Buses JM.

Caso 1: Costo directo de estabilizar el camino industrial con NaCl.

Tabla 6.b.5. Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl-Caso1

Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl			
Costo por Servicio de maquinaria [$]	Costo por Producto Estabilizante [$]	Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo [$/m^3]	**Valor Total** Estabilizado del Camino (25 km)
58.832.750	43.708.500	4.102	**$ 102.541.250**

Caso 2: Costo global de estabilizar el camino industrial con NaCl.

Tabla 6.b.6. Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl-Caso 2

Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl			
Costo Directo (Proceso de estabilizado)	Costo Indirecto (daño a vehículos por corrosión)	Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo [$/m^3]	**Valor Total** Camino estabilizado (25 km)
102.541.250	234.000.000	13.462	**$ 336.541.250**

6. b.1. - <u>Costo comparativo entre el valor directo y valor global del estabilizado del camino industrial con cloruro de sodio</u>

Tabla 6.b.1.1. Diferencia entre el valor directo y valor global del estabilizado del camino industrial con NaCl.

Diferencia de Costo entre el valor directo y valor global del estabilizado con NaCl					
Descripción	Valor del estabilizado por metro cúbico de suelo		Valor Total estabilizado del camino (25 km)		
	Valor [$/m^3]	Diferencia de costo [$/m^3]	Valor Total [$]	Diferencia de costo	
				$	%
Caso 1: Costo directo	4.102		102.541.250		
Caso 2: Costo global	13.462	**+9.360**	336.541.250	**+ 234.000.000**	**+228**

<u>Interpretación de tabla</u>: El costo global del estabilizado con NaCl por m^3 de suelo es de $ 13.462, valor que sobrepasa al costo directo del estabilizado por m^3 de suelo en $ 9.360. En tanto el costo global del estabilizado para 25km, es de $ 336.541.250, monto que excede el costo directo que demanda el estabilizado para 25km en $ 234.000.000, equivalente a un 228% sobre el valor del estabilizado según costo directo.

6.c. - Costo del estabilizado con alternativas de productos químicos

Tabla 6.c.1. Análisis de precios por servicio de operación en obras de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes.

Precio unitario por servicio de cada equipo participante en obras de estabilizado			
Selección de material Camino Industria			
Equipos	[m^3/año]	[$/$m^3$] ⊗	Valor Total [$]
Excavadora	25.000	97,28	2.432.000
Cargador frontal modelo 966F	25.000	332,55	8.313.750
Camión Tolva [15m^3]	25.000	218,85	5.471.250
Sub- Total		680	16.999.750
Construcción de carpeta Camino Industrial			
Equipos	[ml/año]	[$/ml]⊗	Valor Total [$]
Excavadora	25000	62,77	1.569.250
Cargador frontal tipo 966F	25000	134,09	3.352.250
Camión Tolva [15m^3]	25000	399,78	9.994.500
Motoniveladora CAT	25000	765,35	19.133.750
Camión aljibe [20m^3]	25000	141,19	3.529.750
Camión esparcidor de sal			
Rodillo CAT CS-533 C [7ton]	25000	93,15	2.328.750
Sub- Total		1.596,33	39.908.250

Tabla 6.c.2. Costo total por servicio de operación en proceso de estabilizado con alternativas de productos químicos.

Costo total por servicio de maquinarias en obra de estabilizado						
Selección de material			Construcción de carpeta			Obra completa de estabilizado
[m^3/año]	[$/$m^3$]	Valor Total [$]	[ml/año]⊗	[$/ml]⊗	Valor Total [$]	**Valor Total [$]**
25.000	680	**16.999.750**	25.000	1.596	**39.908.250**	**49.948.170**

⊗: La tarifa de operación aplicada incluye horas de trabajo por equipo, costos por conceptos de operación, mantención, reparaciones y repuestos, incluidos neumáticos y otros componentes desgastables, así como gastos por acondicionamiento regular del equipo y otros gastos por conceptos de bonos he incentivo del operador del equipo.

Caso 1: De considerar más de una dosificación de producto estabilizante según tipo de suelo y tramo a tratar.

Tabla 6.c.3. Costo de productos estabilizantes alternativos según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado - Caso 1.

Valor del producto estabilizante requerido para construcción de carpeta de rodado											
Producto estabilizante	❶ (km)	Carpeta de rodado		❷Proporción de producto por m^3 y m^2 de suelo		Cantidad de estabilizante requerido en etapas de construcción de carpeta		cantidad total de producto requerido en construcción de carpeta	❸ Precio por Lts-Kg de estabilizante [$]	**Valor total** de producto requerido en el proceso de estabilizado	
		Material a tratar (m^3)	Superficie a sellar (m^2)	Lt-Kg/m^3	Lts-Kg/m^2	Tratamiento del suelo (Lts-Kg)	Sello de carpeta (Lts-Kg)			Por suelo y tramo[$]	Para 25 km [$]
TZ-11x											
Suelo 1	12	12.000	96.000	0,06	0,001	720	96	816		42.935.472	
Suelo 2	9	9.000	72.000	0,084	0,001	756	72	828	52.617	43.566.876	**105.865.404**
Suelo 3	4	4.000	32.000	0,084	0,001	336	32	368		19.363.056	
PSD											
Suelo 1	12	12.000	96.000	7,48	0,02	89.760	1.920	91.680		45.656.640	
Suelo 2	9	9.000	72.000	14,2	0,02	127.800	1.440	129.240	498	64.361.520	**122.926.320**
Suelo 3	4	4.000	32.000	6,32	0,02	25.280	640	25.920		12.908.160	
PZ-11X											
Suelo 1:	12	12000	96.000	0,02	0,0005	240	48	288		41.916.960	
Suelo 2	9	9000	72.000	0,016	0,0005	144	36	180	145.545	26.198.100	**84.416.100**
Suelo 3	4	4000	32.000	0,024	0,0005	96	16	112		16.301.040	
DB-500											
Suelo 1	12	12000	96.000								
DB 500				0,576	0,013	6.912	1.248	8.160	8.000	65.280.000	
CSS1				0,644	0,0145	7.728	1.392	9.120	225	2.052.000	
Suelo 2	9	9000	72.000								**144.330.000**
DB 500				0,508	0,0115	4.572	828	5.400	8.000	43.200.000	
CSS1				1,292	0,0285	11.628	2.052	13.680	225	3.078.000	
Suelo 3	4	4000	32.000	0,808	0,019	3.232	608	3.840	8.000	30.720.000	
PZ-22X											
Suelo 1	12	12.000	96.000	0,008	0,0005	96	48	144		11.208.240	
Suelo 2	9	9.000	72.000	0,024	0,001	216	72	288	77.835	22.416.480	**52.305.120**
Suelo 3	4	4.000	32.000	0,052	0,001	208	32	240		18.680.400	
TX-55											
Suelo 1	12	12.000	96.000	0,52		6.240		6.240		30.576.000	
Suelo 2	9	9.000	72.000	0,52		4.680		4.680	4.900	22.932.000	**63.700.000**
Suelo 3	4	4.000	32.000	0,52		2.080		2.080		10.192.000	

❶: Tramo a estabilizar según tipo de suelo (km). ❷: Rendimiento del producto según pruebas in-situ (Ver Anexo 5 Ítem 5.2.). ❸: Costo del producto puesto en obra es decir incluye el traslado del producto al lugar de trabajo.

Caso 2: De considerar una dosificación de producto estabilizante estándar.

Tabla 6.c.4. Costo de productos estabilizantes alternativos según lo requerido para elaboración de carpeta de rodado - Caso 2.

Valor del producto estabilizante requerido para construcción de carpeta de rodado										
Producto estabilizante		Carpeta de rodado		❶ Proporción de producto a utilizar por m^3 y m^2 de suelo		cantidad de estabilizante requerido en etapas de construcción de carpeta		cantidad total de producto requerido en construcción de carpeta (lts-Kg)	❷ Precio por Lts-Kg de estabilizante [$]	**Valor total** de producto requerido en el proceso de estabilizado [$]
		Material a tratar (m^3)	Superficie a sellar (m^2)	Lt-Kg/m^3	Lts-Kg/m^2	Tratamiento del suelo (Lts-Kg)	Sello de la carpeta (Lts-Kg)			
TZ-11x		25.0000	20.000	0,084	0,001	2.100	20	2.120	52.617	**111.548.040**
PSD		25.0000	20.000	14,2	0,02	355.000	400	355.400	498	**176.989.200**
PZ-11X		25.0000	20.000	0,024	0,0005	600	10	610	145.545	**88.782.450**
DB-500	DB-500 + CSS1	25.0000	20.000	0,508 1,292	0,0115 0,0285	12.700 32.300	230 570	12.930 32.870	8.000 225	103.440.000 7.395.750 **110.835.750**
	DB-500			0,808	0,019	20.200	380	20.580	8.000	**164.640.000**
PZ-22X		25.0000	20.000	0,052	0,001	1.300	20	1.320	77.835	**102.742.200**
TX-55		25.0000	20.000	0,52		13.000	-	13.000	4.900	**63.700.000**

❶: Rendimiento del producto según pruebas in-situ (Ver Anexo 5 Ítem 5.3).

❷: Este valor corresponde al costo del producto puesto en obra es decir incluye el traslado del producto al lugar de trabajo.

Caso 1: De considerar más de una dosificación de producto estabilizante según tipo de suelo y tramo a tratar.

Tabla 6.c.5. Costo total de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes - Caso 1.

Costo de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes					
Producto estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria [$]	Costo por Producto Estabilizante [$]	Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo [$/m^3]	**Valor Total** Estabilizado del camino (25km)
TerraZyme (TZ-11X)		49.948.170	105.865.404	6.233	**$ 155.813.574**
PennzSuppress (PSD)		49.948.170	122.926.320	6.915	**$ 172.874.490**
PermaZyme (PZ-11X)		49.948.170	84.416.100	5.375	**$ 134.364.270**
Descobond 500 (DB-500)	DB-500 + CSS1 DB-500	49.948.170	144.330.000	7.771	**$ 194.278.170**
PZ-22X		49.948.170	52.305.120	4.090	**$ 102.253.290**
ProBase TX-55 (TX-55)		49.948.170	63.700.000	4.546	**$ 113.648.170**

Caso 2: De considerar una dosificación de producto estabilizante estándar.

Tabla 6.c.6. Costo total de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes - Caso 2.

Costo de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes					
Producto estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria [$]	Costo por Producto Estabilizante [$]	Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo [$/m^3]	**Valor Total** Estabilizado del camino (25km)
TerraZyme (TZ-11X)		49.948.170	111.548.040	6.460	**$ 161.496.210**
PennzSuppress (PSD)		49.948.170	176.989.200	9.077	**$ 226.937.370**
PermaZyme (PZ-11X)		49.948.170	88.782.450	5.549	**$ 138.730.620**
Descobond 500 (DB-500)	DB-500 + CSS1	49.948.170	110.835.750	6.431	**$ 160.783.920**
	DB-500	49.948.170	164.640.000	8.584	**$ 214.588.170**
PZ-22X		49.948.170	102.742.200	6.108	**$ 152.690.370**
ProBase TX-55 (TX-55)		49.948.170	63.700.000	4.546	**$ 113.648.170**

6. d. - Costo comparativo entre el estabilizado con cloruro de sodio y alternativas de productos químicos

Tabla 6.d.1. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 1 y alternativas de productos - Caso 1.

Diferencia de Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl y Alternativas de productos químicos									
Producto Estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria		Costo por Producto Estabilizante		Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo		Valor Total estabilizado del camino (25km)	
		Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$/m3]	Diferencia de costo [$/m3]	Valor Total [$]	Diferencia de Costo [$]
Cloruro de Sodio (NaCl)		**58.832.750**		**43.708.500**		**4.102**		**102.541.250**	
TerraZyme (TZ-11X)		49.948.170	**- 8.884.580**	105.865.404	**+ 62.156.904**	6.233	**+ 2.131**	155.813.574	· **53.272.324**
PennzSuppress'D (PSD)		49.948.170		122.926.320	**+ 79.217.820**	6.915	**+ 2.813**	172.874.490	· **70.333.240**
PermaZyme (PZ-11X)		49.948.170		84.416.100	**+ 40.707.600**	5.375	**+ 1.273**	134.364.270	· **31.823.020**
Descobond 500	DB- 500+CSS1	49.948.170		144.330.000	**+ 100.621.500**	7.771	**+ 3.669**	194.278.170	· **91.736.920**
	DB-500								
PZ-22X		49.948.170		52.305.120	**+ 8.596.620**	4.090	**- 12**	102.253.290	**287.960**
ProBase TX-55 (TX-55)		49.948.170		63.700.000	**+ 19.991.500**	4.546	**+ 444**	113.648.170	· **11.106.920**

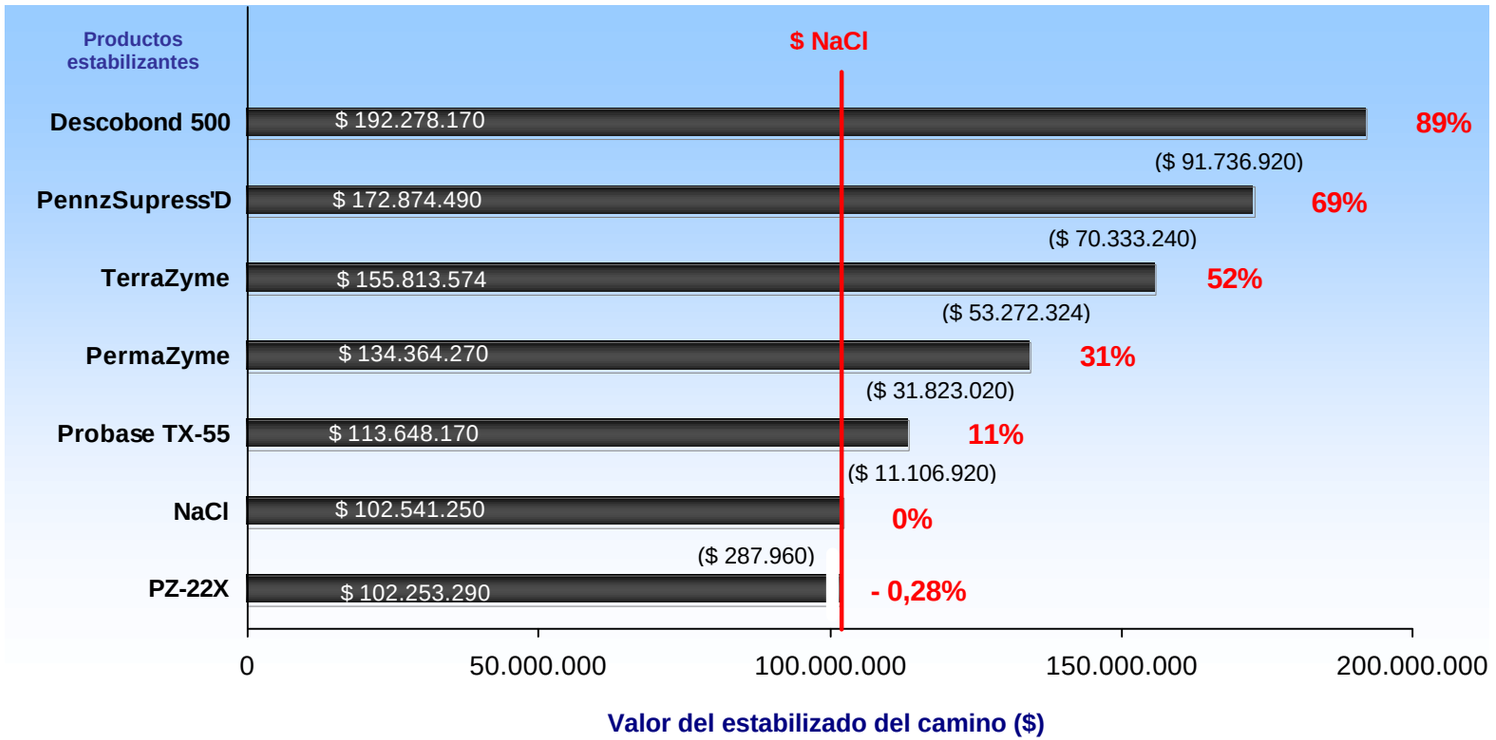
Interpretación de tabla: El costo por servicio de maquinaria para el proceso de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes es menor en $ 8.884.580 con respecto al servicio demandado por el estabilizante NaCl. En cuanto al costo del producto estabilizante, todas las alternativas de productos químicos presentan mayor costo que el NaCl; por ejemplo Probase TX-55 sobrepasa el valor del Cloruro de Sodio en $ 19.991.500. Con respecto al valor que presenta el estabilizado por metro cúbico (m^3) cuyo concepto incluye tanto el costo por servicio de maquinaria como el costo por el producto estabilizante, todas las alternativas de productos químicos con excepción de PZ-22X (se compensa por el excedente que presenta el NaCl en el costo por servicio de maquinaria) demandan mayor costo que el Cloruro de Sodio por ejemplo PSD excede el valor por m^3 de suelo estabilizado con NaCl en $ 2.813. Este último valor directamente proporcional al Costo total del estabilizado, refleja la tendencia antes descrita es decir todas las alternativas de productos químicos, con acepción de PZ-22X, superan el valor que implica estabilizar el camino industrial con NaCl, por ejemplo Descobond 500 excede el valor demandado por el estabilizado del camino con Cloruro de Sodio en $ 91.736.920, en tanto el estabilizado del camino con PZ-22X es inferior al costo del estabilizado con el Cloruro de Sodio en $ 287.960.

Tabla 6.d.2. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 1 y alternativas de productos - Caso 2.

Diferencia de Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl y Alternativas de productos químicos									
Producto Estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria		Costo por Producto Estabilizante		Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo		Valor Total Estabilizado del camino (25km)	
		Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$/m3]	Diferencia de costo [$/m3]	Valor Total [$]	Diferencia de Costo [$]
Cloruro de Sodio (NaCl)		**58.832.750**		**43.708.500**		**4.102**		**102.541.250**	
TerraZyme (TZ-11X)		49.948.170	**- 8.884.580**	111.548.040	+ **67.839.540**	6.460	+ **2.358**	161.496.210	+ **58.954.960**
PennzSuppress'D (PSD)		49.948.170	**- 8.884.580**	176.989.200	+ **133.280.700**	9.077	+ **4.975**	226.937.370	+ **124.396.120**
PermaZyme (PZ-11X)		49.948.170	**- 8.884.580**	88.782.450	+ **45.073.950**	5.549	+ **1.447**	138.730.620	+ **36.189.370**
Descobond 500	DB-500+CSS1	49.948.170	**- 8.884.580**	110.835.750	+ **67.127.250**	6.431	+ **2.329**	160.783.920	+ **58.242.670**
	DB-500	49.948.170	**- 8.884.580**	164.640.000	+ **120.931.500**	8.584	+ **4.482**	214.588.170	+ **112.046.920**
PZ-22X		49.948.170	**- 8.884.580**	102.742.200	+ **59.033.700**	6.108	+ **2.006**	152.690.370	+ **50.149.120**
ProBase TX-55		49.948.170	**- 8.884.580**	63.700.000	+ **19.991.500**	4.546	+ **444**	113.648.170	+ **11.106.920**

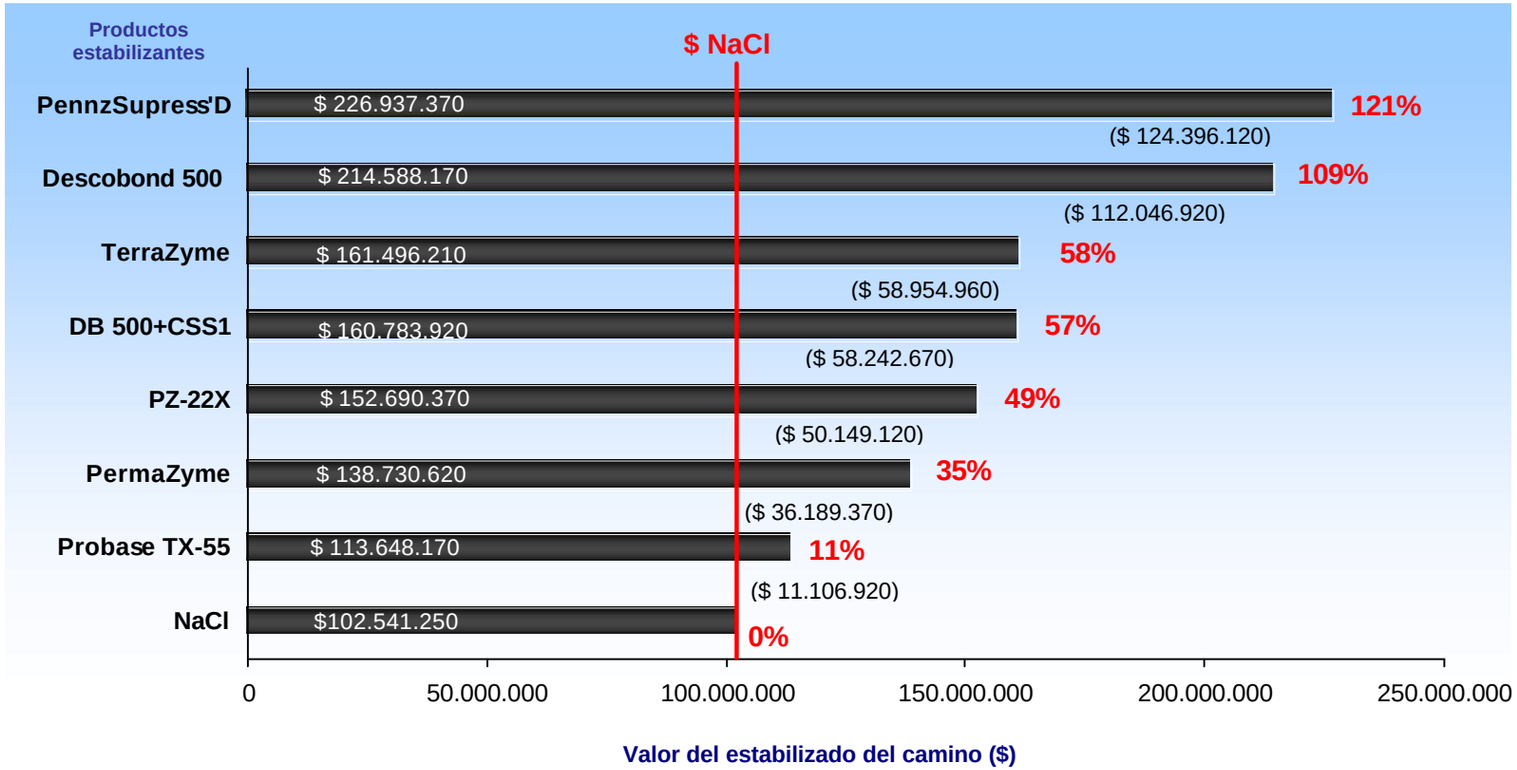
Interpretación de tabla: El costo por servicio de maquinaria para el proceso de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes es menor en $ 8.884.580 con respecto al servicio demandado por el estabilizante NaCl. En cuanto al costo del producto estabilizante, todas las alternativas de productos químicos presentan mayor costo que el NaCl; por ejemplo TerraZyme sobrepasa el valor del Cloruro de Sodio en $ 67.839.540. Con respecto al valor que presenta el estabilizado por metro cúbico (m^3) cuyo concepto incluye tanto el costo por servicio de maquinaria como el costo por el producto estabilizante todas las alternativas de productos químicos demandan mayor costo que el Cloruro de Sodio por ejemplo PZ-22X excede el valor por m^3 de suelo estabilizado con NaCl en $ 2.006. Este último valor directamente proporcional al Costo total del estabilizado, refleja la tendencia antes descrita es decir todas las alternativas de productos químicos superan el valor que implica estabilizar el camino industrial con NaCl, por ejemplo Descobond 500 excede el valor demandado por el estabilizado del camino con Cloruro de Sodio en $ 112.046.920.

Gráfico 6.d.1.Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 1 y alternativas de productos - Caso 1.



Interpretación de Grafico: El costo de estabilizar el camino industrial con PZ-22X es menor en un 0,28% ($287.960) al demandado con NaCl; en tanto el costo del estabilizado del camino con el resto de las alternativas de productos estabilizantes es mayor que el generado con NaCl, por ejemplo, el estabilizado del camino con Probase TX-55 presenta un costo mayor que el estabilizado con NaCl en un 11% ($ 11.106.920), PermaZyme asciende el costo con respecto al NaCl en un 31% ($ 31.823.020), TerraZyme en un 52% ($ 53.272.324), PennzSupress en un 69% ($ 70.333.240) y finalmente Descobond 500 en un 89% ($ 91.736.920).

