

PRÁCTICA EMPRESARIAL

**ASISTENCIA TECNICO- ADMINISTRATIVA PARA LA REHABILITACION Y
MANTENIMIENTO DE ACCESOS A BARRIOS Y PAVIMENTOS DE LAS LOCALIDADES
DE BOSA-KENEDDY-FONTIBON-PUENTE ARANDA,
I.D.U.-INECON-TE**

CARLOS FERNANDO ROJAS LOPEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

PRÁCTICA EMPRESARIAL

**ASISTENCIA TECNICO- ADMINISTRATIVA PARA LA REHABILITACION Y
MANTENIMIENTO DE ACCESOS A BARRIOS Y PAVIMENTOS DE LAS LOCALIDADES
DE BOSA-KENEDDY-FONTIBON-PUENTE ARANDA,
I.D.U.-INECON-TE**

CARLOS FERNANDO ROJAS LOPEZ

**Trabajo de grado realizado en la modalidad de practica empresarial
como requisito para optar al titulo de: Ingeniero Civil**

**Director:
Ing. EDUARDO CASTAÑEDA PINZON**

**Tutor:
Ing. JOSE ALBERTO SALAZAR JIMENEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2006

A Dios,

A mi madre, Nelsa por ser la alcahueta de todos mis sueños

A mi Abuela, Maria por aguantarme todos estos años..y gratis!!

A mi Padre, por mostrarme el camino de la Ingeniería

A mis amigos del alma, por sus consejos y apoyo

A todos los que creyeron en mí, . . . Frescos que esa plata no se perdió!

*El mayor placer de la vida
es disfrutar de aquello que se consigue con esfuerzo*

Carlos Rojas

AGRADECIMIENTOS

A mi primo Nelson Torres , su esposa Alejandra, Loli y Dany , por brindarme su apoyo y hacerme sentir como en casa.

Al ingeniero Nelson Borja por ser mi apoyo y guía incondicional, sus consejos hicieron mella y enriquecieron el desarrollo de esta experiencia, mas que un compañero...un amigo.

A la gran familia INECONTE S.A., en especial al Dr. Edgar Portilla Burbano y al Dr. José Alberto Salazar Jiménez por brindarme esta gran oportunidad de realizar esta práctica empresarial en su empresa; a la Ingeniera Martha Rivera por la confianza depositada y sus oportunos consejos; al ingeniero Efraín Rodríguez por su sapiencia y aceptación; al ingeniero Adolfo Barriga por el trabajo conjunto; a David Palacios, Ángela Hernández, Sonia Rincón y Freddy Pérez por su amistad desinteresada; a todo el personal involucrado en la ejecución de las obras de rehabilitación de pavimentos locales.

Al profesor Eduardo Castañeda por avalar este proyecto.

Al profesor Mario García por la oportunidad con lo diseños y ejecución del proyecto Proinapsa U.I.S.-Oxfam, allí empecé a formar criterio.

Por supuesto a mi Señor padre por su respaldo y gestión para esta practica empresarial.

A mi familia por hacer de mi la persona que soy.

A mis amigos por creer que en la vida se pueden llevar de la mano las responsabilidades y el esparcimiento.

Simplemente Gracias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. INGENIEROS CONSTRUCTORES - TECNOLOGIA Y EQUIPO	
INECON-TE S.A	3
1.1 HISTORIA	3
1.2 POLÍTICA Y OBJETIVOS DE CALIDAD	6
1.2.1 Misión	6
1.2.2 Visión	6
2. PROYECTO REHABILITACION DE PAVIMENTOS LOCALES	7
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
2.2 SUBTRAMO -18 BARRIO CUNDINAMARCA	7
2.3 ALCANCE GENERAL DE LAS OBRAS DEL I.D.U.	12
2.3.1 Beneficios del Proyecto.	12
3. VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO AL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN OBRA	13
3.1 PRODUCCIÓN DIARIA	13
3.2 INSPECCIÓN Y ENSAYO	17
3.3 CONTROL y VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS SISO	23
4. APOYO ADMINISTRATIVO	24
4.1 SEGUIMIENTO DE LAS CANTIDADES DE OBRA EJECUTADA Y CORTES A SUBCONTRATISTAS	24

4.2 REALIZACION, VERIFICACION Y CONTROL DE LA PROGRAMACION DE OBRA	27
4.3 REALIZACION DE PEDIDOS DE OBRA	31
5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS	32
5.1 EXCAVACIÓN MECÁNICA	32
5.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EXISTENTE	33
5.3 COLOCACIÓN DE SUB BASE GRANULAR	33
5.4 COLOCACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE BASE GRANULAR	33
5.5 MEJORAMIENTO DE ESPACIO PUBLICO	34
5.6 EXCAVACION MECANICA	35
5.6.1 Equipos y Materiales.	35
5.6.2 Procedimiento	36
5.7 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EXISTENTE	46
5.7.1 Equipo y Materiales.	47
5.7.2 Procedimiento.	48
5.8 SUB BASE GRANULAR	61
5.8.1 Equipo y Materiales	63
5.8.2 Procedimiento.	64
5.9 BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO	69
5.9.1 Equipo y Materiales.	69
5.9.2 Procedimiento	72
5.10 ESPACIO PÚBLICO	92
5.10.1 Equipo y materiales.	93
5.10.2 Procedimiento.	93

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	107

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Avance diario cantidades de obra ejecutada	15
Tabla 2. Avance físico de actividades	16
Tabla 3. Resumen mensual de Ensayos de laboratorio Rajón	19
Tabla 4. Resumen mensual de Ensayos de laboratorio Subbase Granular	20
Tabla 5. Resumen mensual de Ensayos de laboratorio Base Granular	21
Tabla 6. Resumen mensual de Ensayos de laboratorio Mampostería	22
Tabla 7. Cortes a Subcontratistas	25
Tabla 8. Formato cantidades de obra	26
Tabla 9. Reprogramación tramo-18	28
Tabla 10. Reprogramación tramo-18	29
Tabla 11. Reprogramación tramo-18	30
Tabla 12. Traslapos requeridos en el uso de geotextiles	58
Tabla 13. Granulometría Sub Base Granular	63
Tabla 14. Perdida de peso por ensayo Durabilidad Suelo-cemento	73

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización del Proyecto	8
Figura 2. Sección Típica del proyecto	9
Figura 3. Espacio -18	10
Figura 4. Espacio Público Tramo-18	11
Figura 5. Toma de Muestras de laboratorio en campo	17
Figura 6. Dotación básica contratación I.D.U.	22
Figura 7. Retroexcavadora Jonh Deer 710	35
Figura 8. Inicio de excavación mecánica	36
Figura 9. Excavación mecánica sobre estructura existente	39
Figura 10. Apique manual	39
Figura 11. Arreglo daño de Tubería Gas Natural	40
Figura 12. Detalle plano record Gas Natural	42
Figura 13. Ubicación real Tubería Gas Natural	42
Figura 14. Daño menor tubería Gas Natural	43
Figura 15. Cerramiento Obra	44
Figura 16. Identificación obra en ejecución	44
Figura 17. Señalizaciones comunes en frentes de obra	45
Figura 18. Acopio material de excavación	45
Figura 19. Estructura colocación pedraplen	49
Figura 20. Carcamo de telecomunicaciones	50
Figura 21. Distribución capa de conformación	50
Figura 22. Acomodación manual pedraplen	51
Figura 23. Diversos carcamos de protección	53
Figura 24. Carcamo protección red matriz acueducto	54
Figura 25. Allanado losas carcamo red matriz	55

Figura 26. Secciones carcamo red matriz	56
Figura 27. Vista superior pedraplen	57
Figura 28. Extensión manual sello pedraplen	59
Figura 29. Compactación sello pedraplen	60
Figura 30. Relleno fallo	61
Figura 31. Adecuación drenajes	62
Figura 32. Extensión subbase granular	65
Figura 33. Nivelación topográfica	65
Figura 34. Carrotanque y densímetro nuclear	66
Figura 35. Motoniveladora	71
Figura 36. Recicladora de Pavimento y carrotanque	71
Figura 37. Protección material cargado	74
Figura 38. Distribución cemento base estabilizada	76
Figura 39. Distribución manual cemento base estabilizada	77
Figura 40. Toma de humedades iniciales Base estabilizada	78
Figura 41. Humedometro Speedy	79
Figura 42. Mezcla de suelo-cemento con motoniveladora	80
Figura 43. Mezcla de suelo-cemento con recicladora	81
Figura 44. Humedecimiento de la mezcla de suelo-cemento	82
Figura 45. Aspecto de la mezcla con humedad optima	83
Figura 46. Compactación de la base estabilizada	84
Figura 47. Curado de la Base estabilizada	86
Figura 48. Aplicación de la imprimación para curado base estabilizada	87
Figura 49. Carrotanque especial para imprimación	88
Figura 50. Apertura del transito	89
Figura 51. Herramientas comunes	93
Figura 52. Señalización con polisombra	84
Figura 53. Demolición manual de andenes	95
Figura 54. Excavación realizada para conformación de estructura de andén	96