Gráfico 6.d. 2. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 1 y alternativas de productos - Caso 2.



Interpretación de Grafico: El costo de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes es mayor que el generado con el Cloruro de Sodio, por ejemplo, el estabilizado del camino con Probase TX-55 presenta un costo mayor que el estabilizado con NaCl en un 11% ($ 11.106.920), PermaZyme asciende el costo con respecto al NaCl en un 35% ($ 6.189.370), PZ-22X en un 49% ($ 50.149.120), Descobond 500 + CSS1 en un 57% ($ 58.242.670), TerraZyme en un 58% ($ 58.954.960), Descobond 500 en un 109% ($ 112.046.920) y finalmente PennzSupress en un 121 ($ 124.396.120).

Tabla 6.d.3. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos - Caso 1.

Diferencia de Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl y Alternativas de productos químicos										
Producto estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria		Costo por Producto Estabilizante		Costo asociado por corrosión		Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo		Valor Total Estabilizado del camino	
		Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$/m3]	Diferencia de costo [$/m3]	Valor Total [$]	Diferencia de Costo [$]
Cloruro de Sodio		**58.832.750**		43.708.500		**234.000.000**		13.462		**336.541.250**	
TerraZyme		49.948.170	**- 8.884.580**	105.865.404	**+ 62.156.904**	**0**	**-234.000.000**	6.233	**- 7.229**	155.813.574	**- 180.727.676**
PennzSuppress'D		49.948.170	**- 8.884.580**	122.926.320	**+ 79.217.820**	**0**	**-234.000.000**	6.915	**- 6.547**	172.874.490	**- 163.666.760**
PermaZyme		49.948.170	**- 8.884.580**	84.416.100	**+ 40.707.600**	**0**	**-234.000.000**	5.375	**- 8.087**	134.364.270	**- 202.176.980**
Descobond 500	DB-500 +CSS1	49.948.170	**- 8.884.580**	144.330.000	**+100.621.500**	0	**-234.000.000**	7.771	**- 5.691**	194.278.170	**- 142.263.080**
	DB-500										
PZ-22X		49.948.170	**- 8.884.580**	52.305.120	**+ 8.596.620**	0	**-234.000.000**	4.090	**- 9.372**	102.253.290	**-234.287.960**
ProBase TX-55		49.948.170	**- 8.884.580**	63.700.000	**+ 19.991.500**	0	**-234.000.000**	4.546	**- 8.916**	113.648.170	**- 222.893.080**

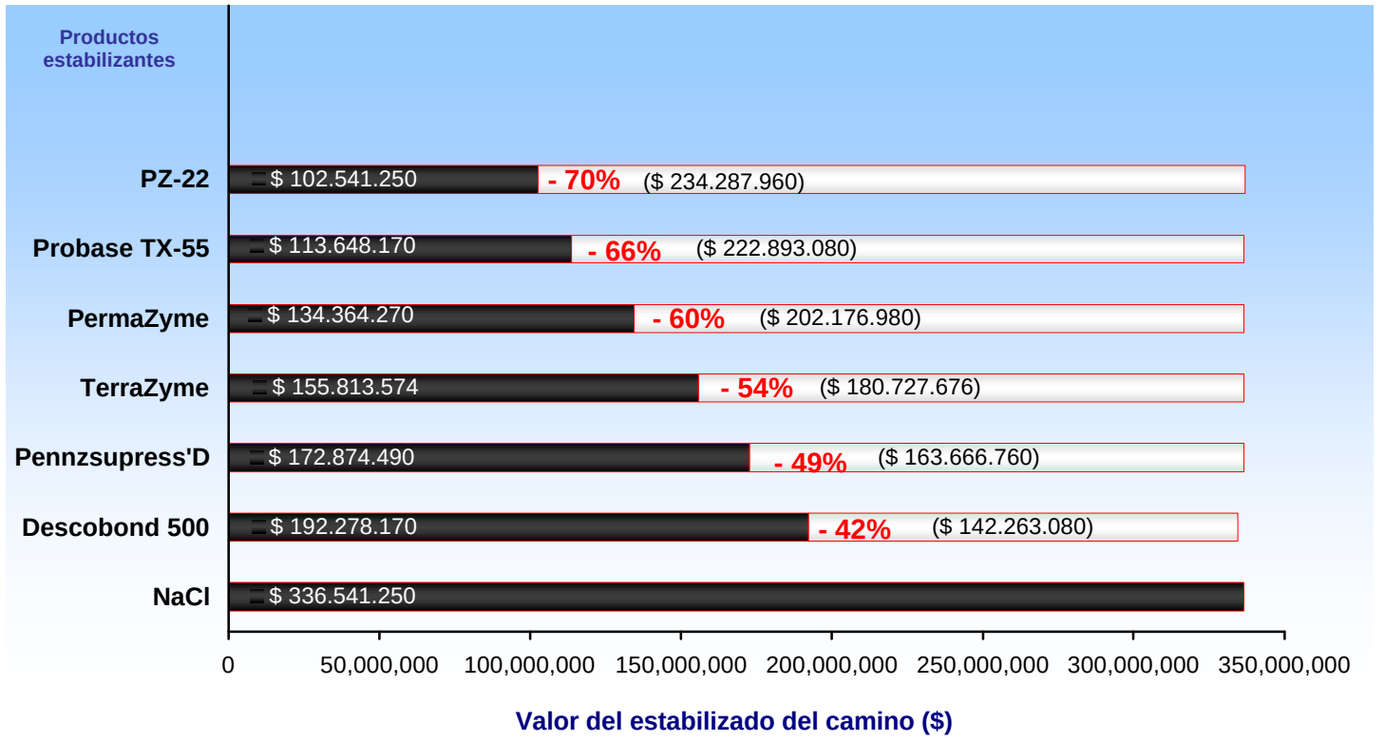
Interpretación de tabla: El costo por servicio de maquinaria para el proceso de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes es menor en $ 8.884.580 con respecto al servicio demandado por el estabilizante Cloruro de sodio. En cuanto al costo del producto estabilizante, todas las alternativas de productos químicos presentan mayor costo que el NaCl; por ejemplo TerraZyme sobrepasa el valor del Cloruro de Sodio en $ 62.156.904. Sin embargo esta situación se revierte al evaluar el costo asociado por corrosión, ya que el Cloruro de Sodio es el único producto que manifiesta este costo, por lo que productos alternativos presenta un costo inferior al demandado por el Cloruro de Sodio en $ 234.000.000. Con respecto al valor que presenta el estabilizado por metro cúbico de suelo, cuyo concepto incluye el costo por "servicio de maquinaria, producto estabilizante y efectos por corrosión", se infiere que todas las alternativas de productos demandan menor costo que el Cloruro de Sodio por ejemplo el valor por m^3 de suelo estabilizado con PSD es inferior con respecto al tratado con Cloruro de Sodio en $ 7.229. Este último valor directamente proporcional al Costo total del estabilizado, refleja la tendencia antes descrita, es decir, el Cloruro de Sodio, supera el valor que implica estabilizar el camino industrial con cualquiera de las alternativas de productos químicos, por ejemplo el estabilizado del camino con PZ-22X es inferior al costo del estabilizado con el Cloruro de Sodio en $ 234.287.960.

Tabla 6.d.4. Diferencia de costo de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos - Caso 2.

Diferencia de Costo de estabilizar el camino industrial con NaCl y Alternativas de productos químicos										
Producto estabilizantes		Costo por Servicio de maquinaria		Costo por Producto Estabilizante		Costo asociado por corrosión		Costo del estabilizado por metro cúbico de suelo		Valor Total Estabilizado del camino	
		Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$]	Diferencia de costo [$]	Valor [$/m3]	Diferencia de costo [$/m3]	Valor Total [$]	Diferencia de Costo [$]
Cloruro de Sodio		**58.832.750**		**43.708.500**		**234.000.000**		13.462		**336.541.250**	
TerraZyme		49.948.170	**- 8.884.580**	111.548.040	**+ 67.839.540**	**0**	**-234.000.000**	6.460	**- 7.005**	161.496.210	**- 175.045.040**
PennzSuppress'D		49.948.170	**- 8.884.580**	176.989.200	**+133.280.700**	**0**	**-234.000.000**	9.077	**- 4.388**	226.937.370	**- 109.603.880**
PermaZyme		49.948.170	**- 8.884.580**	88.782.450	**+ 45.073.950**	**0**	**-234.000.000**	5.549	**- 7.916**	138.730.620	**- 197.810.630**
Descobond 500	DB-500 +CSS1	49.948.170	**- 8.884.580**	**110.835.750**	**+ 67.127.250**	0	**-234.000.000**	6.431	**-7.034**	160.783.920	**- 175.757.330**
	DB-500	49.948.170	**- 8.884.580**	**164.640.000**	**+120.931.500**	0	**-234.000.000**	8.584	**-4.881**	214.588.170	**- 121.953.080**
PZ-22X		49.948.170	**- 8.884.580**	102.742.200	**+ 59.033.700**	0	**-234.000.000**	6.108	**-7.357**	152.690.370	**- 183.850.880**
ProBase TX-55		49.948.170	**- 8.884.580**	63.700.000	**+ 19.991.500**	0	**-234.000.000**	4.546	**-8.919**	113.648.170	**- 222.893.080**

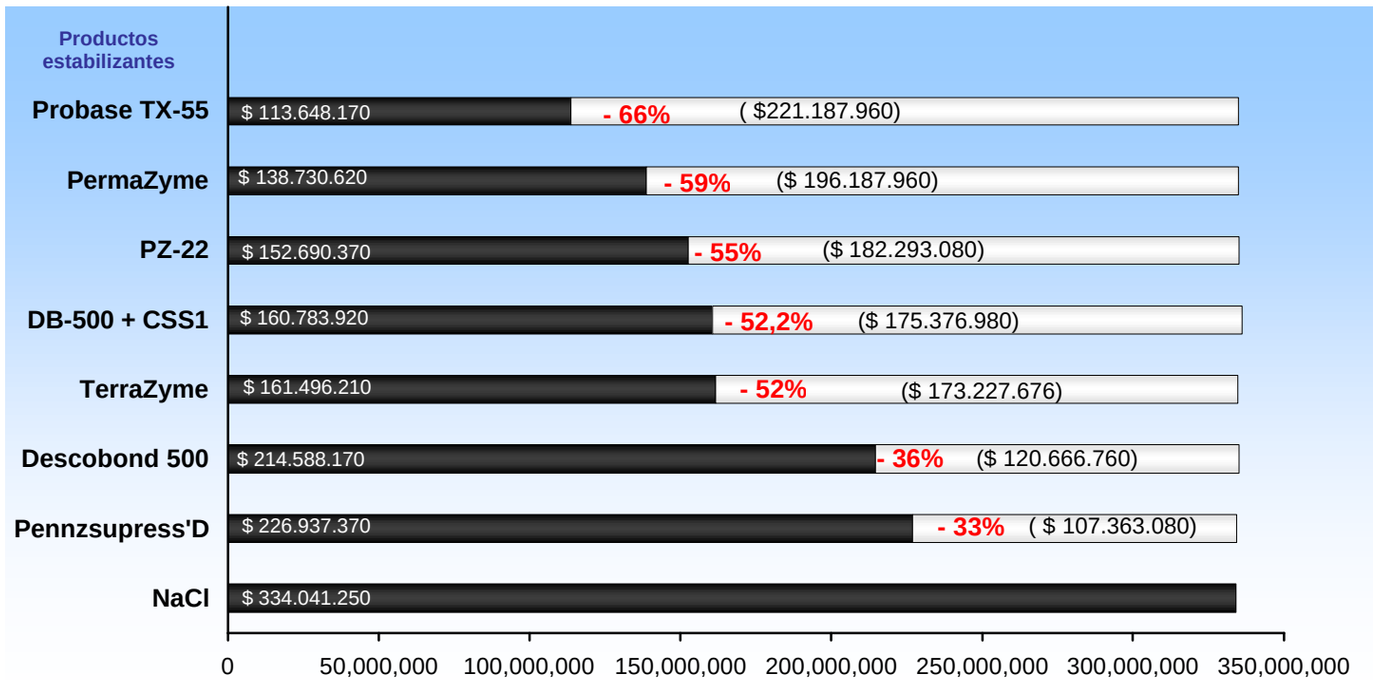
Interpretación de tabla: El costo por servicio de maquinaria para el proceso de estabilizado con alternativas de productos estabilizantes es menor en $ 8.884.580 con respecto al servicio demandado por el estabilizante Cloruro de sodio. En cuanto al costo del producto estabilizante, todas las alternativas de productos químicos presentan mayor costo que el NaCl; por ejemplo PermaZyme sobrepasa el valor del Cloruro de Sodio en $ 45.073.950; Sin embargo esta situación se revierte al evaluar el costo asociado por corrosión, ya que el Cloruro de Sodio es el único producto que manifiesta este costo, por lo que productos alternativos presenta un costo inferior al demandado por el cloruro de sodio en $ 234.000.000. Con respecto al valor que presenta el estabilizado por metro cúbico de suelo, cuyo concepto incluye el costo por "servicio de maquinaria, producto estabilizante y efectos por corrosión", se infiere que todas las alternativas de productos demandan menor costo que el Cloruro de Sodio por ejemplo el valor por m^3 de suelo estabilizado con PSD es inferior con respecto al tratado con Cloruro de Sodio en $ 4.388. Este último valor directamente proporcional al Costo total del estabilizado, refleja la tendencia antes descrita, es decir, el Cloruro de Sodio, supera el valor que implica estabilizar el camino industrial con cualquiera de las alternativas de productos químicos, por ejemplo el estabilizado del camino con TX-55 es inferior al costo del estabilizado con el Cloruro de Sodio en $ 222.893.080.

Gráfico 6.d.3. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos - Caso 1.



Interpretación de Grafico: El costo de estabilizar el camino industrial con NaCl es mayor que el demandado por el resto de productos estabilizantes, por ejemplo, el estabilizado del camino con Descobond 500 presenta un costo menor que el estabilizado con NaCl en un 42% ($ 142.263.080), PennzSupress'D declara un costo inferior al demandado con NaCl en un 49% ($ 163.666.760), TerraZyme lo hace en un 54% ($ 180.727.676), PermaZyme 11X en un 60% ($ 202.176.980), Probase TX-55 en un 66% ($222.893.080) y finalmente PZ-22X difiere con respecto al costo del estabilizado con Sal en menos un 70% ($ 234.287.960).

Gráfico 6.d. 4. Diferencia de costo porcentual de estabilizar del camino industrial con NaCl - Caso 2 y alternativas de productos - Caso 2.



Interpretación de Grafico: El costo de estabilizar el camino industrial con alternativas de productos estabilizantes es menor que el generado con el Cloruro de Sodio, por ejemplo, el estabilizado del camino con PennzSupress presenta un costo inferior que el estabilizado con NaCl en un 33% ($ 109.603.880), Descobond 500 declara un costo inferior al demandado con NaCl en un 36% ($ 121.953.080), TerraZyme es menor en un 52% ($ 175.045.040), DB-500+CSS1 en un 52,2% ($ 175.757.330), PZ-22X 11X en un 55% ($ 183.850.880), PermaZyme en un 59% ($197.810.630) y finalmente Probase TX-55 difiere con respecto al costo del estabilizado con Sal en menos un 66% ($ 222.893.080).

CAPITULO VII

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE ESTABILIZADO CON NaCl Y ALTERNATIVAS ANALIZADAS

7. a.- <u>Ventajas del sistema de estabilizado con NaCl</u>

- El NaCl o Sal es un estabilizante natural, de bajo costo, por lo que la estabilización de caminos con este producto es una solución económica como proyecto vial.
- Un camino tratado con NaCl minimiza el fenómeno producido una ves terminado el proceso de estabilizado, de piedrecillas a nivel de superficie, propias del suelo tratado a causa de una reacomodación de las partículas finas dentro de los espacios vacíos que hayan quedado en la carpeta, debido a que la Sal una ves que comienza el secado del suelo se recristaliza y rellena los huecos entre las diversas partículas del suelo, previniendo así el encogimiento de la carpeta.
- El NaCl permite retardar la evaporación de la mezcla agua-producto incorporada al suelo en el proceso de estabilizado debido a que eleva la tensión superficial del agua de amasado, otorgando un margen de tiempo mayor a las operaciones constructivas.

Tensión superficial de un líquido: es la propiedad de un líquido de oponerse a su penetración. Los átomos y moléculas en la superficie de un líquido se atraen entre sí y forman una barrera que trata de no permitir la entrada de cuerpos extraños al mismo.

- La Sal aumenta la impermeabilidad de la carpeta, con una notable disminución de la erosión causada por las aguas superficiales.
- El NaCl le proporciona a los caminos una gran densidad y estabilidad, permitiendo mejorar su resistencia a la tracción y compresión. Todo esto contribuye a tener una superficie de rodado que es capaz de soportar el paso de los vehículos sin deformarse, perder estructura, calaminarse, ni levantar polvo, manteniendo por mucho tiempo las buenas condiciones de transitabilidad.
- Caminos tratados con Sal demuestran una reducción del material fino en suspensión (polvo) de un 99%, otorgando mejor visibilidad y por ende seguridad al usuario del camino.
- El transito no se interrumpe durante la ejecución de las obra de estabilizado ni durante el periodo de fragüe de la carpeta (10 a 15 días dependiendo del clima).
- Caminos tratados con Sal demandan mantención mínima, su reparación es sencilla y económica.
- El desgaste de carpetas tratadas con Sal es lento, lo que permitirá tener siempre un camino en buenas condiciones de transito.

Alcance: Esta característica refleja el comportamiento desarrollado en climas secos.

- En la construcción de caminos, el económico costo de la Sal permite la utilización de materiales de baja capacidad de soporte.
- La Sal reduce el punto de congelamiento del suelo a nivel de superficie entregando mayor seguridad los usuarios del camino.
- La elaboración de caminos con NaCl no reviste riegos a la salud de las personas.

7. b.- <u>Desventajas del sistema de estabilizado con NaCl</u>

- Caminos tratados con Sal presentan déficit de estabilidad a la inmersión en agua: El Cloruro de Sodio (NaCl) al ser altamente soluble en agua ante eventos climáticos como lluvias persistentes, nieve y deshielos genera que a nivel de superficie de caminos tratados con este producto se comience a desarrollar el ablandamiento del sustrato (por lavado del producto) con esto la formación de lodo y perdida de estructura, provocando superficies inestables que incrementan el riesgo de deslizamiento de los vehículos.

Figura 7.b. Camino Industrial posterior a un evento climático con precipitaciones.

- Caminos tratados con Sal demandan un control absoluto del sistema de drenaje adoptado en vías: debido a la alta solubilidad de la Sal, se deberá chequear periódicamente y estrictamente después de un evento climático que desarrolle agua, bombeos, peraltes y canaletas entre otros.
- La construcción de caminos con Sal demanda además de la maquinaria típica utilizada en este tipo de obras, un camión salero (costo agregado). A esto se suma el control de tiempo del producto al interior del equipo, ya que después de 12 hrs la Sal se comienza a solidificar, dando forma a bloques que impedirán el correcto funcionamiento del camión salero.

- La disposición o almacenamiento de la Sal, por ser un material altamente corrosivo, soluble en agua y contaminante (en grandes concentraciones), deberá ser en un recinto de características constructivas especiales, es decir:

∗ Completamente cerrado, impermeable, que no permita el traspaso de la humedad ya que la Sal tendera a disolverse y posteriormente a solidificarse, formando bloques duros inutilizables para el proceso de estabilizado.

∗ Los materiales que conforman la estructura donde reside la Sal idealmente no podrán ser metales (planchas de zinc, perfiles metálicos, fierro, etc.), de ser así en forma periódica debe considerarse un tratamiento anticorrosivo con el fin de minimizar el riesgo de deterioro de piezas que debilitan la estructura.

∗ La superficie del recinto donde toma lugar la Sal deberá ser de hormigón o asfalto, por dos razones: aislar la humedad que pueda generar el suelo, he impedir la contaminación de napas subterráneas así como la posible intoxicación del habitad propia del sustrato.

Estas características constructivas generan una instalación de faena especial, quitándole simplicidad al proceso de estabilizado con Sal.

- Caminos tratados con Sal demandan vigilancia luego de terminado el proceso de estabilizado: a pesar de que el camino puede ser utilizado inmediatamente luego de terminar con la compactación de la carpeta, se deberá tomar como precaución que los vehículos no frenen bruscamente ni que aceleren de forma que estos patinen, durante el periodo que dure el fragüe de la carpeta (10 a 15 días).

- La alta proporción de Sal requerida para la estabilización de un camino, genera inconvenientes como mayor costo de transporte por traslado del insumo y mayor área de ocupación a considerar para su almacenaje.

- Caminos tratados con Sal pueden causar efectos significativos sobre el medio ambiente: El Cloruro de Sodio en altas concentraciones registra impactos que hablan de daños a la vegetación, fauna, suelo, agua superficial y agua potable. (Mayor información ver anexo 2)

- Caminos estabilizados y mantenidos con Sal, provocan un impacto negativo a los vehículos y su infraestructura debido a los efectos corrosivos que presenta el Cloruro de Sodio sobre los metales.

7. c.- <u>Ventajas del sistema de estabilizado con productos alternativos</u>

- **Ventajas comunes:**

- No cambian en absoluto el método tradicional de construcción de caminos.

- Caminos tratados con productos analizados requieren maquinaria o equipos convencionales disponibles por cualquier empresa vial privada o publica.

- Productos alternativos proporcionan a caminos un incremento de su densidad, estabilidad y resistencia, minimizando de esta manera la formación de baches, calaminas y similares.

- Caminos tratados con productos alternativos no requieren interrumpir transito vehicular.

- Caminos tratados con productos alternativos entregan gran seguridad al usuario al permitir controlar la emisión de polvo y con esto mejorar condiciones de visibilidad:

Reduce material particulado en suspensión, en mas de:					
TZ-11X	PSDplus	PZ-11X	DB-500	PZ-22X	TX-55
85%	(*)100%	90%	90%	85%	90%

(*): PSD asegura caminos 100% libres de polvo.

- Productos mejoran las propiedades de impermeabilidad de los caminos evitando de esta manera la formación de grandes cantidades de lodo y con ello superficies resbaladizas: carpetas tratadas de estar expuestas a lluvias persistentes o a grandes cantidades de agua (siempre que escurran) desarrollaran un ablandamiento paulatino y mínimo del sustrato, no provocando molestias por formación de grandes lodazales ni riesgo a los usuarios del camino por superficies jabonosas.

Ablandamiento de la superficie por lluvias persistentes :					
TZ-11X	PSD	PZ-11X	DB-500	PZ-22X	TX-55
1cm	(*) 0cm	1cm	½ cm	1cm	½ cm

(*): PSD certifica carpetas 100% impermeables: En caso de lluvias no se genera lavado del producto, eliminando la posibilidad de ablandamiento de superficies, y por tanto formación de lodo.

- La elaboración de caminos con productos alternativos no requiere de medidas de seguridad especiales: El transporte y manipulación del producto estabilizante no reviste riegos a la salud de las personas (sustancias estabilizantes estables, no contienen elementos peligrosos).

- Caminos tratados con alternativas de productos estabilizantes demandan mantención mínima, su reparación no reviste mayor complejidad y es económica.

- Caminos estabilizados con productos alternativos no generan impacto ambiental.

- Caminos tratados con productos alternativos cumplen con Normas Nacionales atribuibles.

- Caminos estabilizados con productos alternativos, no causan efectos corrosivos, otorgando con ello beneficios en cuanto a la viabilidad (facilidad y seguridad) de almacenamiento del insumo requerido para la estabilización, así como al usuario del camino, generando que no incurra en gastos por deterioro en la infraestructura de su vehículo.

- **Ventajas Particulares:**

- Caminos estabilizados con PSD:

∗ Han demostrado que facilita el resquebrajamiento y dispersión de las placas de hielo superficiales que se forman sobre el camino.

∗ Presentan una gran estabilidad a la inmersión en agua: El estabilizante se mantiene por largos periodo de tiempo sobre el sustrato, sin manifestar variabilidad en sus propiedades.

∗ Presentan imperturbabilidad volumétrica duradera: Los agentes astringentes de PSD son permanentes, eliminando toda posibilidad de expansión y contracción del suelo, excluyendo con esto efecto de piedrecillas en la superficie de la carpeta, grietas y similares.

- Caminos tratados con TZ-11X, PZ-11X, DB-500, PZ-22X y TX-55 hacen mas viable el proceso de estabilizado al demandar una proporción pequeña de producto (compuestos altamente concentrados), otorgando los siguientes benéficos:

∗ Menor costo de traslado.

∗ Menor área de ocupación a considerar para su almacenaje.

∗ Menor fuerza de trabajo para incorporar el producto al camión aljibe.

∗ Rápida dilución: Por ser un producto cuyo estado físico es líquido, su solubilidad es casi instantánea.

- Carpetas tratadas con TX-55 y DB-500 presentan un costo de mantención mínimo, debido a que estos productos estabilizantes poseen la propiedad de ser reciclables, es decir, si se remueve parte de la carpeta ya tratada, basta soltar el suelo, humedecerlo con agua, homogenizar, estirar y compactar, sin tener la necesidad de agregar nuevamente estabilizante.

7. d.- <u>Desventajas del sistema de estabilizado con productos alternativos</u>

- **Desventajas comunes:**

- Caminos tratados con productos alternativos demandan control absoluto del sistema de drenaje o desagüe adoptado en vías: A pesar de que presentan una alta resistencia a la penetración del agua, gran cantidad de esta por un largo periodo de tiempo sobre la superficie comprometerá la estabilidad del suelo provocando el ablandamiento del sustrato y con sigo la formación de lodo he incluso en sectores localizados la formación de baches o similares, por lo que se deberá chequear periódicamente y estrictamente después de un evento climático que desarrolle agua, bombeos, peraltes y canaletas entre otros.

- Elaboración de caminos con productos alternativos restringido por condiciones climáticas: Productos no puede ser utilizados antes o durante un acontecimiento de lluvia (lavado del producto).

- **Desventajas particulares:**

- Caminos tratados con PSD hacen menos viable el proceso de estabilizado por las siguientes razones:

1. Demanda una proporción importante del producto (8k/m^3), lo que incide en:

* Mayor costo de traslado por el volumen que presenta.

* Mayor área de ocupación a considerar para su almacenaje.

* Mayor fuerza de trabajo para incorporar el producto al camión aljibe (25kg/saco).

* Mayor tiempo de dilución: El producto al ser depositado en el camión aljibe tiende a decantar en el fondo del estanque requiriendo mayor tiempo para ser disuelto.

2. Inconveniencia por el estado físico que presenta el producto: Por ser un compuesto en polvo el factor viento juega en contra del personal que realiza la labor del proceso mezcla agua producto.

3. Características especiales de almacenamiento: Sensible a la humedad por lo que el recinto de almacenaje debe estar seco, protegido de agua y/o lluvias, es decir completamente aislado.

- Productos estabilizantes TZ-11X, PZ-11X, DB-500, PZ-22X y TX-55 pierden eficacia al estar expuesto a ciertas temperaturas, situación que le quita simplicidad al proceso, por las siguientes razones:

Temperaturas criticas

TZ-11X	PZ-11X	DB-500	PZ-22X	TX-55
T°* 55°C	T°* 50°C	T°** 0 °C; T°* 50°C	T°* 49°C	T°** 0 °C; T°* 49°C

T°: temperaturas mayores o iguales. / T°**: temperaturas menores o iguales.*

1. Características especiales de almacenamiento: compuestos sensibles a temperaturas extremas por lo que el recinto donde residen debe cumplir con características constructivas capaces de aislar el producto de temperaturas que comprometan su efectividad.
2. Cuidados adicionales de exposición a T° criticas en el traslado del producto.
3. Utilización del producto restringida por condiciones de temperaturas.

- En el proceso de estabilización de caminos con DB-500 el rendimiento operativo se ve disminuido: Se deberá trabajar en unas de las vías ya que no es recomendable el tráfico sobre el suelo durante su tratamiento.
- Caminos tratados con TZ-11X, PSD, PZ-11X, DB-500 y PZ-22X demandan vigilancia luego de terminado el proceso de estabilizado: A pesar de que el camino puede ser utilizado inmediatamente luego de terminada la compactación de la carpeta, se deberá tomar como precaución para obtener resultados óptimos las siguientes razones:

Posterior al proceso de estabilizado con:
* TZ-11X: Tráfico liviano durante 24 horas, bajo condiciones normales de tiempo.
* PSD: Velocidad de circulación máx. entre 40 a 50km/hr durante 2 horas.
* PZ-11X: Velocidad de circulación baja durante 24 a 72 horas.
* DB-500: Velocidad de circulación máx. 30km/hr durante 24 a 48 horas.
* PZ-22X: Interrumpir trafico y cerrar vías en caso de lluvias.

- Proceso de estabilizado con productos alternativos presenta restricciones para obtener resultados óptimos: Productos establecen limitantes en cuanto a los materiales que participan en el proceso de estabilizado, específicamente:

* TZ-11X: agua de disolución y características en el suelo a tratar.
* PSD: agua de disolución, características del suelo a tratar y condiciones climáticas.
* PZ-11X: agua de disolución, características del suelo a tratar, temperaturas de trabajo, condiciones climáticas.
* DB-500: agua de disolución y temperaturas de trabajo.
* PZ-22X/TX-55: agua de disolución, características del suelo a tratar, temperaturas de trabajo.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

En cuanto al cloruro de sodio:

- Para determinar el daño real que provoca la sal utilizada en camino industrial sobre la salud de las personas así como sobre los recursos naturales expuestos (suelo, aire y agua), según lo dictaminado por la Unidad Ambiental de Andina, el cloruro de sodio deberá someterse al test de TCLP, Reactividad, Corrosividad, Monitoreo de calidad del aire y Monitoreo de calidad del agua. En consecuencia debido a que el NaCl utilizado en el camino industrial carece de todos estos ensayos se infiere que el actual producto estabilizante empleado en el estabilizado del camino en cuestión no da cumplimiento a la norma ISO 14.001, uno de los tantos requisitos que debe cumplir el sistema de estabilizado del camino industrial según exigencias de Andina.
- Según estudio realizado sobre la incidencia del cloruro de sodio en las aguas del Río Blanco se infiere que a mayor precipitaciones caídas sobre el camino industrial mayor es la concentración del cloruro en las aguas del Río, por tanto debido a que las precipitaciones se concentran en época de invierno, es durante éste periodo cuando el Río registra mayor incidencia por parte de la sal ya que la proporción de cloruro sobrepasa el valor admisible por norma (NCh 1333). Sin embargo debido a que estos argumentos provienen de datos estimativos y para un consumo de sal inferior al actualmente utilizado, solo nos permiten hacernos una idea del posible impacto que generaría la sal en las aguas del Río. Por consiguiente para determinar la verdadera incidencia de la sal sobre las aguas del Río Blanco, este deberá ser sometido a un monitoreo de calidad del agua, el cual según estudio estimativo tendría que hacerse en invierno, en el mes que se registre por estadística de años anteriores, el mayor numero de eventos climáticos con precipitaciones.
- La estabilización de suelos con NaCl, permite su aplicación en un sin números de situaciones, siendo la más relevante la que dice relación con el aspecto climático, ya que esto puede condicionar la eficiencia del producto (altamente soluble en agua), lo que puede llevar a obtener malos resultados.

En cuanto a estudios preliminares:

La eficiencia que presente la estabilización de suelos mediante métodos químicos, dependerá del diseño y construcción que se haya adoptado, es decir, el procedimiento empleado desde la extracción del material de empréstito hasta la compactación aplicada a la carpeta de rodado, pueden llegar a poner en cuestionamiento la vida útil programada para

una carpeta tratada, por consiguiente, estudios preliminares como caracterización de los suelos participantes del proceso de estabilizado, registro de condiciones climáticas, exigencia de mantenimiento, características y frecuencia de tráfico a los se expone el camino a tratar, así como el análisis de comportamiento y resistencia de la mezcla suelo-producto a utilizar en el proceso de estabilizado, se tornan totalmente indispensable para llevar a buen termino y con resultados esperados el sistema de estabilizado adoptado.

En cuanto a productos estabilizantes alternativos:

- Los productos analizados son clasificados como inocuos ante la salud y el ambiente según normas he entidades reguladoras internacionales, sin embargo el efecto real que puedan provocar estos productos deberá ser medido en el sitio particular donde sean empleados, por lo que productos estabilizantes alternativos están obligados a someterse a ensayos ambiéntales decretados por la Unidad Ambiental de Andina. En consecuencia debido a que productos alternativos no presentan pruebas ambientales, estos no dan cumplimiento a la norma ISO 14.001 requisito a cumplir por el sistema de estabilizado del camino industrial según exigencias de Andina.
- Entre productos analizados y según datos entregada por fabricantes, el compuesto que presenta mejor propiedades de desempeño (Capacidad de carga, Comportamiento ante cambio de humedad, Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo, Control de la emisión de polvo y Estabilidad bajo agua), es PennzSupress'D. Características de comportamiento que son consecuente con resultados obtenidos en pruebas in-situ.

En cuanto pruebas in-situ:

De las carpetas de pruebas realizadas en el camino industrial de Andina con alternativas de productos estabilizantes, la que reflejo mejor comportamiento fue la tratada con PennzSupress'D (PSD), manteniendo a través del tiempo sus características y propiedades físicas, conservando su estabilidad frente a situaciones como tráfico vehicular y precipitaciones.

En tanto, del comportamiento reflejado por carpetas tratadas con el resto de productos estabilizantes, se infiere, que es posible que en los resultados obtenidos (baches, disgregación de material, formación de calamina), hayan incidido los siguientes aspectos:

→ En cuanto a características topográficas y procedimiento de operación:

1. Mal estado de la superficie base - sector 2 “Km. 28”: Probablemente en el resultado reflejado por carpetas emplazadas en éste tramo, incidió la mala calidad de la superficie sobre la cual tomaron posición las carpetas de prueba, ya que ésta presentaba gran cantidad de baches, lo cual puede haber afectado su posterior desempeño, ya que una base en malas condiciones estructurales, posiblemente produzca que la compactación aplicada a la carpeta estabilizada se torne deficiente, generándose una descompensación del espesor de la carpeta.

2. Drenaje insuficiente - sector 2 “km 28”: Las carpetas ubicadas en este sector sufren un grave problema de drenaje debido a un bombeo insuficiente y a una zanja carente de profundidad y pendiente, lo cual genero que luego de precipitaciones se formaran charcos y consigo el ablandamiento de la carpeta estabilizada, dando origen a baches he irregularidades.

3. Exceso de humedad a nivel de cota rasante: Debido a que inmediatamente después de terminado el proceso de compactación, las carpetas fueron selladas con un riego de mezcla agua-producto; es posible que se haya generado una saturación o exceso de humedad a nivel cota superficie, las que al quedar inmediatamente expuestas al paso vehicular, probablemente experimentaron algún grado de perdida de material y consigo inestabilidad.

→ En cuanto a Diseño:

4. carpetas tratadas con TerraZyme (TZ-11X):

- Suelos con los que se estructuraron carpetas de prueba no cumplen con características recomendadas por fabricantes para obtener resultados garantizados:

Características de los suelos según fabricante	Descripción de suelos con los que se realizaron carpetas de prueba		
	Sector 1	Sector 2	Sector 3
La presencia mínima de un 20% a un 25% de finos, del tipo limo o arcilla (que pasen por el tamiz #200 de 0,075mm).	Grava Arena color gris. % que pasa por el tamiz #200=11%	Grava-Arena color verdoso oscuro. % que pasa por el tamiz #200=9%	Arena limosa color café claro. % que pasa por el tamiz #200=17%

- Sello superficial insuficiente (Sector ① y ③): Dosis de producto aplicada a carpetas de prueba (0,2lts por cada carpeta), es inferior en un 72% (0,52 lts) a la recomendada según metodología de calculo estándar * (0,72 lts).

**: En esta metodología intervienen rendimientos de productos estabilizantes dados por fabricantes, donde se subentiende que estos son valores de dosis mínima de producto a utilizar. (Mayor información, ver capítulo 4 punto 4.a.14).*

- Exceso de agua de amasado: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpetas de prueba (1.305lt-sector ① / 1.814lts- sector ③), excede el valor recomendado según metodología de calculo estándar (875lts-sector ① / 924lts-sector ③) en un 49% (430lts) para el sector ① y en un 96% (890lts) para el sector ③; situación que puede haber provocado una saturación de agua en la carpeta y consigo un tiempo de fragüe mayor, que en conjunto con la exposición inmediatamente de las carpetas al paso vehicular, probablemente genero perdida de material estructural y consigo inestabilidad.
- Condiciones ante tráfico vehicular no fueron cumplidas: Luego de concluida la compactación en el proceso de estabilizado de un camino tratado con TerraZyme, fabricantes recomiendan que durante un periodo de 24hrs, solo se habilite para trafico liviano; situación que no fue controlada en carpetas de prueba.

5. carpetas tratadas con Perma-Zyme 11X (PZ 11X):

- Suelos con los que se estructuraron carpetas de prueba no cumplen con características recomendadas por fabricantes para obtener resultados óptimos:

Características de los suelos según fabricante	Descripción de suelos con los que se realizaron carpetas de prueba		
	Sector 1	Sector 2	Sector 3
- Presencia mínima de un 20% de finos, de naturaleza cohesiva (limo y arcilla) y no granular (arena y grava), que pasen por el tamiz #200, con un mínimo de 8% de arcilla. - Índice plástico (I.P): Entre 8% y 20%.	Grava Arena color gris. % que pasa por el tamiz #200=11% IP=3%	Grava-Arena color verdoso oscuro. % que pasa por el tamiz #200=9% IP=5%	Arena limosa color café claro. % que pasa por el tamiz #200=17% IP=8%

- Proporción de producto inferior a la recomendada según metodología de cálculo estándar: Dosis de producto utilizada en elaboración de carpeta sector ①, ② y ③, solo equivale al 67% (0,5 lts), 53% (0,4 lts) y 80% (0,6 lts) del valor recomendado según metodología de cálculo estándar (0,75 lts por sector).
- Proporción de producto insuficiente en sello de carpeta: Dosis de producto utilizada para sellar carpetas de pruebas en sector ①, ② y ③, equivalente a 0,1lt por sector, solo corresponde al 17% del valor recomendado según metología de cálculo estándar (0,6 lts por sector).
- Exceso de agua de amasado: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpeta de prueba sector ③ (1.058lts), excede en un 39% el valor recomendado según metodología de cálculo estándar (764lts); situación que puede haber provocado una saturación de agua en la

carpeta y consigo un tiempo de fragüe mayor, que sumado a la exposición inmediatamente del paso vehicular, sin cuidado de restricciones de velocidad recomendada por fabricantes, probablemente genero por esfuerzos de fricción, perdida de material estructural a nivel de superficie y consigo inestabilidad.

6. carpetas tratadas con PZ-22X:

- Proporción de producto inferior a la recomendada según metodología de cálculo estándar: Dosis de producto utilizada en elaboración de carpeta sector ① y ②, solo corresponde al 24% (0,2 lts sector ①) y 72% (0,6 lts sector ②) del valor recomendado según metodología de cálculo estándar (0,83 lts por sector).

- Suelos con los que se estructuraron carpetas de prueba no cumplen con características recomendadas por fabricantes para obtener resultados garantizados:

Características de los suelos según fabricante	Descripción de suelos con los que se realizaron carpetas de prueba		
	Sector 1	Sector 2	Sector 3
- Presencia mínima de un 20% de finos, de naturaleza cohesiva (limo y arcilla) y no granular (arena y grava), que pasen por el tamiz #200. - Índice plástico (I.P) superior a 6%.	Grava Arena color gris. % que pasa por el tamiz #200=11% IP=3%	Grava-Arena color verdoso oscuro. % que pasa por el tamiz #200=9% IP=5%	Arena limosa color café claro. % que pasa por el tamiz #200=17% IP=8%

- Proporción de producto insuficiente en sello de carpeta: Dosis de producto utilizada para sellar carpetas de pruebas (0,1lt-sector ①/0,2lts sector ② y ③), corresponde solo al 15% (sector ①) y 30% (sector ② y ③), del valor recomendado según metodología de cálculo estándar (0,66 lts por sector).

- Déficit de agua de amasado: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpetas de prueba (211lt-sector ① / 575lts-sector ②), es inferior al valor recomendado según metodología de cálculo estándar (817lts-sector ① / 864lts-sector ②) en un 74% (606lts) para el sector ① y en un 32% (280lts) para el sector ②; situación que puede haber provocado homogenización deficiente de la mezcla suelo-producto y consigo carencia cohesiva entre partículas de suelo, es decir inestabilidad estructural.

- Exceso de agua de amasado: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpeta de prueba sector ③ (1073lts), excede el valor recomendado según metodología de calculo estándar (826lts) en un 30% (247lts); situación que puede haber provocado una saturación de agua en la carpeta y consigo un tiempo de fragüe mayor, que en conjunto con haber quedado expuesta inmediatamente al paso vehicular probablemente genero perdida de material estructural y consigo inestabilidad.

7. carpetas tratadas con Descobond 500 (DB-500):

- Proporción deficiente de producto utilizado en proceso de estabilizado: Dosis de producto utilizada en elaboración de carpeta sector ① y ②, solo corresponde al 94% (14,4lts sector ①) y 83% (12,7lts sector ②) del valor recomendado según metodología de cálculo estándar (15,25 lts por sector).
- Proporción de producto insuficiente en sello de carpeta: Dosis de producto utilizada para sellar carpetas de pruebas en sector ①, ② y ③, solo corresponde al 31% (2,6lt-sector ①), 18% (2,3lts sector ②) y 61% (3,8lts sector ② y ③), del valor recomendado según metodología de cálculo estándar (8,3lts sector ①, 12,5lt sector② y 6,25lts sector③).
- Insuficiencia de agua de amasado: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpeta de prueba sector ①, ② y ③ equivalentes a 1083lts, 1086lts y 1058lts respectivamente, es inferior en un 29% (sector ①), 30% (sector ②) y 28% (sector ③) al valor recomendado según metodología de calculo estándar (1515lts sector ① /15554lts sector ②/1487lts sector ③); situación que puede haber provocado homogenización deficiente de la mezcla suelo-producto y consigo insuficiencia cohesiva entre partículas de suelo, es decir inestabilidad estructural.
- Carpetas tratadas con DB 500 restringe el tráfico durante la aplicación de su producto y luego de terminado el proceso de estabilizado, enunciando para el primer caso que no podrán pasar vehículos sobre la mezcla suelo-producto y para el segundo caso, que solo y estrictamente de ser necesario el camino puede abrirse inmediatamente al tránsito vehicular, cuidando que la velocidad de circulación no exceda cierto limite durante el periodo de fragüe de la carpeta (24 a 48hrs); conducta que no fue cumplida durante ni después de realizadas las pruebas ya que el corto tiempo para elaborar las carpetas demando la utilización de ambas vías, sumado a que una ves terminado el proceso de compactación la carpeta quedo inmediatamente habilitada sin cuidado ni señalización de velocidad restringida.

8. carpetas tratadas con Probase TX-55 (TX-55):

- Suelos con los que se estructuraron carpetas de prueba no cumplen con características recomendadas por fabricantes para obtener resultados garantizados:

Características de los suelos según fabricante	Descripción de suelos con los que se realizaron carpetas de prueba		
	Sector 1	Sector 2	Sector 3
La presencia mínima de un 25% de finos	% de finos =11%	% de finos =9%	% de finos =17%

- Agua de amasado insuficiente: Agua utilizada en el proceso de estabilizado de carpetas de prueba (700lt-sector ① / 600lts-sector ② / 500lt-sector ③), es inferior al valor recomendado según metodología de cálculo estándar (817lts-sector ① / 864lts-sector ② / 826lts-sector ③) en un 14% (117lts) para el sector ①, 31% (264lts) para el sector ② y 40% (326lts) para el sector ③ ; situación que puede haber provocado homogenización deficiente de la mezcla suelo-producto y consigo insuficiencia cohesiva entre partículas de suelo, es decir inestabilidad estructural.

En cuanto a costos:

- El costo que involucra el proceso de estabilizado del camino industrial con cloruro de sodio (sal) se ve fuertemente afectado por el costo asociado por daños a la infraestructura de vehículos a causa de los efectos corrosivos de la sal, provocando un incremento en el valor del estabilizado equivalente a un 228%, situación que deja a este producto estabilizante como la propuesta económica entre las analizadas, para el estabilizado del camino industrial de mayor valor.

- Del costo que involucra el estabilizado del camino industrial con alternativas de productos químicos se deduce:

1. El considerar una dosificación óptima de producto según tipo de suelo y tramo a tratar reduce significativamente el valor total del estabilizado, por consiguiente el contemplar una dosificación estándar que sea utilizable para todo tipo de suelo conduce (con excepción del producto estabilizante DB-500) a una sobre dosificación y consigo mayor costo.

2. Entre las propuestas económicas de estabilizar el camino industrial con alterativas de productos químicos, el compuesto que demanda menor y mayor valor es Probase TX-55, y PennzSupress’D respectivamente.

Conclusión final:

Si analizamos el producto que alcanzo resultados satisfactorios en pruebas in-situ y lo comparamos con el Cloruro de Sodio (producto actualmente empleado en el estabilizado del camino industrial de Andina) según puntos descritos en la siguiente tabla:

Descripción	Productos estabilizantes de suelo	
	Cloruro de Sodio (NaCl)	PennzSupress'D (PSD)
Características estructurales de la carpeta	Estructura flexible	Estructura flexible
Estabilidad	Producto altamente soluble en agua por lo que ante eventos climáticos como lluvias persistentes, nieve y deshielos genera que a nivel de superficie se comience a desarrollar el ablandamiento del sustrato dando formación de lodo y perdida de estructura.	Producto altamente resistente a la inmersión en agua, se mantiene por largos periodos de tiempo en el sustrato o capa sobre la cual se aplica, sin manifestar ablandamiento del suelo, en caso de lluvias no se genera un efecto de lavado del producto por lo que no se produce superficies jabonosas.
Características de confortabilidad y seguridad en periodos de invierno	La Sal reduce el punto de congelamiento del suelo a nivel de superficie.	Facilita el resquebrajamiento y dispersión de las placas de hielo superficiales que se forman sobre el camino, además debido a su gran estabilidad bajo agua no genera lodo y por ende superficies resbaladizas.
Control de emisión de polvo	Caminos tratados con Sal demuestran una reducción del material fino en suspensión (polvo) de un 99%, otorgando mejor visibilidad y por ende seguridad al usuario del camino.	PSD reduce la emisión de polvo en un 100%.
Comportamiento Ambiental	Estudios a nivel mundial registran impactos significativos al ambiente, sin embargo solo son cuantificables a través de ensayos ambientales. No da cumplimiento a la norma ISO 14001.	Producto inocuo al medio ambiente, sin embargo no presenta ensayos ambientales. No da cumplimiento a la norma ISO 14001
Calidad del producto	Producto se certifica bajo la norma ISO 9001	Producto se certifica bajo la norma ISO 9001
Costo de estabilizar 25km de camino	$336.541.250 (Asociado a efectos corrosivos) $102.253.290 (Costo directo)	$192.278.170 (Dosificación óptima) $ 226.937.370 (Dosificación estándar)
Costo por mantención (25km)	Luego de terminado el periodo de invierno (Agosto) es necesario regar el camino industrial diariamente para combatir el polvo en suspensión, tal operación demanda un costo de $ 3.128.000 **	Según lo expuesto en el capítulo 4 punto 4. a.16 y considerando que en noviembre comienza el estabilizado del camino industrial la mantención con PSD demandaría un costo aprox. de $ 9.960.00 (control de polvo)

**: Fuente: Riego del camino industrial correspondiente al año 2002.

De acuerdo a lo expuesto, se concluye que el mejor estabilizador de suelos para el camino industrial, que sin lugar a dudas reúne mayor numero de características según exigencias de Andina es PennzSupress'D.

ANEXOS

ANEXO 1

ÍTEM: 1.1: Proceso de extracción y concentración del mineral extraído en Andina.

1.2: Normas ISO.

1.3: Descripción de Pruebas Ambientales.

1.4: Sal de estabilizado-Manual informativo y Hoja de datos de seguridad.