Figura 55	Adecuación de caja de inspección aguas negras	97
Figura 56	A. Sardinel A-10 B. Bordillo A-8 C. Bordillo A-80 D. Cañuela A-120	98
Figura 57	Instalación Sardinel A-10	100
Figura 58	Inicio de rellenos en andenes	101
Figura 59	Correcta colocación de adoquín	102
Figura 60	Confinamiento a cajillas de medidores de agua potable	103
Figura 61	Escobillado final para sello de juntas en área adoquinada	104
Figura 62	Espacio Público terminado para remates finales	104

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Red agua potable E.A.A.B.	107
Anexo 2. Red agua potable E.A.A.B.	108
Anexo 3. Red Alcantarillado E.A.A.B	109
Anexo 4. Red Gas natural	110
Anexo 5. Red de Energía Codensa	111
Anexo 6. Red de Telecomunicaciones E.T.B.	112
Anexo 7. Red de Telecomunicaciones Telecom	113
Anexo 8. Alternativas de mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos	114
Anexo 9. Granulometría para micro aglomerado	115
Anexo 10. Daños típicos en pavimentos con superficie asfáltica	116
Anexo 11. Plataforma de Soporte del Pavimento	117
Anexo 12. Clasificación de la plataforma de soporte del pavimento	118
Anexo 13. Clasificación de la plataforma de soporte del pavimento	119
Anexo 14. Formato de Pedido Interno	120

GLOSARIO

ACOPIO.- Acumulación planificada de materiales destinados a la construcción de una obra.

ARENA DE PEÑA.- Material resultante de la desintegración, molienda o trituración de la roca proveniente de ladera.

BACHE.- Hoyos de diversos tamaños que se producen en la superficie de rodadura por desintegración local.

BASE GRANULAR O BASE NO LIGADA. Base conformada exclusivamente por una mezcla de suelos, que habitualmente cumplen con ciertos requisitos en cuanto a granulometría, límites de Atterberg, capacidad de soporte y otros.

BITÁCORA O LIBRO DE OBRA.- Registro escrito de los acontecimientos extraordinarios que ocurren en una Obra civil y que pueden llegar a ser determinantes para la misma en dado momento de su desarrollo.

BOMBEO (DISEÑO).- Pendiente transversal de la superficie de rodadura en las tangentes de una obra vial, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.

BOTADERO.- Sitio destinado para la disposición de material sobrante originado en la ejecución de una obra.

CAJA.- Nombre con el que se conoce comúnmente a la sección transversal de una excavación hecha durante la construcción de una vía.

CAPA ASFÁLTICA ESTRUCTURAL.- Mezcla conformada por agregados pétreos ligados con un producto asfáltico y que cumple con los requisitos para soportar las sollicitaciones que genera el tránsito.

CAPA DE RODADURA.- Capa superficial de un camino que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración por efectos ambientales.

CAPA ASFÁLTICA.- Capa compuesta de una mezcla de agregados pétreos ligados con asfalto y apoyada sobre capas de sustentación.

CARCAMO.- Estructura de protección cimentada sobre terreno ya sea natural o rellenos autorizados conformada por muros de ladrillo doble o sencillo dependiendo de los requerimientos de tránsito que recubre una conducción existente cuando su profundidad respecto a la rasante es pequeña.

CBR.- El índice CBR (Razón de Soporte de California) es la relación, expresada en porcentaje, entre la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de 50 mm de diámetro en una masa de suelo compactada en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1,27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12,7 mm (1/2") y la que se requiere para producir las mismas deformaciones en un material chancado normalizado, al cual se le asigna un valor de 100%.