ITEM 1.1

Proceso de extracción y concentración del mineral extraído en Andina

⇒ Proceso de extracción del mineral:

Minas Sur-Sur/Don Luis/Unión: Estas minas son explotadas a cielo abierto, es decir, mediante el método de extracción por bancos, que incluye los procesos de perforación (hoyos para explosivos), tronadura, carguío y transporte. El transporte del mineral a cielo abierto se efectúa con cargadores frontales, palas hidráulicas y camiones hasta de 200 ton. De esta manera el mineral es llevado hasta los piques de la mina subterránea y el material estéril, hacia botaderos cercanos al Rajo.

Tronadura y transporte de mineral - Mina a Rajo Abierto Sur-Sur.

Mina Subterránea Rió Blanco: La explotación bajo tierra o subterránea se efectúa mediante el método de hundimiento de bloques con las variantes de extracción por parrillas y extracción mecanizada.

El hundimiento de bloques tradicional o de parrillas requiere de operación manual en los puntos de extracción, para dosificar el flujo de mineral hacia el nivel inferior a través de parrillas reguladoras de tamaño. El transporte del material extraído a piques de traspaso se realiza por medio de correas. El hundimiento de bloques por método parrilla-camiones, requiere camiones de bajo perfil, para el transporte del mineral desde los puntos de extracción a los piques de traspaso. A través de este flujo, el mineral es conducido hasta la planta de chancado, ubicada en los niveles inferiores de la mina subterránea.

⇒ Proceso de concentración del mineral extraído:

El proceso de concentración del mineral se realiza a través de las siguientes etapas: Chancado, Molienda, Flotación Colectiva de Cobre y Molibdenita, Tratamiento de Aguas, Flotación de Molibdenita, Lixiviación de Molibdenita y Secado. El concentrado de Cobre y de Molibdenita obtenido de los procesos antes mencionados es despachado a la Fundición Ventana (Quintero-V región) y Planta de procesos metalúrgicos Molymet (Santiago), donde ambos compuesto son procesados para su comercialización.

En la Fundición Ventana se somete al concentrado de Cobre a un proceso de fusión en hornos convertidores para elevar su pureza a un 99%, posteriormente para seguir eliminando impurezas adicionales se somete al concentrado a un proceso de refinación por fundición, para llegar finalmente a Ánodos y Cátodos de Cobre con una pureza de 99,5% y 99,9% respectivamente.

En tanto en la Planta metalúrgica el concentrado de Molibdenita pasa por un proceso de tostado obteniendo como producto final Oxido de Molibdeno.

ITEM 1.2

Normas ISO

⇒ **ISO:** Siglas en inglés de la Organización Internacional de Normalización, entidad no gubernamental que promueve el desarrollo e implementación de normas internacionales voluntarias para certificar el adecuado comportamiento de una operación industrial en cualquier parte de mundo.

⇒ **Norma ISO 14001**: Como parte de los esfuerzos por reducir los impactos negativos al medio ambiente de las actividades productivas, la ISO, creo en 1996 la Norma ISO 14.001 sobre Sistema de Gestión Ambiental.

La Norma ISO 14001 se utiliza para auditar a las organizaciones que deseen certificar su comportamiento ambiental.

La Norma ISO 14.001 integra la gestión medio ambiental directamente a la gestión de la empresa y su implementación es verificada a través de auditorias.

La Norma ISO 14001 solo es una guía para el diseño y la implantación de sistemas de gestión ambiental (SGA), y señala "**lo que debe hacer una organización**" en el diseño e implantación de un SGA, pero sin embargo, deja en libertad de acción a la organización, en cuanto a "**cómo hacer el diseño y la implantación del SGA**".

La Norma ISO 14001 señala que las organizaciones deben cumplir con la legislación vigente y las normas del país donde están insertas, los Compromisos Adquiridos, etc.

ITEM 1.3

Descripción de Pruebas Ambientales

⇒ **Test TCLP**: Ensayo de Procedimiento de Característica de Toxicidad por Lixiviación) basado según el Método EPA 1311(Environmental Protection Agency USA), corresponde a la determinación de la concentración de ciertos metales que pueden ser lixiviados en forma natural, de acuerdo con las condiciones ambientales del lugar de almacenamiento de un residuo sólido. Este ensayo esta pensado como una herramienta de evaluación para el peor escenario posible en el mal manejo de un residuo. Bajo estas condiciones un residuo peligroso podría ser dispuesto en un relleno municipal en el cual bajo condiciones de descomposición pudiese contaminar un acuífero.

Un desecho es considerado peligroso si el lixiviado del test TCLP contiene alguno de los constituyentes tóxicos indicados en la normativa sobre desechos peligrosos, en concentraciones que igualan o superan los valores máximos permisibles señalados en la misma normativa (tabla 1).

Tabla 1: Máxima concentración de contaminantes para la caracterización de toxicidad.

Elemento Contaminante	Concentración Máxima Permisible (mg/l)
Analitos metálicos:	
Plomo	5,0
Cadmio	1,0
Mercurio	0,2
Cromo	5,0
Bario	100,0
Selenio	1,0
Arsénico	5,0
Plata	5,0

⇒ **Test de Reactividad**: Concepto referido a posible formación de compuestos Tóxicos, como resultado de reacciones químicas entre los componentes del Residuo o bien como resultado de las condiciones a las cuales sería expuesto.

Método 1001: determinación de Ácido Cianhídrico liberado en los desechos.

Método 1002: determinación de Ácido Sulfhídrico liberado en los desechos.

Un compuesto es considerado peligroso si el test de Reactividad contiene alguno de los constituyentes tóxicos indicados en la Guía Interina 7.3.3 y 7.3.4 de SW-843 de EPA USA,

en concentraciones que igualan o superan los valores máximos permisibles señalados en la misma normativa (tabla 2).

Tabla 2: Máxima concentración de contaminantes Reactivos

Ensayo	Concentración Máxima Permisible EPA (mg/kg)
Ácido Cianhídrico (HCN)	250
Ácido Sulfhídrico (H_2S)	500

⇒ **Test de Corrosividad**: Ensayo realizado según método EPA-USA 1110: “Corrosivity Toward Steel”. Este método se utiliza para determinar la corrosividad que es capaz de producir un desecho bajo determinadas condiciones. La corrosión se determina sobre una muestra de acero. Se considera entonces, que un material o residuo presenta características de corrosividad(*), si verifica alguna de las siguientes condiciones: ? Es un residuo acuoso y tiene un pH < 2 o pH > 12,5. ? Es un líquido y corroe el acero SAE 1020 en una proporción superior a 6,35mm/año a 55°C.

(∗): Características de corrosividad: a) Moviliza metales tóxicos si se dispone en un relleno sanitario. b) Corroe equipos de manejo manual, almacenamiento, o de transporte. c) Destruye el tejido humano o animal en caso de contacto inadvertido.

⇒ **Monitoreo de Calidad del Aire (PM10-PTS)**: Monitoreo realizado al aire para determinar la proporción de partículas suspendidas en su fracción respirable (PM-10). Las partículas PM-10 se caracterizan por ser sólidas o liquidas dispersas en la atmósfera como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. La fracción respirable de PST, conocida como PM-10, está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior a 10µm (micras), que tienen la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Las fuentes principales que generan partículas PM-10 son los procesos industriales, la combustión domestica e industrial del carbón, incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas.

Los efectos principales que causan las partículas PM-10 corresponden a los siguientes: *Salud:* Irritación en las vías respiratorias; su acumulación en los pulmones origina enfermedades como la silicosis y la asbestosis. Agravan el asma y las enfermedades cardiovasculares. *Vegetación:* Interfieren en la fotosíntesis. *Materiales:* Deterioro en

materiales de construcción y otras superficies. *Otros:* Disminuyen la visibilidad y provocan la formación de nubes.

Para evaluar la calidad del aire se deben instalar en un sector especifico (según intereses perseguidos) una infraestructura correspondiente una estación que incluyen varios aparatos, tanto meteorológicos como para medir diferentes contaminantes. Tales aparatos registran los microgramos (µg) de partículas PM-10 por m^3 de suelo dispuestos en una superficie preparada y demarcada para el estudio, se realizan mino 10 lecturas durante un periodo de 24 horas de los $\mu g/m^3$ de PM-10 registrados en la superficie en cuestión, se promedian las lecturas realizadas y se elabora el "Índice Metropolitano de la Calidad del Aire" (IMECA), utilizando el siguiente criterio de evaluación

Microgramos de partículas PM-10 por m^3 de suelo ($\mu g/m^3$/día)	Calidad del aire	Riesgos para la salud
0 a 50	Buena	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividad
51 a 100	Satisfactoria	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividad.
101 a 200	Insatisfactoria	Molestias en personas sensibles.
201 a 300	Deficiente	Padecimientos cardiorrespiratorios y aparición de molestias en la población en general.
401 a 500	Muy mala calidad	Aparición de síntomas agudos en la población, primeras muertes.
501 a 1000	Pésima Calidad	Aparición de enfermedades e incremento crítico en las tasas de morbilidad y mortalidad

Para determinar en forma certera la real incidencia de las partículas PM-10 en un determinado sector se debe realizar este monitoreo por lo menos durante un periodo de 3 meses.

⇒ **Monitoreo de Calidad del Agua**: Al definir un sistema de monitoreo del agua, se debe considerar, los siguientes aspectos: 1. Establecer los objetivos generales del sistema de monitoreo y los objetivos particulares de cada estación. 2. Definir el sitio de muestreo, el tipo de muestreo y los parámetros que nos interesan para cada punto. 3. Definir de que manera va a ser medida la muestra, lo cual significa qué tipo de analizador se utilizará. 4. Establecer las necesidades de transmisión de datos. 5. Definir la forma de generación de reportes, estadísticas, gráficas y manejo del archivo de documentos.

ITEM 1.4

Sal de estabilizado-Manual informativo y Hoja de datos de seguridad)

⇒ Manual Informativo

- Nombre del producto: Sal de Estabilizado (DR 999 V)
- Nombre del Fabricante: Sociedad Punta De Lobos S.A.
- Descripción del producto: Sal con un 98% de pureza, extraída del Salar Grande de Tarapacá.
- Composición Química: - Cloruro de Sodio (NaCl): 98,00% mínimo (base seca).
  - Limos y arcillas en general: 2% máximo.
- Composición Granulométrica:

Malla N°	4	8	16	30	40	100	200
% (Que pasa)	100	100-95	95-85	70-50	37-20	20-10	5-1

- Condiciones de manipulación: Debe evitarse el contacto con los ojos.
- Condiciones de transporte: Se puede transportar en maxisacos de 1.000 kilogramos, sacos de 50kgr. o a granel.
- Condiciones y forma de utilización: Dosificación de acuerdo a lo especificado por el Área Vial de sociedad Punta de Lobos S.A. Se aplica en base seca, transitabilidad inmediata, tiempo de fragüe 10 días.

⇒ Hoja de Datos de Seguridad

1.- Identificación del producto y de la empresa

- Nombre del producto: Sal tipo estabilizado
- Código del producto: DR 999
- Empresa: Sociedad Punta De Lobos S.A.
- Fono/Fax: 681253/ 6812857

2.- Composición /Información sobre componentes

- Nombre Químico: Cloruro de Sodio.
- Formula Química: NaCl
- Sinónimos: Sal Común.
- N° CAS: 7647-14-5
- N° UN: Sin Información

3.- Identificación de Riesgos

Según los datos disponibles para evaluación, no es necesaria una clasificación según las categorías de peligrosidad y reglamentaciones nacionales.

4.- Medidas de Primeros Auxilios

- En caso de contacto accidental con el producto proceder de acuerdo con:
- Contacto con los ojos: lavar con agua.
- Ingestión (grandes cantidades): Consultar al médico si subsiste malestar.

5.- Medida de lucha contra incendios

- Agentes de extinción: Adaptar a los materiales en el contorno.
- Riesgos especiales: Ninguno.
- Referencias adicionales: Incombustible.

6.- Medidas para control de derrames o fugas

- Procedimiento de recogida: Limpieza, recoger seco, eliminar los residuos con mucho agua proceder a su eliminación.

7.- Manipulación y almacenamiento

- Manipulación: Evitar contacto con los ojos.
- Almacenamiento: Ambiente serrado y seco, evitar la humedad.
- Embalaje recomendado: Saco de polipropileno.

8.- control de exposición/protección especial

- Protección respiratoria: Mascarilla de papel fieltro.
- Protección de las manos: Precisa.
- Protección de los ojos: Innecesaria.
- Medida de higienes particulares: Lavado de manos al finalizar el trabajo.

9.- Propiedades Físicas y Químicas

- Estado físico: Sólido.
- Color y olor : Blanco invierno, Olor Inodoro
- Valor pH (50g/lt): 5-8
- Punto de fusión y ebullición: 800°C/1461°C
- Densidad a 20°C: 1,35 gr. /cm^3.
- Solubilidad en agua a 20°C: 360 gr. /lts.

10.- Estabilidad y Reactividad

- Estabilidad: Estable.
- Condiciones a evitar: Humedad.
- Incompatibilidad: Agua.

11.- Información Toxicológica

- Toxicidad aguda: LD50 (rata, oral): 3.000 mg/kg.
- Información adicional: ↳ Contacto con los ojos: Irritación
  ↳ Ingestión de grandes cantidades: Náuseas, vómitos.
- Información complementaria: No deben esperarse efectos tóxicos si la manipulación es adecuada.

12.-Información Ecológica

- Inestabilidad: No
- Persistencia/Degradabilidad: Degradable.
- Efectos sobre el medio ambiente: Sin observaciones especiales.

13.- Consideraciones sobre disposición final

- Método de eliminación de residuos: Recoger seco. Proceder a su recogida por barrido eliminar los residuos con mucho agua.
- Eliminación de envases: Los envases se trataran como residuos domésticos o como materia reciclable.

14.- Información sobre el transporte

- NCh 2190 marcas aplicables: Sin indicaciones.
- N° NU: Sin indicaciones.

15.- Salud y medio ambiente

- Disminuye el polvo en un 99%
- La concentración de NaCl, genera una indetectable influencia en las napas subterráneas.

ANEXO 2

ÍTEM: 2.1: Impactos sobre el ambiente de caminos tratados con sal.

ÍTEM 2.1

Impactos sobre el ambiente de caminos tratados con sal

Los efectos de la sal del camino sobre el ambiente pueden ser significativos, pero depender de una amplia variedad de factores únicos a cada sitio. Los impactos registrados por la sal hablan de daños a la vegetación, fauna, suelo, agua superficial, agua potable y estructura de los vehículos por corrosión.

- **Vegetación**: La vegetación del borde del camino como hierba, arbustos u árboles son perjudicados por la sal, por los siguientes medios de contacto:

(a) Medio terrestre: La sal es absorbida por las rices a través del agua de suelo.

(b) Medio aéreo: Acumulación de sal sobre follaje y ramas por roció o salpicadura aerotransportada como un polvo desde el camino a causa del volumen y velocidad de tráfico que genera que la sal se suspenda en el aire.

En general, el cloruro (Cl), con respecto al sodio (Na) es más dañino ante los efectos que provoca a la vegetación, ya que el cloruro una vez absorbido por las raíces, se acumula en los tejidos del vegetal durante un período largo de tiempo, provocándole un estrés hídrico o deshidratación y consigo efectos similares a los que sufriría un vegetal en una sequía típica, es decir inhibición del crecimiento general, hojas y coloración decadente, ramas agonizantes, hojas quemadas y con manchas, y muerte prematura de la planta. En tanto el impacto del sodio sobre la vegetación es menos directo, ya que las altas concentraciones de sodio afectan primordialmente las propiedades físicas del suelo, y esto a su vez, genera una incidencia negativa en el crecimiento del vegetal.

El grado de daño que genera la sal varía dependiendo de factores como: concentración de sal en el suelo, topografía del camino, textura del suelo, precipitaciones en el sector, sistema de drenaje del camino, condiciones meteorológicas (temperatura, humedad), viento, especies de vegetación expuesta, tamaño de la planta y tolerancia que presenten las especies vegetales al NaCl.

La vegetación mayormente afectada por caminos tratados con sal es aquella que crece a su orilla, debido a que está más expuesta a entrar en contacto con la sal.

Los arbustos de borde del camino, las hierbas, y la vegetación de pantano son generalmente más tolerante a la sal que los árboles frutales o forestales.

El daño que puede generar el cloruro de sodio del camino sobre la vegetación existente a su alrededor, en proporciones que van desde los 6,2kg/m, es de un 5 a 10% de la población vegetal y en plantas sensibles hasta un 50,8%.

Si la vegetación afectada por la sal corresponde a árboles frutales, el daño genera pérdidas aproximadas del 30 a 60 % de la producción total de cada árbol afectado. El daño a la vegetación puede ocurrir a hasta 200 metros de la orilla del camino.

- **Suelo**: El efecto mayor de genera la sal sobre el suelo es por lo general encajonado a 5m del borde del camino; la concentración necesaria para que este compuesto inhiba algunas bacterias de la tierra que componen la estructura del suelo, es en proporciones tan bajas como 90mg/l. La distancia de transporte de la sal a través del suelo en forma horizontal dependerá de factores como: intensidad de precipitaciones, pendiente del borde del camino, dirección y sistema de drenaje o desagüe del camino, textura de suelo, la presencia de capa vegetal, nieve o hielo. En tanto el transporte de la sal en forma vertical por el suelo o hacia abajo, es a menudo lento y dependiente del drenaje, o infiltración y características del suelo.

El arena y la grava permiten la infiltración rápida del cloruro de sodio en el suelo, mientras que la arcilla y el limo reducen la marcha de la infiltración. El cloruro se mueve por el suelo más rápido que el sodio. Los iones de cloruro cargados negativamente (Cl^-) son repelidos por la arcilla cargada de modo similar y otras partículas de suelo. Los iones de sodio, que generan cargas positivas (Na^+), experimentan el cambio de ión con otros iones positivos presentes en las partículas de suelo, causando la retención de porcentajes más altos del sodio en el suelo, sobre todo si la infiltración es lenta.

La acumulación de sodio en la tierra a largo plazo, puede afectar negativamente las características de estructura del suelo ya que genera su endurecimiento. Expresamente, la acumulación de sodio genera los siguientes trastornos en el suelo:

- Aumenta la densidad y el pH del sustrato.
- Origina problemas de tipo físico, como la formación de costras, las cuales bloquean los poros y por consiguiente disminuyen la permeabilidad del suelo.

- Reduce en los suelos la retención de humedad.

- Origina problemas de químicos: como reducción de los niveles de potasio, calcio, magnesio, y otras sustancias nutritivas que son importantes para la fertilidad del suelo y crecimiento de la vegetación.

Sin embargo, si la sal tiene un efecto acumulativo depende de condiciones locales, como tipo de suelo, precipitación, y topografía.

El cloruro en comparación con el sodio generalmente es considerado menos perjudicial para suelo. En tanto la incidencia del cloruro en el suelo, radica en que contribuye a la movilización (al agua subterránea) de algunos metales pesados (considerados tóxicos bajo determinadas concentraciones), como cadmio, zinc, y plomo.

El NaCl en la tierra, en concentraciones tan bajas como 100 partes por millón (ppm), inhibe la germinación de la semilla y el crecimiento de céspedes y flores salvajes.

La acumulación de sal en la tierra durante barios años puede causar el declive progresivo y muerte eventual de la planta.

- **Fauna**: Un mínimo de fauna tiene una necesidad de la sal en sus dietas. Estos animales son a menudo atraídos al borde del camino donde hay una concentración alta de sal de primavera. La presencia de fauna cerca de carreteras es siempre un riesgo potencial y uno del cual el público conductor debe ser consciente.

El daño a la vegetación causado por la sal, degrada el habitad de la fauna destruyendo recursos alimenticios.

Entornos salinizados generan que muchos animales tienden a sobrepasar su ingesta de sal, elevando los índices normales permisibles a nivel sanguíneo, provocando su intoxicación y daños de tejidos.

- **Agua Superficial**: Los efectos de la sal sobre el agua superficial son generados principalmente por pequeñas corrientes que corren adyacente a carreteras tratadas con altas concentraciones de sal, que se contaminan y desembocan en pequeños lagos y estanques. En general, las cargas de sal en grandes ríos y lagos son diluidas. En casos extremos, las altas concentraciones de cloruro de sodio y persistentes corrientes de agua al borde del camino pueden dañar la vida acuática del acuífero que las recepciona, si éste acuífero es un

lago el daño será menor que si se tratara de un río, ya que la sal por tratarse de un compuesto más denso que el agua, baja y se deposita en el fondo, situación que en aguas correntosas no ocurre, por lo que su factor de incidencia es de 2 a 10 veces por encima del daño provocado en un acuífero de aguas tranquilas.

Según los estándares de Agencia de Protección de Medio Ambiente (Criterios de Calidad Nacionales Ambientales de Agua), los niveles de cloruro entre 230 y 860 mg/lt en un medio acuífero, pueden dañar la vida acuática existente.

- **Agua potable**: La sal del camino puede entrar en contacto con depósitos o reservas de agua potable emigrando por suelo a través de aguas subterráneas o directamente por drenaje de aguas superficiales. En general, sólo los pozos o los embalses que se encuentren cerca ya sea de carreteras tratadas por sal o instalaciones de almacenaje de sal son susceptibles a una infiltración de este producto. Esta susceptibilidad depende de muchos factores, como son la intensidad de salinidad del suelo, tipo de suelo, clima, topografía, volumen de agua y dilución de la sal. Las altas concentraciones de sal en el agua potable a causa de caminos tratados con cloruro de sodio pueden provocar posibles efectos adversos a la salud de las personas, como por ejemplo enfermedades relacionadas con hipertensión.

- **El vehículo y la Corrosión Estructural**: Los efectos secundarios principales de los caminos estabilizados y mantenidos con sal, es el daño a los automóviles y su infraestructura. La sal daña automóviles e infraestructura principalmente debido a sus efectos corrosivos sobre metales. Los iones de cloruro en la sal interrumpen películas naturales protectoras sobre superficies metálicas y aumentan la conductividad del agua, que induce y acelera la corrosión. Incluso relativamente las pequeñas cantidades del cloruro acelerarán considerablemente la corrosión existente.

El daño de corrosión a automóviles puede ser separado en a tres categorías: funcional, estructural, y estético. El daño estructural afecta la integridad de las piezas que conforman el vehículo (ejemplos corrosión de marco y forros del freno, sistemas de apoyo de parachoques, etc.). La corrosión estética afecta sólo el aspecto del vehículo (ejemplo: manchas en paneles de cuerpo pintados, decoloración, picaduras de metales, etc.).

ANEXO 3

ÍTEM: 3.1: Emulsión Asfáltica CSS-1H / Ficha Técnica.

3.2: Control de hielo / Soluciones de productos descongelantes compatibles con productos estabilizantes analizados.

3.3: Usos /Aplicaciones especiales de productos estabilizantes.

3.4: Productos estabilizantes / Salud y Medio Ambiente.

3.5: Productos estabilizantes / Prevención y riesgos ante la salud y el ambiente.

ÍTEM 3.1.

Emulsión Asfáltica CSS-1 H

Ficha Técnica:

➲ **Descripción general**: Emulsión asfáltica catiónica de quiebre lento de color café oscuro y estado líquido.

➲ **Composición**: Producto compuesto en base a una dispersión de asfalto en agua, emulsionantes y aditivos. De excelente durabilidad y adherencia a los áridos.

➲ **Cumplimientos de normas:** la emulsión asfáltica CSS-1H producida por Asfaltos Chilenos S.A. cumple con las especificaciones NCh 2440 y con los exigidos por la Dirección de Vialidad, LNV 31 (emulsiones asfálticas catiónicas)

➲ **Aplicaciones/usos:**

- Como riego de liga sobre superficies de hormigón o asfalto previo a la colocación de mezcla asfáltica.
- Riego de niebla sobre superficies asfálticas envejecidas, en mantenimiento de caminos.
- Para fabricación de sellos superficiales de conservación denominados slurry seals (lechadas asfálticas) en una mezcla que se fabrica con arena, agua y filler tipo cemento o cal.
- En mezclas en frío.
- Se puede usar para relleno de juntas y/o grietas en una mezcla con arena.

➲ **Dosificación:**

- Riego de Liga: diluido en agua en proporción de 1:1, de 0,4 a 1,0 lts/m^2.
- Riego de Niebla: Normalmente diluido en agua en proporción 1:1 (se puede diluir hasta 5 partes de agua dependiendo del grado de desgaste de la superficie, de 0,4 a 0,7 lts/m^2.
- Lechada asfáltica: entre 7 y18 % en peso referido al agregado seco, dependiendo del tipo de lechada a usar. La dosificación exacta deberá ser efectuada en laboratorio, de acuerdo al tipo de árido existente.
- Mezcla en Frío: Los rendimiento varían dependiendo del tipo de mezcla y la dosificación que se realice de acuerdo a los áridos a utilizar, sin embargo, valores típicos (*) son:

  - Graduación densa: 175-195 lt/m^3
  - Graduación gruesa: 120-150 lt/m^3

(*) Valores exactos deberán ser entregados por una dosificación hecha en un laboratorio especializado.

- **Comercialización:**

Se comercializa en tambores de 200lt, bolsas de 5 galones o a granel en camiones estanque de 25 toneladas.

- **Manejo de Emulsión Asfálticas:**

El riesgo de incendio o explosión al usar CSS1 no existe, ya que se almacena y aplica a bajas temperaturas y porque además la base asfáltica se encuentra dispersa en agua.

- **Aspectos Relacionados a la Salud:**

Como las emulsiones se manejan a temperaturas inferiores a 85°C, no presentan peligro de quemaduras, sin embargo existe el riesgo de:

- Reacciones alérgicas al contacto con la piel: Para evitarlas se debe usar ropa y elementos protectores y seguir prácticas habituales de higiene y aseo personal.

- Salpicaduras en los ojos: Se recomienda que el personal expuesto use anteojos de protección.

- Ingestión accidental: En el caso de contaminación oral simple, se debe enjuagar la boca con abundante agua. La ingestión del producto requiere atención médica.

- **Recomendaciones:**

Se recomienda contar con el equipo de seguridad industrial adecuado, en el manejo de los productos asfálticos.

Para periodos de almacenamiento prolongado (1mes), se recomienda agitar moderadamente para mantener la homogeneidad de la emulsión, previo a su uso. En caso de almacenamiento por más de 3 meses, se debe homogeneizar el producto y enviar una muestra a laboratorio para análisis, previo a su uso. Para las operaciones de carga y descarga, es necesario verificar si los estanques están suficientemente limpios, a fin de eliminar cualquier grado de contaminación. No debe mezclarse con otros productos tales como asfaltos cortados y emulsiones de distintos grados o polaridad, tampoco de distintos proveedores.

ÍTEM 3.2

Control de hielo/Soluciones de productos descongelantes compatibles con productos estabilizantes analizados

Todo camino independiente del producto que se halla utilizado para su estabilización genera ante condiciones de humedad y bajas temperaturas la formación de hielo en su superficie. Para este problema se presenta las siguientes soluciones de productos descongelantes compatibles con alternativas de estabilizantes analizados:

Productos Anticongelantes:

1. Cloruro de sodio (NaCl): Producto proveniente de la sal de roca, la que es aplastada y tratada con agentes endurecedores. Es un deshelador y anticongelante relativamente ligero. Viene como una mezcla de gránulos de 3/8" a cristales finos. Trabaja bajando el punto de congelación del agua en una concentración del 23.3 % de sal y actúa a -11°C.

2. Cloruro de Calcio (CaCl): Producto anticongelante y deshelador, es hecho de salmueras naturales, viene seco, en bolitas o escamas, en varias concentraciones. Trabaja bajando el punto de congelación del agua en una concentración del 29.8% de sal y actúa a -49°C. El CaCl es un anticongelante de rápida acción ya que tiene la capacidad de atraer la humedad directamente del aire, proporcionando el agua necesaria para la formación de una película de salmuera, que permitirá descongelar y prevenir formación de hielo. A demás el cloruro de calcio posee la propiedad de emitir calor al entrar en contacto con la humedad. Estas propiedades únicas, lo hacen un producto descongelante valioso, en condiciones severas.

3. Mezcla de cloruro de calcio y sal: Mezcla muy eficaz. Una pequeña cantidad del CaCl comenzará a derretirse en temperaturas bajas. La salmuera que resulta y el calor que genera el CaCl permiten que la sal comience a trabajar. Proporción: 3:1 (NaCl : CaCl).

4. Slicer / Freez Gard / Mag: Productos Americanos, que son determinados por el tiempo, la temperatura, y el vehículo que transita y derrite la composición de partículas del deshelador.

Esta solución liquida en aerosol es a base del cloruro de magnesio; actúa como anticongelante y deshelador, es fácil de aplicar, eficaz, anticorrosivo, es menos corrosivo que el NaCl y CaCl, proporciona tracción inmediata (estructura cristalina dura), penetración inmediata en la nieve y en el hielo, biodegradable, reduce o elimina la necesidad de la arena, color natural para el uso fácil, uso con los abrasivos para la tracción inmediata, muy rentable, actúa a ˉ23°C, ˉ20°C, ˉ31.6°C. Es un producto concentrado, no ataca química ni físicamente al estabilizador, trabaja cinco veces más rápido que la sal de roca. Solución del 22% en ˉ 32.7°C y derretimientos con eficacia abajo ˉ25°C seguro para el medio ambiente.

ÍTEM 3.3

Usos /Aplicaciones especiales de productos estabilizantes

- **TerraZyme:** Producto efectivo para la impermeabilización o sello de fondos de lagunas, tranques y estanques de aguas negras, así como de botaderos de basura y de residuos tratados de aguas servidas.

- **PennzSuppress'D:** Solo para usos u aplicaciones mencionadas en capitulo 4, punto 4. a.19.

- **Perma-Zyme:** 1.- Construcción represas nuevas y existentes. 2.- Base de lagos, lagunas y canales. 3.- Impermeabilización de rellenos sanitarios.

- **Descobond 500:** 1.- Revestimiento de canales de regadío y embalses. 2.- Impermeabilización de subsuelos para depósitos y vertederos (Protección de napas subterráneas). 3.- Mezclado con cal, pintura o colorantes puede ser utilizado para impermeabilizar techos, murallas de casas y edificios; así como cualquier otro elemento expuesto a la intemperie. 4.- Construcción de fundaciones anti-termitas para casas y edificios. 5.- Pilas de lixiviación mineras. 6.- Fabricación de ladrillos en frío con material arcilloso y no arcilloso. (protección de insectos y malezas). 7.- Fabricación de adobes y protección de casas de adobe. 8.- Fabricación de briquetas y pellets de alta resistencia para proteger el transporte y evitar el polvo en acarreo de minerales.

- **PZ-22X:** 1.- Construcción de represas nuevas y existentes. 2.- Base de lagos, lagunas y canales. 3.- Impermeabilización de rellenos sanitarios.

- **ProBase TX-55:** 1.- Estabilización de terrenos bases para rellenos sanitarios. 2.- Estabilización de terrenos bases para cimientos. 3.- Endurecimiento de concreto.

ÍTEM 3.4

Productos estabilizantes/Salud y Medio Ambiente

➲ **Siglas utilizadas:**

- CPSC: Comisión de Seguridad de Productos para Consumidores de EE.UU (US. Consumer Product Safety Commission).
- CFR: Código de Reglamentos Federales.
- CERCLA: Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambientales (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act).
- CWA: Ley de Agua Limpia (Clean Water Act).
- EPA: Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (Environmental Protection Agency).
- FIFRA: Ley Nacional sobre Insecticidas, Fungicidas y Roedoricidas (Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act)
- HMIS: Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (Hazardous Materials Identification System).
- IARC: Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer (International Agency for Research on Cancer).
- NTP: Programa Toxicológico Nacional (National Toxicology Program).
- NFPA: Asociación Nacional de Protección contra Incendios (National Fire Protection Association).
- OSHA: Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional, de los Estados Unidos (Occupational Safety and Health Administration).
- RCRA: Ley de Conservación y Recuperación de los Recursos Ambientales (Conservation and Recovery of the Environmental Resources Act).
- SARA: Superfund Amendments and Reauthorization Act.
- USEPA: = Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.
- TCLP: Test/Procedimiento de Características de Toxicidad por lixiviación (Toxicity Charactic Leaching Procedure).
- TSCA: Acta de control de Substancias tóxicas (Toxic Substance Control Act) Inventario de productos químicos cuyo objetivo es entregar al público un listado de sustancias que se pueden utilizar en el mercado de EE.UU. Este inventario detalla los componentes, disposición y efectos sobre la salud y el ambiente de un producto químico.
- LD_{50}: Lethal Dose (Dosis mortal de sólidos y líquidos). La toxicidad de una sustancia cuando esta ingerida se conoce como toxicidad oral, que se expresa en términos de su valor

LD_{50}. El LD_{50} indica la cantidad de un material que se deba consumir para matar al 50% de la población animal de la prueba en un estudio controlado. Cuanto mas alto es el valor del LD_{50}, mayor es la cantidad de material que los animales de prueba pueden tolerar, por lo tanto mas baja es la toxicidad del material de prueba.

➲ **Comportamiento de productos estabilizantes:**

- **TerraZyme (TZ-11X):**

Información Reguladora: Todos los componentes que conforman a TZ-11X no son considerados arriesgados según OSHA (29 CFR 1910.1200) y no están dentro de los productos que controla SARA en título III.

a.- Comportamiento ante la salud:

Alcance: Pruebas realizadas según regulaciones EPA**:** Irritación Cutánea Primaria (Pauta 81-5), Irritación Ocular Primaria (Pauta 81-4), Sensibilización alergénica (Pauta 81-6), Toxicidad Oral-Dosis Aguda (Pauta 81-1) Inhalación (Pauta 81-3).

- Irritación Cutánea primaria: No provoca irritación cutánea. TZ-11X se clasifica en la categoría IV de toxicidad para los efectos de piel. No requiere de advertencias.

- Irritación Ocular primaria: Prácticamente no irritante. TZ-11X se clasifica en la categoría III de Toxicidad para efectos ocular.

- Sensibilización alergénica: Pruebas realizadas sobre un grupo de cincuenta personas demostró que TZ-11X no provoca sensibilización ni irritación cutánea significativa.

- Toxicidad Oral - dosis aguda: TZ-11X en un nivel de dosis de 5gr/lt (5000mg/lt) no provoca toxicidad oral. TZ-11X se clasifica en la Categoría de Toxicidad IV.

- Inhalación: Para un periodo de exposición de cuatro horas en una dosis de 20mg/lt, TZ-11X no provoca ningún efecto toxico. PZ-11X se clasifica en la categoría IV de toxicidad.

b.- Comportamiento Ambiental:

Alcance: Pruebas para determinar el efecto ambiental del producto fueron realizadas según pautas de EPA, TSCA y pautas de FIFRA. Se probaron diez especies de agua (larvas, pececillos, trucha de Arco iris, entre otros) en periodos de 12, 24, 48, 72 y 96 horas.

- Prueba de toxicidad aplicada a Larvas/Pececillo/Trucha de Arco iris: TZ-11X no toxico a la vida acuática. 100% de supervivencia de especies en pruebas de 12 a 96hrs. para concentraciones entre 100 -1.000mg/l (el más alto requerido conforme a las pautas).

- **PennzSuppress'D (PSD):**

Información Reguladora:

- PSD y sus componentes no es regulado ni clasificado como peligroso a la salud o al ambiente por cualquiera de las agencias o legislaciones siguientes: Título III de EPA, OSHA, IARC, NTP, de NFPA, CPSC, FIFRA, SARA y RCRA.
- Todos los componentes de PS'D se encuentran en el inventario de TSCA.
- PSD se certifica con la agencia de protección del medio ambiente de California.

a.- Comportamiento ante la salud:

- No tóxico a la vida Humana y animal: Para estimar el efecto toxico provocado por PSD al ser consumido tanto por los seres humanos que aplicaban el producto como por animales que vivan cerca de un área tratada, una prueba oral aguda de la toxicidad fue realizada alimentando con el producto concentrado a ratas blancas. Un valor de LD_{50} >3.000mg/lt fue obtenido, indicando que PSD es esencialmente no tóxico. Puesto que el producto se diluye en agua para su uso, la toxicidad oral que provocaría PSD es menor que la obtenida en pruebas. Para poner esto en perspectiva, el LD_{50} de varios materiales comunes incluido PSD se enumera en la siguiente tabla:

Sustancia	LD_{50} (mg/lt)
Aspirina	100
Sal de mesa	300
Alcohol Etílico	706
Azúcar	2.970
PennzSuppress'D	3.000

Nota: cuanto más alto es el valor LD_{50}, más baja la toxicidad

- No-irritante a los ojos: Para estimar el efecto que PSD provoca en los ojos de los seres humanos que aplican el producto, o en los animales que se encuentran cerca del área de trabajo, se realizo una prueba primaria de la irritación del ojo usando el producto concentrado. El polvo PSD fue clasificado en la categoría IV de Toxicidad para efectos ocular, no produciendo ninguna reacción adversa en los ojos durante el periodo de prueba. Esto indica que PSD es esencialmente no-irritante al ojo. Alcance: El producto diluido es menos incidente que resultados obtenidos en prueba.

b.- Comportamiento ambiental:

- No contiene ningún "VOC", "HAP" (agentes contaminantes peligrosos para el aire) o los "ODS" (sustancias que agotan la capa de ozono).

- TCLP-Seguro-No peligroso: PennzSuppress'D fue probado en su forma concentrada, y no contiene ninguno los metales regulados por Test TCLP, por lo tanto no está conforme a este método de prueba a la hora de determinar su disposición, y no necesita ser dirigido como desecho peligroso.
- No inhibe el crecimiento vegetal: Cuando una sustancia se aplica a los caminos, hay a menudo preocupaciones por dañar las plantas que crecen en el área. Para evaluar el efecto sobre el crecimiento vegetal en un suelo tratado con PSD se sometió al producto a una prueba aguda de toxicidad regida según EPA, la cual consiste en evaluar a través del tiempo el alargamiento de la raíz en semillas de lechuga. Una dilución de 1:9 del PennzSuppress'D (PSD:agua), que es la concentración comúnmente aplicada, fue utilizada en agua para determinar el EC_{50} que indica la cantidad de producto eficaz para que el 50% de las semillas de prueba presenten alargamiento de la raíz. Cuanto mas alto es el valor del EC_{50}, mas baja es la toxicidad del material de prueba, es decir mayor es la cantidad de material que las plantas pueden tolerar sin que se vea afectado su crecimiento.

El valor de EC_{50} determinado para PSD diluido es de 128.000 mg/lt que de acuerdo con el gravamen de EPA no se considera dañino para el crecimiento vegetal.

- Toxicidad baja hacia pescados: Pruebas realizadas para determinar el efecto mortal del producto sobre la vida acuática fueron realizadas según pautas EPA. Se probaron diez especies de agua en periodos de 12, 24, 48, 72 y 96 horas: Para determinar en pruebas el valor LC_{50} que indica la cantidad de un producto que se deba consumir para matar al 50% de la población acuática de la prueba en un estudio controlado, se utilizo una dilución del producto correspondiente a una parte de PSD por nueve partes de agua (1:9). Los valores acuáticos agudos de toxicidad LC_{50} obtenidos en pruebas durante un periodo de 96hrs corresponden a 510mg/lt en larvas y pececillos, y 913mg/lt para truchas de arco iris. Por tanto según valores de LC_{50} registrados en pruebas, en conjunto con el gravamen de EPA que clasifica a valores de LC_{50} entre 100-1000mg/l como prácticamente no toxico, se concluye que PennzSuppress'D exhibe un nivel bajo de toxicidad a los pescados probados.

Alcance: La cantidad real de PSD dispuesta en un canal a consecuencia del lavado del camino por lluvia caída inmediatamente después de construida la carpeta (sin periodo de fragüe) es bastante menor a la dilución utilizada en pruebas.

- **Perma-Zyme 11X** (PZ-11X):

Información reguladora:

- PZ-11X no contiene ningún componente peligroso. Sus ingredientes principales son enzimas misceláneas producidas de productos alimenticios. PZ-11X no contiene ninguno de los agentes contaminadores clasificados por USEPA (TCLP) o productos químicos enumerados por RCRA, CERCLA, o CWA.
- Este producto no presenta ningún grado de peligro según el sistema canadiense de información de materiales arriesgado (HMIS).

Grado HMIS: Extremo: 4. Alto: 3. Moderado: 2. Leve: 1

Grado de peligro según HMIS de PZ 11X: Salud: 0. Explosivo: 0. Reactividad: 0.

a.- Comportamiento ante la salud:

- Toxicidad Oral - dosis aguda**:** LD50 (ratas) > 5.000mg/lt. No Toxico para la vida Humana.
- Irritación Cutánea: Pruebas de sensibilidad realizadas a cerdos, mostraron que PZ-11X provoca irritación leve a la piel solo si el contacto es prolongado.
- Irritación Ocular: De 110 conejos blancos (gran sensibilidad ocular) por un periodo de 24hrs solo 15 de ellos manifestaron irritación ocular leve, clasificando con esto a PZ-11X (en su composición concentrada) como un irritante ocular suave.

b.- Comportamiento ambiental:

Alcance: Análisis de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) y Reactividad realizados en marzo del 2003 por CESMEC (Laboratorio de Análisis Químicos).

- TCLP-Seguro-No peligroso:

Resultados Análisis de Toxicidad:

Elemento	Concentración (mg/L)	
	Limite Detectados (Mezcla suelo-PZ 11X)	Máxima Permisible EPA 1311
Plomo	< 0,2	5,0
Cadmio	< 0,05	1,0
Mercurio	< 0,01	0,2
Cromo	< 0,1	5,0
Bario	< 5	100,0
Selenio	< 0,05	1,0
Arsénico	< 0,05	5,0
Plata	< 0,2	5,0

Según resultados se concluye que PZ-11X en una dosis de 0,030lt/m^3 de suelo no presenta en su composición ningún metal con concentración mayor a la permisible según Test TCLP método EPA 1311 “Procedimiento de característica de toxicidad por lixiviación”, por lo tanto la mezcla Suelo-PZ- 11X puede ser clasificada como un Residuo Sólido no Peligroso.

- Reactividad:

Resultados Análisis de Reacción:

Elemento	Concentración (mg/kg)	
	Limite Detectados (Mezcla suelo-PZ 11X)	MáxPermisible EPA
Ácido Cianhídrico	< 0,5	250
Ácido Sulfhídrico	< 10	500

Según valores obtenidos se concluye que PZ-11X en una dosis de 0,030lt/m^3 de suelo presenta concentraciones de compuestos tóxicos (Ácido Cianhídrico y Sulfhídrico) inferior a los valores permisibles según método EPA 1001-1002, por consiguiente la mezcla suelo-PZ-11X se clasifica como un residuo sólido que no reviste peligro (Estable).

- No Toxico a los animales marinos: Valor agudo de toxicidad acuática (LC_{50}) obtenido en prueba realizada durante un periodo de 96hrs corresponde a 2.100mg/lt, demostrando con esto que Perma-Zyme 11X no es toxico a la vida acuática.

- **Descobond 500 (DB-500):**

Información reguladora:

- DB-500 no contiene ninguna sustancia peligrosa para medio ambiente de las definidas por CERCLA ni en la Sección 311/312 de 40 CFR 370.
- Los componentes de DB 500 son considerados químicamente como productos no peligrosos según OSHA (29 CFR 1910.1200) y no están dentro de los productos que controla SARA en título III Sección 313.
- Este producto presenta ningún grado de peligro según el sistema canadiense de información de materiales arriesgado (HMIS): Salud: 0. Explosivo: 0. Reactividad: 0

a.- Comportamiento ante la salud:

- Irritación Cutánea primaria: No provoca irritación cutánea. DB500 se clasifica en la categoría IV de toxicidad para los efectos de piel.

- Irritación Ocular primaria: Prácticamente no irritante. DB500 se clasifica en la categoría IV de Toxicidad para efectos ocular.

- Sensibilización alergénica: No provoca sensibilización ni irritación cutánea significativa.

b.- Comportamiento ambiental:

Alcance: Análisis de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) y Reactividad realizados en marzo del 2003 por CESMEC (Laboratorio de Análisis Químicos).

- TCLP-Seguro-No peligroso:

Resultados Análisis de Toxicidad:

Elemento	Concentración (mg/L)		
	Limite Detectados		Máxima Permisible EPA 1311 (Nivel Regulatorio)
	Suelo/DB-500	Suelo/DB-500/CSS1	
Plomo	<0,2	< 0,2	5,0
Cadmio	<0,05	< 0,05	1,0
Mercurio	<0,01	< 0,01	0,2
Cromo	<0,1	< 0,1	5,0
Bario	<5	< 5	100,0
Selenio	<0,05	< 0,05	1,0
Arsénico	<0,05	< 0,05	5,0
Plata	<0,2	< 0,2	5,0

Según resultados DB-500 en una dosis de 0,61lt/m^3 de suelo, así como de (0,61lt+2,5lt_{CSS1}) por m^3 de suelo no presenta en su composición ningún metal con concentración mayor a la permisible según Test TCLP método EPA 1311, por lo tanto la mezcla Suelo/DB y Suelo/DB/CSS1 puede ser clasificada como un Residuo Sólido no Peligroso.

- Reactividad:

Resultados Análisis de Reacción:

Elemento	Concentración (mg/L)		
	Limite Detectados		Máxima Permisible (Nivel Regulatorio)
	Suelo-DB 500	Suelo-DB 500 + CSS1	
Ácido Cianhídrico	<0,5	<0,5	250
Ácido Sulfhídrico	<10	<10	500

Según resultados DB-500 en una dosis de 0,61lt/m^3 de suelo, así como de (0,61lt+2,5lt_{CSS1}) por m^3 de suelo presenta concentraciones de compuestos tóxicos (inferior a los valores permisibles según método EPA 1001-1002, por consiguiente la mezcla Suelo/DB y Suelo/DB/CSS1 se clasifica como un residuo sólido que no reviste peligro (Estable).

- **PZ-22X:**

Información Reguladora: Todos los componentes que conforman a PZ-22X no son considerados arriesgados según OSHA (29 CFR 1910.1200) .

a.- Comportamiento ante la salud:

- Irritación Cutánea primaria: No provoca irritación cutánea. PZ-22X se clasifica en la categoría IV de toxicidad para los efectos de piel.

- Irritación Ocular primaria: Prácticamente no irritante. PZ-22X se clasifica en la categoría III de Toxicidad para efectos ocular.

- Sensibilización alergénica: Pruebas realizadas sobre un grupo de cincuenta personas demostró que PZ-22X no provoca sensibilización ni irritación cutánea significativa.

- Toxicidad Oral - dosis aguda: PZ-22X en un nivel de dosis de 5000mg/kg) no provoca toxicidad oral. PZ-22X se clasifica en la Categoría de Toxicidad IV.

b).- Comportamiento ambiental:

Alcance: Análisis de Reactividad y Toxicidad por Lixiviación (TCLP) realizados en marzo del 2003 por CENMA (Centro Nacional del Medio Ambiente-Laboratorio de Análisis Ambiental).

- Reactividad:

Resultados Análisis de Reacción:

Elemento	Concentración (mg/kg)	
	Limite Detectados PZ-22X	Máxima Permisible EPA
Ácido Cianhídrico	No detectado	250
Ácido Sulfhídrico	No detectado	500

Según Valores obtenidos se puede concluir que PZ-22X no presenta en su composición concentraciones de compuestos tóxicos (Ácido Cianhídrico y Sulfhídrico) enunciados por método EPA 1001-1002, por lo que PZ-22X se clasifica como un residuo líquido que no reviste peligro (Estable).

- TCLP-Seguro-No peligroso:

Resultados Análisis de Toxicidad:

Elemento	Concentración (mg/L)	
	Limite Detectado (Mezcla suelo-PZ 22X)	Máxima Permisible EPA 1311 (Nivel Regulatorio)
Plomo	3,20 E-2	5,0
Cadmio	7,70 E-4	1,0
Mercurio	3,00 E-4	0,2
Cromo	5,43 E-3	5,0
Bario	1,20 E-4	100,0
Selenio	2,12 E-2	1,0
Arsénico	2,80 E-2	5,0
Plata	5,60 E-4	5,0

Según valores obtenidos se concluye que PZ-22X no presenta en su composición ningún metal con concentración mayor a la permisible según Test TCLP: “Procedimiento de característica de toxicidad por lixiviación”, por lo tanto PZ-22X se clasifica como un Residuo liquido no Peligroso.

- **ProBase TX-55:**

Información Reguladora:

- ProBase TX-55 no contiene ninguna sustancia peligrosa para medio ambiente de las definidas por CERCLA ni en la Sección 311/312 de 40 CFR 370.
- Los componentes de ProBase TX-55 son considerados químicamente como productos no peligrosos según OSHA (29 CFR 1910) y no están dentro de los productos que controla SARA en título III Sección 313.
- Este producto presenta ningún grado de peligro según el sistema HMIS: Salud: 1. Explosivo: 0. Reactividad: 0

a.- Comportamiento ante la Salud:

- Irritación Cutánea primaria: No provoca irritación cutánea. ProBase TX-55 se clasifica en la categoría IV de toxicidad para los efectos de piel.

- Irritación Ocular primaria: Prácticamente no irritante. ProBase TX-55se clasifica en la categoría IV de Toxicidad para efectos ocular.

- Sensibilización alergénica: No provoca sensibilización ni irritación cutánea significativa.

b.- Comportamiento Ambiental:

PROBASE es ambientalmente seguro. No contiene ningún subproducto, ácidos o petróleo, no tóxico, no inflamable.

- EPA/Inflamabilidad: NO.

- EPA/Reactividad: NO.

- EPA/Liberación repentina de presión: NO.

- SARA, TITULO III, 313: No se conoce que este material contenga ningún químico a un nivel de 1.0% o mayor (0.1% para carcinógenos) en la Lista de Químicos Tóxicos y que están sujetos a los requerimientos de informe de liberación.

ÍTEM 3.5

Productos estabilizantes / Prevención y riesgos ante la salud y el ambiente

a).- Peligros para la salud de las personas

Efectos sobre la salud por:	Productos químicos					
	• **TZ-11X**	• **PSD**	• **PZ-11X**	• **DB-500**	• **PZ-22X**	• **TX-55**
Sobre exposición aguda (Inmediato)	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno.	Ninguno	Ninguno
Sobre exposición crónica (largo plazo)	Irritación leve de membranas nasales y ojos	Irritación leve, tos, estornudos u otros síntomas molestos	Irritación leve de sistema respiratorio y ocular	Puede comprometer la piel y vías respiratorias.	Posible irritación leve nasal, cutánea y ocular	Posible irritación nasal, de ojos y piel
Inhalación	Ninguno	Puede causar leve irritación de vías nasales y garganta	Puede causar leve irritación conductos nasales y garganta	Posible irritación del sistema respiratorio.	Puede causar leve irritación nasal.	Puede causar leve irritación nasal.
Exposición del producto puro con la piel	Posible irritación por contacto prolongado.	Puede causar irritación leve, si el contacto es prolongado	Puede causar alguna irritación por contacto prolongado	El contacto prolongado con la piel puede causar irritación leve	Mediana irritación por contacto prolongado	Leve irritación por contacto prolongado.
Contacto del prod. concentrado c/ojos	Irritación leve	Irritación leve	Irritación leve	Irritación leve.	Mediana irritación	Posiblemente irritación leve
Ingestión	Posibles vómitos o diarrea leve. No tóxico	Posibles vómitos. No tóxico	Posibles vómitos o leve diarrea. No toxico	Producto ligeramente toxico a no toxico.	Posibles vómitos. No tóxico	Posibles vómitos. No tóxico
Elementos Cancerigenos	No se clasifica ninguno de los componentes del producto como cancerigenos según el NTP, IARC OSHA					
Elementos Mutagenos	No contiene sustancias que causen mutaciones o cambios en el material genético de las células					

b).- Medidas de emergencia y primeros auxilios

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo a lo siguiente:

- **TerraZyme:**

→ Contacto con la piel: Lavar con abundante agua limpia.

→ Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua limpia.

→ Ingestión: Beber abundante cantidad de agua. Después de la dilución inducir el vómito. Atención preventiva con medico.

- **PennzSuppress'D:**

→ Inhalación: Ventilarse al aire libre un mínimo de 10 minutos o hasta aliviar los síntomas.

→ Contacto con la piel: Lavar y enjuagar con agua limpia y jabón el área afectada; consultar con un médico si la irritación persiste.

→ Contacto con los ojos: Lavar y enjuagar con abundante agua limpia. Como prevención consultar a un médico.

→ Ingestión: Beber abundante cantidad de agua. Después de la dilución inducir el vómito. Atención preventiva con medico.

Nota para el médico tratante: Lavar e higienizar el esófago, estomago y vías afectadas mediante métodos tradicionales.

- **Perma-Zyme 11X:**

→ Contacto con la piel: Lavar con abundante agua limpia.

→ Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua limpia y fresca por 10 a 15 minutos o hasta eliminar por completo el material. Si posee lentes de contacto retírelos antes de comenzar con el lavado de la zona ocular y procure limpiarlos antes de su colocación. Consiga la atención médica si persiste la irritación.

→ Ingestión: Beber abundante cantidad de agua. No induzca vómitos. Si persiste el trastorno del estómago, consulte a médico.

→ Inhalación: Muévase al aire fresco. Consiga la atención médica si persiste la irritación.

- **Descobond 500:**

→ Contacto con la piel: Lave a fondo las áreas afectadas de la piel con agua y jabón. Consulte a un medico si la irritación persiste.

→ Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua limpia durante 15 minutos. Si la irritación persiste, vea un medico.

→ Ingestión: Si ocurre ingestión beba dos vasos de agua. Consulte a un medico puntualmente para el tratamiento adicional. No induzca vómitos.

→ Inhalación: muévase al aire fresco

- **PZ-22X:**

→ Contacto con la piel: Lavar con abundante agua limpia y detergente.

→ Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua limpia.

→ Ingestión: Beber abundante cantidad de agua he inducir vómitos. Atención preventiva con medico.

→ Inhalación: muévase al aire fresco

- **ProBase TX-55:**

→ Contacto con la piel: lave el área afectada a fondo con agua y jabón.

→ Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua limpia, durante al menos 15 minutos. Atención preventiva con medico.

→ Inhalación: muévase al aire fresco.

→ Ingestión: No inducir vómitos, asistencia médica inmediata.

c).- Precauciones ambientales al utilizar productos estabilizantes

Detalle	Productos químicos					
	• **TZ-11X**	• **PSD**	• **PZ-11X**	• **DB 500**	• **PZ-22X**	• **TX-55**
Procedimiento en caso de filtraciones y derrames	Lavar con abundante agua la zona afectada	Lavar área afectada con abundante agua o cubrir con una capa de aserrín o tierra natural	Lavar con abundante agua zona afectada, que quede diluido al 2% de concentración	Aplicar tierra o cal, una vez absorbido el producto retirarlo y darle como disposición un vertedero de basura autorizado	lavar con abundante agua	Absorba el derrame con material inerte
Equipo de protección personal para atacar la emergencia	Ninguno en especial. Se sugiere utilizar guantes y gafas de seguridad	Buzo, mascarilla antipolvo, calzado de seguridad, antiparras y guantes	Ninguna en especial. Se sugiere utilizar guantes y gafas de seguridad	Delantal, guantes y mascarilla en caso de filtración en disposición de niebla o calentamiento del produc. (emisión de vapores)	Ninguno en especial.	Delantal guantes y gafas de seguridad
Método de eliminación de residuos de producto	Se sugiere depositar residuos hacia el alcantarillado	Tradicionales para desechos industriales	Se sugiere depositar residuos en sistema de alcantarillado o aguas residuales	Coagule el producto con la adición gradual de cal; luego agregue y limpie el contenedor con agua, deposite residuos al sistema de alcantarillado de desechos químicos	Se sugiere depositar residuos hacia el sistema de alcantarillado.	Siga regulaciones estatales o locales para la disposición de materiales no arriesgados
Medidas para evitar daños al ambiente	Ninguna	Evitar la combustión del material	Ninguna	Evitar la combustión del compuesto	Ninguna	Ninguna
Eliminación de envases contaminados	Proveedor retira envases	Junto con basura sólida	Proveedor retira envases usados. Pueden ser reutilizados luego de un abundante enjuague	Los envases de 5 gal, una vez vaciados y aseados son donados a instituciones como colegios o similares para una libre disposición (basureros, disposición de residuos domésticos, etc.)	Proveedor retira los envases utilizados	Proveedor retira los envases utilizados

ANEXO 4

ÍTEM: 4.1: Pruebas in-situ - cálculos “volumen de material desprendido 1^{era}, 2da y 3^{era} evaluación”.

ITEM 4.1

Pruebas in-situ - cálculos " volumen de material desprendido 1^{era}, 2da y 3 ^{ra} evaluación"

- **1^{era} evaluación:**

Carpeta tratada con TerraZyme (TZ-11X) / Tiempo de elaboración: 13 días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de cálculo se considero pérdida de material en una superficie equivalente a 200m^2 y espesor de material desprendido igual a 2mm.
3	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural a un volumen equivalente a 0,03m^3= 1+2. (1): ^{a}(0,5x10) x ^{b}(0,0015)= 0,01m^3 (volumen involucrado por perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación zona de baches; (b): profundidad de baches =1,5mm (promedio de espesores de baches registrados en sector "a": e= 1 a 2mm). (2): ^{a}(1x14) - ^{b}(0,5x10)] x ^{c}(0,002)= 0,02m^3 (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente a franja paralela al eje del camino; (b): superficie equivalente a zona de baches considerado en el punto (1); (e): espesor de material desprendido registrado en "a" = 2mm.

Producto: PennzSupress'D (PSD) / Tiempo de elaboración: 12 días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural en 18,5m^2 de superficie (1,5x4m^2 + 5x2,5m^2), y un espesor de material desprendido de 3mm (Promedio de espesores registrados en baches: e=1 a 5mm).

Carpeta tratada con PermaZyme 11X (PZ-11X) / Tiempo de elaboración: 11 días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural en 200m^2 de superficie, y un espesor de material desprendido de 3mm.
2	Para efecto de cálculo se considero disgregación de material en 200m^2 de superficie y espesor de material desprendido igual a 4mm.
3	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en una superficie equivalente a 2,5m^2 (1mx2,5m) y un espesor de material suelto de 3mm.

Carpeta tratada con Descobond 500 (DB 500) / Tiempo de elaboración: 07 días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de 0,08m^3= 1; donde (1) [^{a}(2x20) + ^{b}(1,5x1)]x ^{c}(0,002)=0,08m^3 (Vol. desprendido por disgregación a nivel de superficie); (a): superf. costado exterior de vía de ascenso; (b): superf. equivalente a inicio de vía de descenso; (c) espesor material suelto en "a" y "b" = 2mm.
2	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural en 100m^2 de superficie (2x25m^2+2x25m^2), y un espesor de material desprendido = 3mm.

Carpeta tratada con PZ-22X / Tiempo de elaboración: 06 días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a 0,27m^3= 1, donde: (1): [^{a}(200) - ^{b}(11x2)] x ^{c}(0,0015)= 0,27m^3 (vol. de material desprendido por disgregación superficial); (a)= superficie correspondiente a vía de ascenso más vía descenso; (b): superf. equivalente a franja costado exterior vía de descenso, la cual presenta ausencia de segregación de material estructural a nivel de cota superficie; (c): espesor promedio registrado en "a"=1,5mm (espesores de material suelto registrado en "a": e=1 a 2mm).
2	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a 0,57m^3= 1+2, donde: (1): [^{a}(4x25) + ^{b}(0,3x25)] x ^{c}(0,004)= 0,43m^3 (vol. involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a)= superficie vía de descenso; (b): superficie correspondiente a franja ubicada al costado exterior de vía de ascenso;(c): espesor promedio de material suelto en "a" = 4mm (espesores en "a y b"= de 3 a 5mm). (2): $^{(a)}$(3,7x25) x $^{(b)}$(0,0015)= 0,14m^3 (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a)= superficie correspondiente a vía de ascenso; (b): espesor promedio de material suelto registrado en "a" = 1,5mm ("e" en "a"= de 1 a 2mm).

- **2da evaluación:**

Carpeta tratada con TerraZyme (TZ-11X) / Tiempo de elaboración: 28días

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural en 200m^2 de superficie y un espesor de material desprendido igual a 4mm
3	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural a un volumen equivalente a 0,08m^3= 1+2+3+4. (1): ^{a}(1x11) x ^{b}(0,0025)= 0,028m^3 (volumen por perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación zona de baches; (b): profundidad de baches =2,5mm (promedio de espesores de baches registrados en sector "a": e= 2 a 3mm). (2): ^{a}(1x1) x ^{b}(0,0015)= 0,002m^3 (volumen por perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación zona de baches; (b): profundidad de baches =1,5mm (promedio de espesores de baches registrados en sector "a": e= 1 a 2mm). (3): [^{a}(1,5x15) - ^{b}(1x11)] x ^{c}(0,004)= 0,046m^3 (volumen por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie franja paralela al eje del camino; (b): superficie zona de baches considerado en el punto (1); (c): espesor de material desprendido en "a" = 4mm. (4): [^{a}(1,3x1,3) - ^{b}(1x1)] x ^{c}(0,002)= 0,001m^3 (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente área ubicada al inicio de vía de ascenso; (b): superficie equivalente a zona de baches considerado en el punto (2); (c): e $_{material\ suelto}$ en "a" = 2mm.

Carpeta tratada con PennzSupress'D (PSD) / Tiempo de elaboración: 27 días

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
3	Se conservan valores obtenidos en evaluación anterior

Carpeta tratada PermaZyme 11X (PZ-11X) / Tiempo de elaboración: 26 días

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a 0,78m^3= 1+2, donde: (1): $^{(a)}$(1,5x25x2) x $^{(b)}$0,0045= 0,34m^3 (material desprendido); (a)= superficie correspondiente a costados longitudinales exterior de carpeta; (b): e=4,5mm (promedio de espesores de material suelto en "a": e=4 a 5mm). (2): $^{(a)}$(5x25) x $^{(b)}$0,0035= 0,44m^3 (material desprendido); (a)= superficie vía de ascenso; (b): e=3,5mm (promedio de espesores de material suelto registrados: e=3 a 4mm).
2	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en 125m^2, en un espesor = (5+8): 2 = 6,5mm y en 75m^2, en un espesor = (4+6): 2 = 5mm.
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural, equivalente a un volumen de 0,06m^3= 1+2, donde: (1): ^{a}(1,5x3) x ^{b}(0,0035)= 0,02m^3 (material desprendido en zona de baches); (a): superf. zona de baches; (b): espesor de material suelto considerado en calculo: e= 3,5mm (promedio de "e" en zona de baches "a"= 3 a 4mm) (2): ^{a}(0,5x25) x ^{b}(0,003)= 0,04m^3 (material desprendido por disgregación a nivel de superficie); (a): superf. franja vía de descenso; (b): espesor de material suelto en "a": 3mm.

Carpeta tratada con Descobond 500 (DB 500) / Tiempo de elaboración: 22 días

Sector	Volumen de material desprendido (m3)
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de 0,22m^3= 1+2+3+4, donde: (1): ^{a}(4x2) x ^{b}0,002= 0,016m^3 (perdida de material estructural en zona de baches); (a): superf. franja perpendicular a eje del camino ubicada al inicio de carpeta, entre vías; (b): profundidad promedio de baches =2mm (e_{baches} en (a):1 a 3mm). (2): 0,5x0,3x0,03= 0,005m^3 (volumen por perdida de material estructural en bache; vía de descenso costado exterior al inicio de carpeta; de profundidad = 6cm. (3): [^{a}(8x2) - ^{b}(0,5x0,3) - ^{c}(4x2) + ^{d}(23x2)] x ^{e}0, 003 = 0,16m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superf. franja perpendicular al eje del camino, ubicada al inicio de carpeta, entre vías; (b):superficie equivalente a bache, considerado en el punto (2); (c):superf. zona de baches, considerada en el punto (1); (d):superf. franja vía de ascenso; (e):espesor promedio de material suelto =3mm (espesores registrados en "a"= 2 a 4mm). (4): ^{a}(1x20) x ^{b}(0,002)= 0,04m^3 (vol. por perdida de material estructural a nivel de superf.); (a):superf. comprendida entre 1er y 2do cuadrante, vía de ascenso; (b):espesor promedio de material suelto =2mm (espesores registrados en "a"= 1 a 3mm).
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de 0,3m^3 = 1; donde: (1): ^{a}(4x25) x ^{b}(0,005)= 0,5m^3 (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie); (a): superficie vía de descenso; (b): espesor de material promedio en" a" = 5mm ($e_{(a)}$= 4 a 6mm

Sector	(continuación DB 500) **Volumen de material desprendido (m^3)**
3	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a $0,37m^3$= 1+2+3, donde: (1): $^{a}(0,5x25)$ x $^{b}(0,005)$ = $0,063m^3$ (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie); (a): superficie correspondiente a costado exterior de vía de ascenso, (b): espesor promedio de material suelto =5mm (promedio de espesores registrados en “a”: e=4 a 6mm). (2): [$^{a}(0,3x25)$x2 x $^{b}(0,003)$]= $0,045m^3$ (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie; (a): Superf. franja central vía de ascenso y descenso; (b): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en “a”= 3mm. (3): [$^{a}(8x25)$ - $^{b}2x(0,3x25)$ - $^{c}(0,5x25)$] x $^{d}(0,0015)$= $0,259m^3$ (Volumen de material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie), (a)= superficie correspondiente a vía de ascenso y descenso; (b) y (c)=superficie contabilizada en el punto (2) y (1); (d)=espesor promedio de material suelto=1,5mm (promedio de espesores registrados en “a”= 1 a 2mm).

Carpeta tratada con PZ-22X / Tiempo de elaboración: 21 días (sector 1 y 2). 10 días (sector 3)

Sector	**Volumen de material desprendido (m^3)**
1	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a $0,89m^3$= 1+2, donde: (1): $^{a}(5x25)$ x $^{b}(0,005)$= $0,63m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie; (a)= superficie vía de descenso más franja costado interior vía de ascenso; (b): espesor promedio de material suelto en “a”=5mm (espesores de material suelto en “a”: 4 a 6mm). (2): $^{a}(3x25)$ x $^{b}(0,0035)$= $0,26m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie); (a)= superficie vía de ascenso; (b): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en “a”= 3,5mm ($e_{\text{“a”}}$: 3 a 4mm).
2	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a $1,31m^3$= 1+2, donde: (1): [$^{a}(4x25)$ + $^{b}(1,5x25)$] x $^{c}0,0075$= $1,03m^3$ (material desprendido a causa de disgregación superficial); (a): superf. vía de descenso; (b)= superf. franja costado exterior vía de ascenso; (c): espesor promedio de material suelto en “a y b”=7,5mm (“e” entre a y b: de 5mm a 1cm). (2): $^{a}(2,5x25)$ x $^{b}0,0045$= $0,28m^3$ material desprendido a causa de disgregación superficial); (a): superficie correspondiente a vía de ascenso; (b): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en “a”=4,5mm ($e_{\text{“a”}}$: de 4 a 5mm)
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de $2,31m^3$= 1+2; donde: (1): $^{(a)}(7x25)$ x $^{(b)}0,01$= $1,75m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie vía de descenso + gran parte de vía de ascenso; (b): $e_{\text{promedio material suelto}}$ en “a”= 1cm ($e_{\text{“a”}}$: 5mm a 1,5cm). (2): $^{a}(1x25)$ x $^{b}(0,0225)$= $0,56m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie costado exterior vía de ascenso; (b): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en “a”= = 2,25cm ($e_{\text{“a”}}$: 2 a 2,5cm).

Carpeta tratada con ProBase TX-55 / Tiempo de elaboración: 11 días

Sector	**Volumen de material desprendido (m^3)**
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de $0,23m^3$= 1+2+3, donde: (1): $^{a}(2x5)$ x $^{b}(0,005)$= $0,05m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches ubicados al inicio de vía de descenso; (b): profundidad promedio de baches registrados en “a”=5mm (espesores de baches en “a”: de 4 a 6mm) (2): [$^{a}(20x0,3)$x2 + $^{b}(7,4x0,3)$ + $^{c}(3x5)$ - $^{d}(2x5)$] x $^{e}(0,0045)$= $0,09m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie costado exterior de vía de ascenso y descenso; (b): superficie equivalente costado transversal, termino de carpeta, 2^{do} cuadrante; (c): superficie equivalente a franja 1^{er} cuadrante vía de descenso; (d):superficie zona de baches, considerada en el punto 1; (e): espesor promedio de material suelto en a, b y c = 4,5mm (espesores en a, b y c: de 3 a 6mm). (3): $^{a}(5x5)$ x $^{b}(0,0035)$= $0,09m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie franja 1^{er} cuadrante vía de ascenso y parte de vía de descenso, inicio de carpeta; (b): espesor promedio de material suelto en “a”= 3,5mm (espesores en “a”:2- 5mm).
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de $0,6m^3$= 1, donde: (1): $^{a}(4x25)$ x $^{b}(0,006)$= $0,6m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente a vía de descenso ; (b): $e_{\text{promedio material suelto}}$ = 6mm ($e_{\text{material suelto}}$ en “a”: e=2mm a 1cm).
3	Nota: Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural, equivalente a un volumen de $0,06m^3$= 1+2, donde: (1): $^{a}(0,2x19)$ x $^{b}(0,003)$= $0,01m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie costado exterior de vía de ascenso ; (b): espesor promedio de material suelto = 3mm (espesores de material suelto registrado en “a”: e=2 a 4mm). (2): $^{a}(2,5x4)$ x $^{b}(0,0045)$= $0,05m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie costado transversal de vía de ascenso, termino de carpeta ; (b): espesor promedio de material suelto = 4,5mm (espesores de material suelto en “a”: e=3 a 6mm).

- **3ra evaluación:**

Carpeta tratada con TerraZyme (TZ-11X) / Tiempo de elaboración: 43días.

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de $1,1m^3$= 1+2, donde: (1): $^{a}(8x25) \times {}^{b}(0,0015)= 0,3m^3$ (material desprendido); (a): superficie vía de ascenso y descenso; (b): espesor promedio de material suelto registrado en "a"=1,5mm ($e_{\text{"a"}}$: de 1 a 2mm). (2): $^{a}(8x25) \times {}^{b}(0,004)= 0,8m^3$ (material desprendido, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a): superficie equivalente a vía de ascenso y descenso; (b): $e_{\text{material suelto}}$ en "a"=4mm.
3	Para efecto de cálculo se considero perdida de material estructural a un volumen equivalente a $0,23m^3$= 1+2+3+4+5+6. (1): $^{a}(1,5x12) \times {}^{b}(0,005)= 0,09m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación zona de baches: franja paralela al eje del camino en vía de descenso; (b): profundidad promedio de baches registrados en sector "a" =5mm ($e_{\text{sector "a"}}$: de 4 a 6mm). (2): $^{a}(1,5x1,5) \times {}^{b}(0,0025)= 0,01m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación zona de baches: inicio de vía de ascenso; (b): profundidad promedio de baches =2,5mm ($e_{\text{baches sector "a"}}$: de 2 a 3mm). (3): $[^{a}(2x18) - {}^{b}(1,5x12)] \times {}^{c}(0,0025)= 0,05m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie franja paralela al eje del camino; (b): superficie zona de baches considerado en el punto (1); (c): espesor promedio de material suelto registrado en "a" = 2,5mm ($e_{\text{"a"}}$: e=2 a 3mm). (4): $[^{a}(1,5x14) - {}^{b}(1,5x1,5)] \times {}^{c}(0,0015)= 0,03m^3$ (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente a área ubicada al inicio de vía de ascenso; (b): superficie equivalente a zona de baches considerado en el punto (2); (c): espesor promedio de material suelto en "a" = 1,5mm ($e_{\text{"a"}}$: de 1 a 2mm). (5): $[^{a}(1,5x15) - {}^{b}(1x11)] \times {}^{c}(0,004)= 0,046m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a):superficie equivalente a franja paralela al eje del camino; (b): superficie zona de baches ya considerado; (c): $e_{\text{material suelto}}$ en "a" = 4mm. (6): $[^{a}(1,3x1,3) - {}^{b}(1x1)] \times {}^{c}(0,002)= 0,001m^3$ (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a):superficie equivalente área ubicada al inicio de vía de ascenso; (b): superficie equivalente a zona de baches ya considerado; (c): espesor de material desprendido registrado en "a" = 2mm.

Carpeta tratada con PennzSupress'D (PSD) / Tiempo de elaboración: 42 días

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
2	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en $0,75m^2$ (0,5mx1,5m) de superficie y espesor de material desprendido = 2mm (promedio de espesores en baches: 1-2mm)
3	Se conservan valores obtenidos en evaluación anterior

Carpeta tratada con PermaZyme 11X (PZ-11X) / Tiempo de elaboración: 41 días

Sector	Volumen de material desprendido (m^3)
1	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a $1,58m^3$= 1+2+3, donde: (1): $^{(a)}(8x25) \times {}^{(b)}0,004= 0,8m^3$ (material desprendido; (a)= superficie correspondiente a costados longitudinales exterior de carpeta de prueba; (b): $e_{\text{material suelto en "a"}}$: e=4mm). (2): $^{(a)}(1,5x25x2) \times {}^{(b)}0,0045= 0,34m^3$ (material desprendido, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a)= superficie costados longitudinales exterior de carpeta de prueba; (b): espesor promedio de material suelto en "a" =4,5mm ($e_{\text{material suelto en "a"}}$: de 4 a 5mm)]. (3): $^{(a)}(5x25) \times {}^{(b)}0,0035= 0,44m^3$ (material desprendido, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia; (a)= superf. vía de ascenso; (b): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en "a"=3,5mm ($e_{\text{material suelto en "a"}}$:3-4mm).
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de $2,6m^3$ = 1+2+3+4, donde: (1): $^{a}(3x25) \times {}^{b}0,015= 1,1m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches (franja entre vías, sobre el eje del camino, 1er y 2do cuadrante); (b): profundidad promedio de baches sector "a" = 1,5cm ($e_{\text{baches "a"}}$: de 1 a 2cm). (2): $^{a}(2,5x25) \times {}^{b}0,004= 0,25m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (^{a}):superf vía de descenso; (b): espesor prom material suelto en "a"=4mm ($e_{\text{"a"}}$:3-5mm). (3): $[^{(a)}(4x25) + {}^{(b)}(1x25)] \times {}^{(c)}0,0065= 0,8m^3$ (material desprendido a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a)= superficie vía de descenso; (b)= superficie franja costado interior vía de ascenso; (c): $e_{\text{promedio de material suelto}}$ en "a y b" =6,5mm ($e_{\text{"a" y "b"}}$: e=5mm a 8mm). (4): $^{(a)}(3x25) x {}^{(b)}0,005= 0,4m^3$ (material desprendido a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a)=superf. vía de ascenso; (b): $e_{\text{prom.material suelto}}$ en "a=5mm ($e_{\text{"a"}}$: 4 -6mm)

Sector	(Continuación PZ-11X) **Volumen de material desprendido (m^3)**
3	Para efecto de calculo se considero disgregación de material en un volumen equivalente a $0,39m^3$= 1+2+3+4, donde: (1): $^{a}(1,7x3,2)$ x $^{b}(0,005)= 0,03m^3$ (material desprendido en zona de baches); (a): área de ocupación baches; (b): profundidad promedio de baches sector "a": =5mm ($e_{"a"}$ = 4 a 6mm) (2): $^{a}(0,8x25)$ x $^{b}(0,002)= 0,04m^3$ (material desprendido, producto de disgregación a nivel de superficie); (a): superficie franja vía de descenso; (b): $e_{material\ suelto}$ en "a"=2mm. (3): $[^{(a)}(4x25) - {}^{(b)}(1,7x3,2)]$ x $^{b}(0,003)= 0,28m^3$ (material desprendido, producto de disgregación a nivel de superficie); (a): superficie vía ascenso; (b): superficie zona de baches considerada en el punto (1): espesor promedio de material suelto en "a" =3mm ($e_{"a"}$:2-4mm). (4): $0,5x25x0,003= 0,04m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); franja vía de descenso.

Carpeta tratada con Descobond 500 (DB 500) / Tiempo de elaboración: 37 días

Sector	**Volumen de material desprendido (m^3)**
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de $0,59m^3$= 1+2+3+4+5+6, donde: (1): $^{a}(4,5x2,5)$ x $^{b}0,004= 0,05m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a):área de ocupación de baches en franja perpendicular a eje del camino, al inicio de carpeta, entre vías; (b):profundidad baches registrados en sector "a" = 4mm. (2): $0,7x0,5x0,04= 0,01m^3$ (perdida de material estructural en bache; vía de descenso costado exterior al inicio de carpeta; e=4cm (profundidad de cavidad). (3): $[^{a}(8x2,5) - {}^{b}(0,7x0,5) - {}^{c}(4,5x2,5) + {}^{d}(22,5x2)]$ x $^{c}0,0028 = 0,15m^3$ (por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie franja perpendicular al eje del camino, ubicada al inicio de carpeta, entre vías; (b):superficie equivalente a bache, considerado en el punto (2); (c):superficie equivalente a zona de baches, considerada en el punto (1); (d): superficie correspondiente aparte del 1^{er} y 2^{do} cuadrante de vía de ascenso; (e): $e_{promedio\ de\ material\ suelto}$ en "a y d" = 2,8mm ($e_{a\ y\ d}$: 2,5 a 3mm). (4): $[^{a}(6x22,5) - {}^{b}(8x2)]$ x $^{c}0,0015 = 0,18m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie equivalente área que cubre parte de la vía de ascenso y vía descenso, 1^{er} y 2^{do} cuadrante; (b): superficie exenta de perdida de material); (c): $e_{promedio\ de\ material\ suelto}$ en "a" =1,5mm ($e_{"a"}$: 1 a 2mm). (5): $[^{a}(8x2) - {}^{b}(0,5x0,3) - {}^{c}(4x2) + {}^{d}(23x2)]$ x $^{e}0,003 = 0,16m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a):superficie franja perpendicular al eje del camino, al inicio de carpeta, entre vías; (b):superf. equivalente a bache, ya considerado; (c):superficie zona de baches, ya considerada; (d):superficie franja vía de ascenso; (e): espesor promedio de material suelto en "a" =3mm ($e_{"a"}$: 2 a 4mm). (6): $^{a}(1x20)$ x $^{b}(0,002)= 0,04m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a):superficie comprendida entre 1^{er} y 2^{do} cuadrante, vía de ascenso; (b): espesor prom. material suelto en "a" = 2mm ($e_{"a"}$:1-3mm).
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de $1,17m^3$= 1+2+3+4, donde: (1): $[^{a}(2x25) + {}^{b}(0,7x6)]$ x $^{c}(0,0075)= 0,41m^3$ (material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches correspondiente a franja entre vías, sobre el eje del camino, 1^{er} y 2^{do} cuadrante; (b): área de ocupación de baches correspondiente a franja central vía descenso, 1^{er} cuadrante; (c): profundidad promedio de baches = 7,5mm (promedio de espesores de baches en (a): e= 5mm a 1cm). (2): $[^{(a)}(0,5x1)+{}^{(b)}(0,3x1)+{}^{(c)}(0,5x3)]$ x $^{d}(0,005)= 0,01m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches ubicados al inicio 1^{er} cuadrante, vía de ascenso; (b): área de ocupación de baches ubicados entre el 1^{er} y 2^{do} cuadrante, vía de ascenso; (c): área de ocupación de baches ubicados al termino del 2^{do} cuadrante, vía de ascenso; (d): profundidad promedio de baches = 5mm ($e_{baches\ (a),\ (b)\ y\ (c)}$: 3mm a 7mm). (3): $^{a}(4x25)$ x $^{b}(0,005)= 0,5m^3$ (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia; (a): superficie vía de descenso; (b): espesor promedio de material desprendido en "a" = 5mm ($e_{"a"}$= 4 a 6mm. (4): $[^{a}(4x25) - {}^{b}(0,7x6) - {}^{c}(1x25)]$ x $0,0035 = 0,25m^3$ perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie vía de descenso; (b) y (c):superficie zona de baches, ya consideradas; (d): espesor promedio de material suelto en "a"= 3,5mm ($e_{mat.\ suelto\ en\ "a"}$:e=2-5).

Sector	(Continuación DB-500) **Volumen de material desprendido (m^3)**
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural equivalente a un volumen de $0,7m^3$= 1+2+3+4+5, donde: (1): $^{a}(0,6x25) \times {}^{b}(0,0035)= 0,053m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie); (a): superficie costado exterior de vía de ascenso; (b): espesor promedio de material suelto en "a" =3,5mm (promedio de espesores en "a": e=3 a 4mm). (2): $[^{a}(3,4x25) + {}^{b}(0,4x25)] \times {}^{c}(0,0025)= 0,238m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie); (a): superficie correspondiente a gran parte de vía de ascenso; (b): superficie franja central de vía de descenso; (c): $e_{prom.\ material\ suelto}$ en "a y b" =2,5mm ($e_{"a\ y\ b"}$: e=2 a 3mm). (3): $^{a}(0,5x25) \times {}^{b}(0,005) = 0,063m^3$ (volumen de material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a): superficie costado exterior de vía de ascenso, (b): e $_{promedio\ de\ material\ suelto}$ en "a" =5mm ($e_{"a"}$:4 a 6mm). (4): $[^{a}(0,3x25)x2 \times {}^{b}(0,003)]= 0,045m^3$ (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a): superficie correspondiente a franja central vía de ascenso y descenso; (b): $e_{promedio\ de\ material\ suelto}$ en "a"= 3mm). (5): $[^{a}(8x25) - {}^{b}2x(0,3x25) - {}^{c}(0,5x25)] \times {}^{d}(0,0015)=$ $0,259m^3$ (material desprendido a causa de disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia), (a)= superficie correspondiente a vía de ascenso y descenso; (b) y (c)=superficie contabilizada en el punto (2) y (1); (d)=espesor prom. de material suelto en "a"=1,5mm ($e_{"a"}$= 1-2mm).

Carpeta tratada con PZ-22X / Tiempo de elaboración: 36 días (sector 1 y 2). 25días (sector 3)

Sector	**Volumen de material desprendido (m^3)**
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural de un volumen equivalente a $1,71m^3$= 1+2+3+4+5, donde: (1): $^{a}(0,5x0,5)x2 \times {}^{b}(0,04)= 0,02m^3$ (perdida de mat. estructural en baches); (a): área de baches "nicio, de vía de descenso, 1^{er} cuadrante"; (b): profundidad de baches:4cm (2): $^{a}(2x6) \times {}^{b}(0,02)= 0,24m^3$ (perdida de material en zona de ondulaciones), (a): área de ocupación de ondulaciones localizadas al centro de vía de ascenso 1^{er} cuadrante; (b): profundidad promedio de ondulaciones = 2cm (prom. de espesor.de baches en "a":e:1-3cm). (3): $[^{a}(8x25) - {}^{b}(2x6) - {}^{c}(0,5x0,5)x2] \times {}^{d}(0,003)= 0,56m^3$ (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie vía de descenso + vía de ascenso; (b):superficie equivalente a baches, considerados en el punto (1); (c):superficie equivalente a zona de ondulaciones, considerada en el punto (2); (d)espesor prom. de material suelto en "a" = 3mm ($e_{"a"}$:2-4mm) (4): $^{a}(5x25) \times {}^{b}(0,005)= 0,63m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia; (a)= superficie correspondiente a vía de descenso más franja costado interior vía de ascenso; (b): e=5mm (promedio de espesores de material suelto registrados en "a": e=4 a 6mm). (5): $^{a}(3x25) \times {}^{b}(0,0035)= 0,26m^3$ (material desprendido por disgregación a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a)= superficie vía de ascenso; (b): e=3,5mm (promedio de espesores de material suelto en "a": e=3 a 4mm).
Sector	(continuación PZ-22X) **Volumen de material desprendido (m^3)**
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de $1,98m^3$ = 1+2+3+4+5+6, donde: (1): $^{a}(1,5x12) \times {}^{b}(0,0075)= 0,14m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches "franja entre vías, sobre el eje del camino, 1^{er} cuadrante; (b): profundidad promedio de baches en "a"= 7,5mm (profundidad de baches : de 5mm a 1cm). (2): $^{a}(1x10) \times {}^{b}(0,006)= 0,06m^3$ (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches "franja entre vías, sobre el eje del camino, 2^{do} cuadrante; (b): espesor promedio de baches distribuidos en "a"= 6mm (e_{baches}: de 5 a 7mm) (3): $^{a}(0,7x12) \times {}^{b}(0,0125)= 0,11m^3$ (volumen involucrado por perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches correspondiente a franja costado exterior vía de ascenso entre primer y segundo cuadrante; (b):profundidad promedio de baches distribuidos en "a"= 1,25cm (profundidad de baches : de 1 a 1,5cm). (4): $[^{a}(4,75x25) - {}^{b}(1,5x12) - {}^{c}(1x10)] \times {}^{d}(0,004) =$ $0,36m^3$ (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente a vía de descenso más franja entre vías; (b) y (c):superficie equivalente a zona de baches, considerada en el punto (1) y (2); (d): espesor promedio de material suelto en "a"=4mm ($e_{material\ suelto}$ en "a": 3 a 5mm). (5): $[^{a}(4x25) + {}^{b}(1,5x25)] \times {}^{c}0,0075= 1,03m^3$ (volumen de material desprendido a causa de disgregación superficial, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a): superficie correspondiente a vía de descenso; (b)= superficie correspondiente a franja costado exterior vía de ascenso; (c): espesor promedio de material suelto registrado en "a y b"=7,5mm (espesores de material suelto registrados en a y b: de 5mm a 1cm). (6): $^{a}(2,5x25) \times {}^{b}0,0045= 0,28m^3$ (material desprendido a causa de disgregación superficial, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a): superficie vía de ascenso; (b): espesor prom. de material suelto en "a"=4,5mm (esp. de material suelto en a: de 4 a 5mm).

Sector	(Continuación PZ-22X) **Volumen de material desprendido (m^3)**
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural a un volumen equivalente a 3,45m^3= 1+2+3+4+5 donde: (1): ^{a}(0,5x25) x ^{b}(0,0085)= 0,11m^3 (material estructural a nivel de superficie); (a): superficie franja vía de ascenso, costado exterior; (b): $e_{prom.\ mat\ suelto}$ en “a”= 8,5mm ($e_{“a”}$: 7mm a 1cm). (2): ^{a}(5,5x25) x ^{b}(0,006)= 0,83m^3 (volumen involucrado por perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie equivalente a gran parte de vía de ascenso y descenso; (b): espesor promedio de material suelto registrado en “a”= 6mmm ($e_{“a”}$: de 5 a 7mm). (3): ^{a}(2x25) x ^{b}(0,004)= 0,2m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie franja vía de descenso, costado exterior; (b): $e_{promedio\ de\ material\ suelto}$ en “a”= 4mm ($e_{“a”}$: de 3 a 5mm). (4): ^{a}(7x25) x ^{b}0,01= 1,75m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superficie vía de descenso + gran parte de vía de ascenso; (b): espesor promedio de material suelto en “a”= 1cm ($e_{“a”}$: de 5mm a 1,5cm). (5): ^{a}(1x25) x ^{b}(0,0225)= 0,56m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superf. costado exterior vía de ascenso; (b): $e_{prom\ de\ mat.\ suelto}$ en “a”= 2,25cm ($e_{“a”}$=2 a 2,5cm).

Carpeta tratada con ProBase TX-55 / Tiempo de elaboración: 26 días

Sector	**Volumen de material desprendido (m^3)**
1	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de 0,79m^3= 1+2+3+4+5, donde: (1): ^{a}(2,5x5) x ^{b}(0,01)= 0,13m^3 (perdida de material estructural en zona de baches); (a) área de ocupación de baches: ubicada al inicio de vía de descenso; (b): $e_{cavidad}$ =1cm. (2): [^{a}(5x8) - ^{b}(2,5x5)] x ^{c}0,004 = 0,11m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a): superf. costado transversal ,inicio de carpeta, 1er cuadrante; (b): superf. zona de baches, considerada en el pto.1; (c): (b):$e_{prom\ material\ suelto}$ en a = 4mm ($e_{“a”}$: de 3-5mm). (3): ^{a}(2x8) x ^{a}(0,005)= 0,08m^3 (perdida de material a nivel de superficie); (a): superf. costado transversal, termino de carpeta, 2do cuad.; (b):$e_{prom\ de\ material\ suelto}$ en a= 5mm ($e_{“a”}$: de 4 a 6mm) (4): ^{a}(8x18) x ^{b}(0,002)= 0,29m^3 (perdida de material a nivel de superficie); (a): superf. vía de ascenso y descenso; (b):$e_{prom.material\ suelto}$ a = 2mm ($e_{“a”}$: de 1 a 3mm). (5): [^{a}(20x0,3)x2 + ^{b}(7,4x0,3) + ^{c}(3x5) - ^{d}(2x5)] x ^{e}(0,0045)= 0,09m^3 (perdida material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a):superficie costado exterior de vía de ascen.y descen.; (b): superficie costado transversal, 2do cuad.; (c): superficie franja 1er cuad. vía de descenso, inicio de carpeta; (d):superf. zona de baches, considerada en el pto. 1; (e): $e_{prom.\ material\ suelto}$ en a, b y c = 4,5mm ($e_{a,\ b\ y\ c}$: 3-6mm) (6): ^{a}(5x5)x^{b}(0,0035)= 0,09m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia); (a): superficie franja 1er cuadran. vía de ascenso y parte de vía de descenso, inicio de carpeta; (b): $e_{prom.\ material\ suelto}$ en “a”= 3,5mm ($e_{“a”}$:2-5mm)
2	Para efecto de calculo se considero perdida de material tratado, equivalente a un volumen de 1,09m^3= 1+2+3, donde: (1): 2x25x0,005 = 0,25m^3 (perdida de material estructural en zona de baches); (a): área de ocupación de baches, sobre el eje del camino, 1er y 2do cuadrante; (b): e_{baches} = 0,5cm. (2): [^{a}(0,5x12) + ^{b}(3x25)] x ^{c}(0,003)= 0,24m^3 0,5x12x0,015= 0,06m^3 (perdida de material estructural); (a): superficie franja costado exterior, vía de ascenso, entre 1er y 2do cuadrante; (b): superficie equivalente a gran parte de vía de descenso; (c): espesor promedio de material suelto = 3mm (espesores de material suelto en “a”: e=2 a 4mm). (3): ^{a}(4x25) x ^{b}(0,006)= 0,6m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a):superficie vía de descenso; (b): espesor promedio de material suelto = 6mm ($e_{“a”}$: e=2mm a 1cm).
3	Para efecto de calculo se considero perdida de material estructural, equivalente a un volumen de 0,4m^3= 1+2+3+4, donde: (1): ^{a}(1x25) x ^{b}(0,0015)= 0,04m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie costado interior de vía de descenso ; (b): $e^{promedio\ de\ material\ suelto}$ = 1,5mm ($e_{material\ suelto}$ en “a”: e=1-2mm). (2): ^{a}(4x25) x ^{b}(0,003)= 0,3m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie); (a):superficie equivalente a costado transversal de vía de ascenso, termino de carpeta ; (b): e $_{prom\ de\ material\ suelto}$ = 3mm (espesores de material suelto registrado en “a”: e=2 a 4mm). (3): ^{a}(0,2x19) x ^{b}(0,003)= 0,01m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a): superf. a costado exterior de vía de ascenso ; (b): $e_{prom.\ de\ mat.\ suelto}$ en a = 3mm ($e_{mat.\ suelto}$ en “a”:2-4mm). (4): ^{a}(2,5x4) x ^{b}(0,0045)= 0,05m^3 (perdida de material estructural a nivel de superficie, registrado en evaluación anterior y disipado por lluvia caída); (a):superf. equivalente a costado transversal de vía de ascenso, termino de carpeta ; (b): esp. prom. de mat. suelto = 4,5mm ($e_{mat.\ suelto}$ en “a”:3-6mm).

ANEXO 5

ÍTEM: 5.1: Análisis de precios de maquinaria participante en obra de estabilizado de la red vial de División Andina.

5.2: Rendimiento del producto según pruebas in-situ-Caso 1.

5.3: Rendimiento del producto según pruebas in-situ-Caso 1.

ITEM 5.1

Análisis de precios de maquinaria participante en obra de estabilizado de la red vial de División Andina

Red vial División Andina

		Longitud de Camino a estabilizar	Volumen de material de empréstito
a) Camino Industrial	:	25.000 ml	25.000 m^3
b) Camino Mina Rajo Abierto (R.A.)	:	6.000 ml	15.000 m^3
		31.000 ml	40.000 m^3

Precio unitario por servicio de cada equipo participante en obras de estabilizado de red vial

Construcción de carpeta de rodado red vial			
Equipos	[ml/año]	[$/ml]	Valor anual [$]
Excavadora	31000	62,77	1.945.870
Cargador frontal tipo 966F	31000	134,09	4.156.790
Camión Tolva [15m3]	31000	399,78	12.393.180
Motoniveladora CAT	31000	765,35	23.725.850
Camión aljibe [20m3]	31000	141,19	4.376.890
Camión esparcidor de sal	31000	76,99	2.386.690
Rodillo CAT CS-533 C [7ton]	31000	93,15	2.887.650
Sub-Total:		1673,32	51.872.920
Selección de material de empréstito para construcción de carpeta de red vial			
Equipos	[m^3/año]	[$/$m^3$]	Valor anual [$]
Excavadora	40000	97,28	3.891.200
Cargador frontal modelo 966F	40000	332,55	13.302.000
Camión Tolva [15m^3]	40000	218,85	8.754.000
Tractor tipo D8	40000	31,31	1.252.400
Sub-Total:		679,99	27.199.600

Costo total por servicio de maquinarias participantes en obra de estabilizado de red vial de División Andina

Construcción de carpeta de rodado de red vial División Andina		
[ml/año]	[$/ml]	Valor anual [$]
31.000	1.673	51.872.920

Selección de material de empréstito para construcción de carpeta de red vial		
[m^3/año]	[$/m^3$]	Valor anual [$]
40.000	680	27.199.600

Construcción de carpeta camino R.A.		
[ml/año]	[$/ml]	Valor anual [$]
6.000	1.673	10.039.920

Construcción de carpeta Camino Industrial		
[ml/año]	[$/ml]	Valor anual [$]
25.000	1.673	**41.833.000**

Selección de material Camino Mina R.A.		
[m^3/año]	[$/m^3$]	Valor anual [$]
15.000	680	10.199.850

Selección de material Camino Industria		
[m^3/año]	[$/m^3$]	Valor anual [$]
25.000	680	**16.999.750**

Costo total anual por servicio de maquinarias en obra de estabilizado Camino Mina R.A.
$ 20.239.770

Costo total anual por servicio de maquinarias en obra de estabilizado Camino Industrial
$ 58.832.750

Costo por servicio de maquinarias en obra de estabilizado de red vial de División Andina		
Red vial	Costo anual por camino [$]	Costo total anual [$]
Camino Mina Rajo Abierto	20.239.770	79.072.520
Camino Industrial	**58.832.750**	

Fuente: Codelco Chile División Andina - Ingeniería Civil Vicente: Bases Técnicas Contrato Servicio de Mantención y Reparación de la Red Vial y otros Servicios en las Vías de Operación de la Mina Rajo Abierto.

ÍTEM 5.2

Rendimiento del producto según pruebas in-situ - Caso 1

Carpetas de prueba con alternativas de productos estabilizantes						
Producto estabilizante	carpeta de prueba		cantidad de estabilizante utilizado en etapas de construcción de carpetas		Proporción de roducto utilizado por m^3 y m^2 de suelo	
	Material tratado (m^3)	Superficie sellada (m^2)	Tratamiento del suelo (Lt-Kg/m^3)	Sello de la carpeta (Lts-Kg)	Lt-Kg/m^3	Lt-Kg/m^2
TZ-11x						
Suelo 1	25	200	1,5	0,2	0,06	0,001
Suelo 2	25	200	2,1	0,2	0,084	0,001
Suelo 3	25	200	2,1	0,2	0,084	0,001
PSD plus						
Suelo 1	25	200	187	4	7,48	0,02
Suelo 2	25	200	355	4	14,2	0,02
Suelo 3	25	200	158	4	6,32	0,02
PZ-11X						
Suelo 1:	25	200	0,5	0,1	0,02	0,0005
Suelo 2	25	200	0,4	0,1	0,016	0,0005
Suelo 3	25	200	0,6	0,1	0,024	0,0005
DB-500						
Suelo 1	25	200				
DB 500			14,4	2,6	0,056	0,013
CSS1			16,1	2,9	0,644	0,0145
Suelo 2	25	200				
DB 500			12,7	2,3	0,508	0,00115
CSS1			32,3	5,7	1,292	0,0285
Suelo 3	25	200	20,2	3,8	0,808	0,019
PZ-22X						
Suelo 1	25	200	0,2	0,1	0,008	0,0005
Suelo 2	25	200	0,6	0,2	0,024	0,001
Suelo 3	25	200	1,3	0,2	0,052	0,001
ProBase						
Suelo 1	25	200	13		0,52	
Suelo 2	25	200	13		0,52	
Suelo 3	25	200	13		0,52	

ÍTEM 5.3

Rendimiento del producto según pruebas in-situ - Caso 2

Carpetas de prueba con alternativas de productos estabilizantes						
Producto estabilizante	carpeta de prueba		cantidad de estabilizante utilizado en etapas de construcción de carpetas		Proporción de roducto utilizado por m^3 y m^2 de suelo	
	Material tratado (m^3)	Superficie sellada (m^2)	Tratamiento del suelo (Lt-Kg/m^3)	Sello de la carpeta (Lts-Kg)	Lt-Kg/m^3	Lt-Kg/m^2
TZ-11x	25	200	2,1	0,2	0,084	0,001
PSD plus	25	200	355	4	14,2	0,02
PZ-11X	25	200	0,6	0,1	0,024	0,0005
DB-500	25	200	12,7	2,3	0,508	0,0115
CSS1			32,3	5,7	1,292	0,0285
DB 500	25	200	20,2	3,8	0,808	0,019
PZ-22X	25	200	1,3	0,2	0,052	0,001
ProBase	25	200	13		0,52	

GLOSARIO

- **Agentes oxidantes**: Un agente oxidante es aquel que actúa sobre los iones o atamos de una determinada materia, provocando que estos pierdan uno o barios electrones. El agente oxidante es sencillamente el combustible, es la sustancia que hace arder el combustible. Aunque químicamente hay innumerables variaciones de agentes oxidantes. En términos bomberiles se considera al oxigeno como al único agente oxidante por naturaleza, ya que durante los incendios, es el que alimenta el proceso de la combustión.
- **Arcilla:** Tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,006mm o menos.
- **Arena:** tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,076 y 2,03mm.
- **Átomo**: Partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades químicas de éste. La unión química de dos átomos iguales o diferentes da origen a la molécula.
- **Cantera:** Nombre dado al lugar de donde se extrae tierra; las canteras general mente provienen de lugares de gran acumulación de suelo, por ejemplo cerros.
- **Capacidad de Soporte**: Carga por unidad de superficie que no produce más que una deformación prevista para diferentes condiciones de carga.
- **Clasificación U.S.C.S**: Sistema de clasificación de los suelos cuyas siglas significan Sistema de Clasificación Unificada de los suelos.
- **Clasificación A.A.S.H.T.O.**: Sistema de clasificación de los suelos cuyas siglas significan American Associatión of State Highway Officials.
- **Catalizador**: Es una sustancia que esta presente en una reacción química, en contacto físico con los reactivos y acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma.
- **Cohesión**: Característica de algunas partículas del suelo de atraer y adherirse a partículas semejantes. Se mantienen pegadas.
- **Compactación de un suelo**: Es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soportar cargas.
- **Compuesto biodegradable**: Cuando un compuesto es biodegradable significa que aunque no sea reciclado por el hombre, la naturaleza a través de la acción de seres vivos se encarga de descomponer, transformar e integrar los componentes de dicho compuesto, en

sustancias propias del medio, por ejemplo la acumulación de materia orgánica es degradada por bacterias.

- **Comportamiento ante los cambios de humedad**: Capacidad del suelo de soportar variaciones importantes en una o más de sus propiedades de desempeño, a consecuencia de fenómenos naturales (cambios estacionales) o artificiales (anegamiento, drenaje u otro).
- **Comportamiento ante ciclos hielo-deshielo**: Capacidad del suelo de soportar variaciones de volumen y presión a consecuencia del cambio de fase del agua contenida en su interior.
- **Cono:** Nombre que se le da a la acumulación o almacenaje de suelo extraído de una cantera; la acumulación del material extraído tiene como fin dejar el material más accesible para su uso posterior; además generalmente se opta por harnear el material antes de su almacenaje con el objetivo de obtener un material de granulometría homogénea; esto va a depender exclusivamente del uso que se le quiera dar al suelo.
- **Control de la emisión de polvo**: Capacidad del suelo de controlar el desprendimiento al medio ambiente de las partículas finas que lo componen, a consecuencia de agentes externos mecánicos y climáticos.
- **Densidad de vapor**: Es el peso de un volumen de vapor o gas puro (sin aire presente) comparado con el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión. Una densidad de vapor menor a 1 (uno) indica que el vapor es más ligero que el aire y que tenderá a elevarse. Una densidad de vapor mayor a uno indica que el vapor es más pesado que el aire y tenderá a descender hacia el suelo.
- **Ensayo de granulometría:** El ensayo de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. La distribución de las partículas con tamaño superior a 0,075mm se determina mediante tamizado, con una serie de mallas normalizadas.

Fotografías de elementos participantes en ensayo de granulometría.

Muestra original de suelo

Mallas utilizadas en el proceso de tamizado

Tamizado del suelo en una serie de mallas

Suelo retenido

- **Enlace covalente**: El enlace covalente es propio de los compuestos orgánicos y consiste en el compartimiento de electrones entre dos átomos iguales o diferente. Los electrones del enlace peden ser aportados por los dos átomos o por uno solo de ellos. Cada par de electrones constituye un enlace covalente.
- **Enzima**: Sustancia proteínica que producen las células vivas y que actúa como catalizador de los procesos metabólicos.
- **Estabilidad bajo agua**: Capacidad del suelo de conservar sus propiedades volumétricas y/o de soporte bajo condiciones de inmersión en agua.
- **Estado Plástico**: Es el contenido de humedad para el cual el suelo posee la capacidad de deformarse sin romperse, es decir es el contenido de humedad para el cual el suelo puede mantener unidas las partículas que lo conforman.
- **Fatiga en los suelos**: Es la perdida de nutrientes o agotamiento de reservas químicas y biológicas que experimenta un suelo debido a su uso prolongado.
- **Gravas:** suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño entre 2,03 76,2mm.
- **Gravedad específica:** Es una medida de la densidad del recubrimiento, es un valor sin unidades. La gravedad específica de un compuesto se obtiene del cociente de la densidad de la sustancia y la densidad del agua a 4 grados centígrados porque a esa temperatura la densidad de agua es 1.000g/ml. El agua pesa 8,34 lbs/galón, así que su gravedad específica es de 1. Líquidos pesados tienen una gravedad específica mayor que 1, mientras que líquidos más livianos que el agua tienen una gravedad específica menos que 1.
- **Índice Plástico**: Es la diferencia entre el límite liquido y el límite plástico.
- **Intercambio iónico**: Es una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ión de una disolución se intercambia por otro ión de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida inmóvil.
- **Ión**: Átomo o agrupación de átomos que han ganado o perdido uno o más electrones (es decir, cargas negativas).
- **Limite Líquido:** $Def_{(1)}$: Es el contenido de agua al cual el suelo cambia de estado plástico a estado líquido. $Def_{(2)}$: Se define por convención como el contenido de humedad para el cual una acanaladura en el equipo normalizado Casagrande requiere 25 golpes para cerrarse en una longitud de 13mm.

- **Límite Plástico**: Def.(1): Se define como el contenido mínimo de agua con el cual el suelo permanece en estado plástico. Def.(2): Límite Plástico se define por convención como el contenido de humedad para el cual un cilindro de 3mm de diámetro comienza a desmoronarse.

Fotografías de ensayo para determinar el Límite Plástico de un suelo

- **Limo:** Tipo de suelo cuyas partículas que lo conforman son de tamaño comprendido entre 0,006 y 0,076mm.
- **Materiales orgánicos**: materia de origen vegetal o de resto de animales muertos que son descompuesto por hongos y bacterias.
- **Materiales inorgánicos**: materia de origen mineral propia de la composición de los suelos.
- **N° CAS**: Es un número o código de registro único, designado por el Chemical Abstracts Service, se aplica tanto en productos químicos como a mezclas, su uso es universal, su formato corresponde a xxx-xx-x, se utiliza en todas las tablas de procesos y permite la identificación del compuesto o elemento de manera unívoca. Chemical Abstracts Service "CAS" (Servicio de químicos registrados), es una sociedad perteneciente a la American Chemical Society (Sociedad Química Americana), una sociedad profesional de químicos con sede en Estados Unidos.
- **N° NU:** Iniciales correspondientes al Número de Naciones Unidas. identificador numérico único, registrado en una base de datos universal, se aplica a productos químicos y a mezclas, indica antecedentes como:

a) Identificación y grado de peligrosidad de sustancia (s) nociva (s) para la salud y el ambiente, presentes en el compuesto químico.

b) Solo si el producto presenta sustancias peligrosas se especifica:

(1) Forma de manipulación del producto. (2) Combate ante combustión o derrame, y (3) Primeros auxilios en caso de lesión a la salud de las personas.

- **Normas Técnicas**: Documento normativo, para el uso común y repetitivo, establecido por consenso, aprobado por un organismo reconocido y cuya aplicación es voluntaria. Ella contiene reglas, guías o características para bienes, servicios, procesos o métodos de operación.
- **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration (Administración Ocupacional de Seguridad y Salud). Entidad encargada regular y ejecutar "programas de seguridad" para la manipulación y uso de productos que constituyan un peligro para la salud de las personas (posean sustancias peligrosas). Su objetivo es velar por la minimización de accidentes que pongan en riesgo la salud de personas que trabajan con sustancias peligrosas.
- **IARC:** Internacional Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer).

La IARC es uno de los organismos de mayor prestigio y autoridad sobre sustancias cancerígenas, su objetivo es determinar a través de una serie de análisis, la presencia, grado y tipo de agentes cancerigenos que contiene un compuesto químico.

- **NTP:** National Toxicology of Programs (Programa Nacional de Toxicología).

El NTP es una unidad del departamento de los Estados Unidos de la salud y de los servicios humanos. El NTP es el líder a nivel mundial en diseñar, conducir, realizar e interpretar análisis animales para determinar la toxicidad y cancerigenocidad que provocan sustancias químicas, además proporciona tanto a las agencias reguladoras como de investigación, y al público en general información sobre productos químicos potencialmente tóxicos y cancerigenos. Los informes del NTP sobre agentes cancerigenos es una de las fuentes usadas por OSHA para declarar un compuesto químico como agente cancerigeno y por ende producto peligroso para la salud.

- **PH**: (sigla de potencial hidrogeno). Corresponde al logaritmo decimal negativo de la concentración de iones de hidrogeno de una solución, o en términos más estrictos de la actividad de los iones de hidrógeno. El pH indica el carácter ácido (pH<7), neutro (pH=7), o base (pH >7) de una solución acuosa.
- **Polímero**: El termino macromolécula o polímero se aplica a aquellas sustancias de peso molecular elevado, formado por un gran número (por lo menos 100) de unidades de peso molecular bajo, unidas por covalentes.

- **Polimerización**: Es el proceso por el cual las moléculas sencillas experimentan una combinación múltiple para formar macromoléculas o polímeros.
- **Presión de vapor**: Es la presión ejercida a cierta temperatura por el vapor de una sustancia en estado líquido.
- **Producto estable**: Desde el punto de vista químico una sustancia es considerada estable cuando los átomos que la conforman se encuentran en equilibrio, es decir presentan en cada una de sus capas de valencia un total de nueve electrones.
- Desde el punto de vista "seguridad" un compuesto es estable si al ser mezclado con cualquier sustancia, no reacciona y conserva sus propiedades de origen, es decir mantiene su solubilidad, no presenta desprendimiento de gases corrosivos, tóxicos, no es inflamable y no reacciona ante cambios bruscos de pH.
- **Propiedades de desempeño**: Características de comportamiento del suelo desde el punto de vista de la ingeniería. Las propiedades de desempeño se evalúan en forma relativa, comparando los resultados de ensayos prácticos, en terreno o en el laboratorio, sobre el suelo en su estado natural y después de tratado con el estabilizador químico.
- **Punto de ebullición**: Es la temperatura a la cual la presión de vapor de un liquido iguala a la presión externa ejercida sobre él, produciéndose la ebullición del liquido caracterizada por un desprendimiento de burbujas (punto que hierve).
- **Punto de inflamación**: Es la temperatura a la cual una sustancia comienza a combustionar en forma instantánea sin una fuente de ignición.

Fuente de ignición: Energía suficiente para iniciar la combustión de un combustible en presencia de O_2. Combustión: Proceso de transformación de la materia con gran liberación de energía calórica.

- **Reactividad de un producto**: Esta característica identifica a aquellos materiales o residuos que debido a su extrema inestabilidad y tendencia a reaccionar violentamente o explotar, plantean un problema para todas las etapas de su manejo. Se considera que un material o residuo presenta características reactivas si una muestra representativa del mismo cumple alguna de las siguientes condiciones:

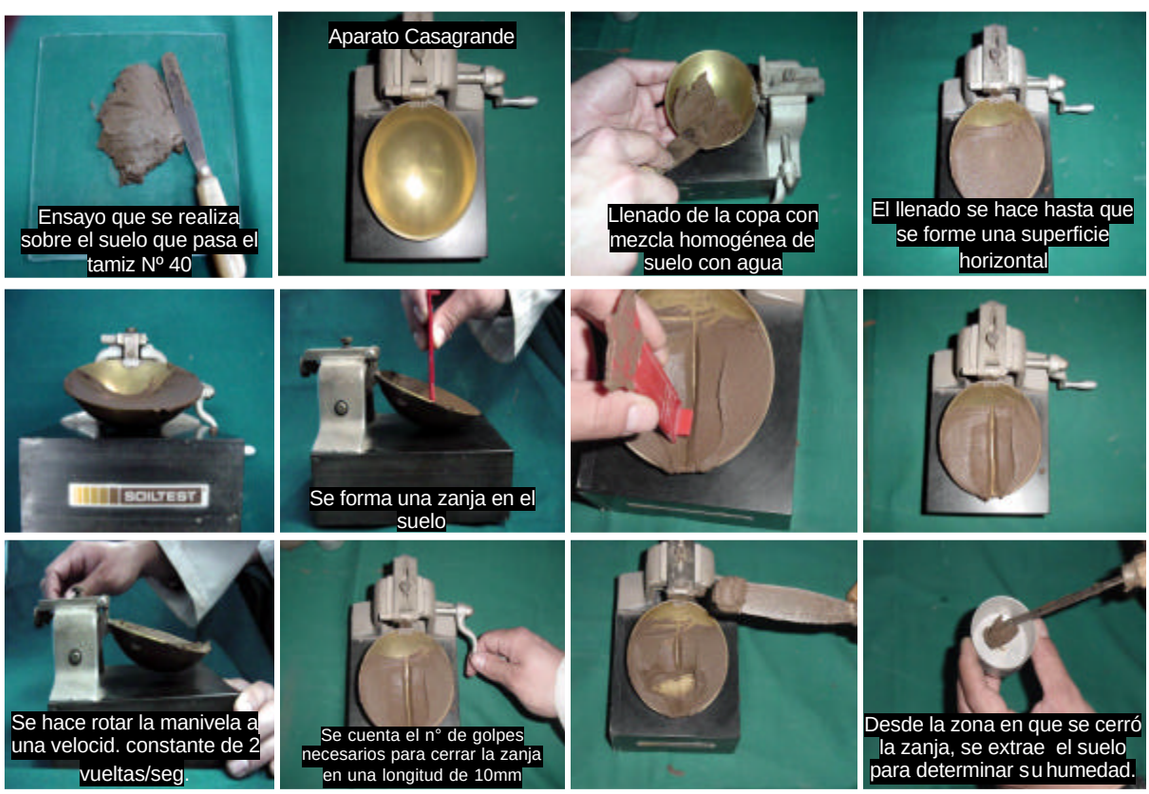
1) Es normalmente inestable y sufre cambios fácilmente sin detonación. 2) Reacciona violentamente con agua. 3) Forma mezclas potencialmente explosivas con agua. 4) Cuando se mezcla con agua genera gases tóxicos, vapores o humos en cantidad suficiente como para presentar un peligro a la salud o al ambiente.

- **Toxicidad**: Esta característica identifica a aquellas sustancias o residuos o sus productos metabólicos que poseen la capacidad de, a determinadas dosis y luego de haber estado en contacto con la piel o las mucosas o de haber penetrado en el organismo por cualquier vía, provocar por acción química o químico - física un daño en la salud, funcional u orgánico, reversible o irreversible. Se debe diferenciar entre:

Toxicidad aguda: El efecto se manifiesta luego de una única administración.
Toxicidad Subaguda o Subcrónica: El efecto se manifiesta luego de la administración o contacto con el material durante un período limitado.
Toxicidad Crónica: El efecto tóxico se manifiesta luego de una administración o contacto durante períodos mucho más prolongados.

- **Trabajabilidad (rendimiento operativo)**: Facilidad para mezclar el suelo, colocarlo, enrazarlo y compactarlo.

Fotografías de ensayo para determinar el Límite líquido de un suelo

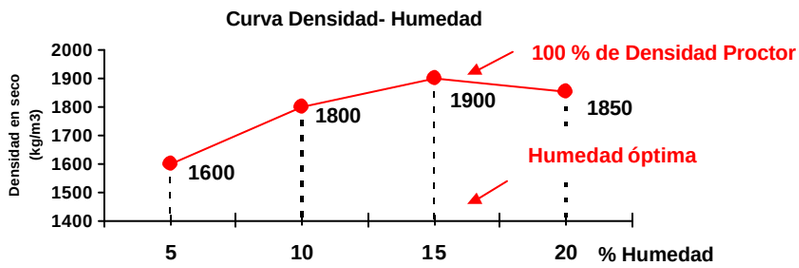


- **Material Granular**: Tipo de suelo cuyas partículas son más gruesas que el material cohesivo y no se pegan entre sí.
- **Plasticidad**: La propiedad de un suelo que permite deformarlo más allá del punto en que pueda recuperarse sin agrietarse o sin cambio de volumen apreciable.

- **Proctor Modificado**: Prueba ejecutada en laboratorio, a una muestra representativa de suelo, la cual a través de un procedimiento normalizado de ejecución mide e indica el valor de la densidad del suelo con respecto al sitio de la obra dada y determina el efecto de la humedad en la densidad del suelo, permitiendo de esta manera conocer el valor de la humedad optima con la cual el suelo estudiado alcanza su densidad máxima, la que sirve como base para medir el grado de compactación que debe aplicarle al suelo en terreno.

Por lo tanto, de una Prueba Proctor podemos concluir: 1) con cierta humedad, el suelo llega a su densidad máxima cuando se le aplica una cantidad especifica de energía de compactación. 2) la densidad máxima que se obtiene bajo estas condiciones se llama Densidad Proctor 100%. 3) el valor de la humedad en el punto de densidad máxima se denomina Humedad óptima. 4) el valor Proctor 100% que así se obtiene se utiliza como base para medir el grado de compactación del suelo.

Este valor de Densidad Proctor 100% puede entonces considerarse como la medida standard para la compactación.



- **Suelo:** Es cualquier materia natural que forma la superficie del planeta con excepción de la roca empotrada, plantas orgánicas y materia animal, es decir suelo es la superficie de material suelto de la corteza terrestre.

BIBLIOGRAFÍA

⇒ Titulo : Química del Suelo “El impacto de los contaminantes”, 3ra edición, enero 2000. Editorial Miraguano S.A.

Autor : Xavier Doménech Departamento de Química Universidad Autónoma de Barcelona.

⇒ Titulo : Compactación del Suelo y maquinaria para compactar en áreas de tamaño limitado.

Autor : WACKER Corporation.

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante TerraZyme”

Autor : Empresa Sigramin Ltda.

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante PSD plus”

Autor : Dust Control S.A.

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante PermaZyme”

Autor : Empresa Ocur Ltda.

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante Descobond 500”

Autor : Cinde Ltda. (Ecopav).

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante PZ- 22X”

Autor : Empresa Geoterra Ltda.

⇒ Titulo : Ficha Técnica “Producto estabilizante ProBase TX-55”

Autor : Empresa Weller Comercial Chile Ltda.

⇒ Titulo : Manual informativo y hoja de datos de seguridad “Producto estabilizante NaCl”.

Autor : Empresa Sociedad Punta de Lobos S.A.-División Productos Manufacturados.

⇒ Titulo : Road Salt, una carpeta de rodado segura, para el desplazamiento vehicular en la minería.

Autor : Empresa Sociedad Punta de Lobos S.A.-División Vial.

⇒ Titulo : Codelco - Agenda Sistema de Gestión Integrada (SGI).

Autor : Codelco Chile.

⇒ Titulo : Optimización Sistema Estabilizado Suelo – NaCl para División Andina de Codelco Chile. Tesis de Título, Escuela Construcción Civil, Universidad Católica de Valparaíso.

Autor : Jara Mori, Gonzalo.

⇒ Titulo : Using Salt in Highway “Uso de la sal en carreteras”, reporte N° 235: “Efectos de los caminos con sal en la infrastructura de los automóviles”, “Impacto de los caminos con sal sobre el ambiente” / Impactos de sal en el agua para beber. 1991.

Autor : Consorcio integrado por la Academia Nacional de Ciencias, Academia Nacional de Diseño, y el Instituto de Medicina, para la investigación nacional de transporte de Washington.

⇒ Titulo : Using Salt and Sand for Winter Road Maintence “Utilización de Sal y Arena para Mantenimiento de Invierno del Camino”. Boletín N° 6 del Departamento de Transporte de Wisconsin, enero de 1996.

Autor : Proyecto de la Universidad de Wisconsin.

⇒ Titulo : Road salt and snow and ice “La sal en caminos con nieve y hielo”. Boletín de la Asociación de transporte de Canada, 1999.

Autor : Instituto de la sal en Canada.

⇒ Titulo : Bases Técnicas Contrato Servicio Mantención y Reparación de la Red Vial y otros Servicios en las Vías de Operación de la Mina Rajo Abierto.

Autor : Ingeniería Civil Vicente S.A.-Codelco Chile División Andina.

⇒ Sitio Web : www.nature_plus.com. Portal perteneciente a la empresa NATURE *plus*.

Descripción : Antecedentes producto estabilizantes de suelo TerraZyme.

⇒ Sitio Web : www.pennzsuppress.com. Portal perteneciente a la empresa Pennzoil-Quaker State Company.

Descripción : Antecedentes producto estabilizante de suelo PennzSupress’D.

⇒ Sitio Web : www.Descobond.net. Portal perteneciente a la empresa Desco.
Descripción : Antecedentes producto estabilizante de suelo Descobond -500.

⇒ Sitio Web : www.probaseinternational.com. Portal perteneciente a la empresa Pro-Base Internacional Ltda.
Descripción : Antecedentes de producto estabilizante de suelo ProBaseTX-55.

⇒ Sitio Web : www.google.cl
Descripción : Búsqueda de de sitios Web, Vocabulario técnico, información baria.

⇒ Sitio Web : www.ing.puc.cl . Portal perteneciente Michel Van Sint Jan Fabry.
Descripción : Granulometría-Curso ICE 1603 "Fundamentos de Geotecnia".

⇒ Sitio Web : www. inn.cl. Portal perteneciente al Instituto Nacional de Normalización.
Descripción : Antecedentes de Normas Chilenas.

⇒ Sitio Web : www.ichasfalto.cl . Portal perteneciente al Instituto Chileno del Asfalto.
Descripción : Boletín de Septiembre del 2000: mejoramiento de propiedades mecánicas y de reología con mezcla asfalto poliméricas.

⇒ Sitio Web : www.atsdr.cdc.gov/es/es-glossary.html.Portal perteneciente a la Agencia de registros de sustancias toxicas.
Descripción : Glosario de términos ATSDR (Registro de sustancias toxicas).

⇒ Sitio Web : www.epa.gov/osw. Portal perteneciente a la Agencia de Protección Ambiental de EEUU.
Descripción : Reduciendo el riesgo de residuos. Documento preparado por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, donde se clasifican y definen siglas y leyes vinculadas sustancias toxicas.

⇒ Sitio Web : www.codelco.cl . Portal perteneciente a Codelco Chile.
Descripción : Antecedentes de la Corporación Nacional del Cobre.