CEREO.- Procedimiento mediante el cual un material granular para conformar la calzada de una vía se nivela respecto a unas cotas predeterminadas en los diseños, generalmente se hace con motoniveladora y una comisión de topografía.

COMPACTACIÓN (SUELO).- Operación mecanizada para reducir el índice de huecos de un suelo y alcanzar con ello la densidad deseada.

COMPACTACIÓN (ASFALTO).- Operación mecanizada para lograr en una capa de mezcla asfáltica la densidad deseada.

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.- Variación de la respuesta estructural de un pavimento con el tiempo.

COMPRESIBILIDAD DE UN SUELO.- Deformación que experimenta un suelo producto de la relación variable que experimentan las fases de que está compuesto.

CONSOLIDACIÓN.- Reducción de los índices de vacíos de un suelo, a consecuencia de la expulsión del agua y aire intersticiales, mediante la aplicación de cargas durante un lapso determinado.

CORDÓN (SUELOS).- Acopio de material granular, dispuesto longitudinalmente en la faja de un camino, de sección aproximadamente trapezoidal y cuyas dimensiones dependen del espesor compactado exigido a la capa a extender.

DEFLEXIÓN (SUELOS).- El descenso vertical de una superficie debido a la aplicación de una carga sobre ella.

DENSIDAD (SUELOS).- Cuociente entre la masa de un suelo y su volumen a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m³.

DESCIMBRE.- Desencofrado o desmolde. Operación destinada a retirar los moldes y demás piezas de un encofrado o de una cimbra (Encofrado: Molde formado con tableros de madera o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después).

DOSÍMETRO.- Aparato o dispositivo que mide dosis de radiactividad, que se usa cuando se emplean métodos nucleares para determinar humedad y densidad.

DREN.- Excavación en forma de zanja, rellena con material filtrante, que recoge y evacua las aguas cualquiera sea su procedencia y que puedan afectar al pavimento y zonas contiguas .

EMULSIÓN ASFÁLTICA.- Dispersión por medios mecánicos de asfalto en agua, a la cual se incorpora un emulsificador (producto necesario para la preparación de una emulsión y para mantener estable la dispersión).

ESCOMBROS.- Material Sobrante originado en la ejecución de una Obra civil.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.- Mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos y/o físico – químicos.

EXUDACIÓN (ASFALTO).- Afloramiento superficial del exceso de ligante de un tratamiento o mezcla asfáltica.

FISURA (ASFALTOS).- Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es igual o menor que 3 mm.

FRAGUADO (HORMIGÓN).- Proceso exotérmico en el cual la pasta acuosa de un conglomerante adquiere trabazón, consistencia y endurecimiento, merced a las modificaciones físico-químicas que tienen lugar entre el conglomerado y el agua.

GEOTEXTIL.- Tela de fibras de poliéster, polipropileno o de una combinación de ambos, que cumple con una serie de requisitos y que se utiliza principalmente, según sus propiedades, para reforzar suelos de baja capacidad de soporte, como filtro para drenaje y en la construcción de muros de sostenimiento de tierras.

GRANULOMETRÍA DE UN ÁRIDO.- Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con Método normalizado Agregados Pétreos: Método para tamizar y determinar la granulometría.

GRIETA (ASFALTOS).- Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es mayor que 3 mm.

GRIETA DE REFLEXIÓN.- Grieta de una capa asfáltica, colocada sobre un pavimento de hormigón o base rígida, que coincide con las juntas y grietas del hormigón o la base. Se presenta generalmente en repavimentaciones asfálticas sobre pavimentos de hormigón agrietados, a los cuales no se les aplicó previamente un sello de juntas y grietas.

GRIETA LONGITUDINAL.- Grieta predominantemente paralela al eje de la calzada, que a veces coincide con la junta longitudinal entre dos pistas pavimentadas.

GRIETAS POR FATIGAMIENTO (PAVIMENTO ASFÁLTICO).- Falla que se conoce también como “piel de cocodrilo”. Serie de fisuras o grietas conectadas entre sí que forman trozos de ángulos agudos, normalmente de dimensiones inferiores a 300 mm.

HORMIGÓN FRESCO.- Aquel que ha terminado su proceso de mezclado y aún no ha sido colocado, sin sobrepasar un tiempo de dos horas para los cementos de grado corriente y una hora para los cementos de alta resistencia. El tiempo señalado se mide desde el comienzo del amasado.

HUMEDAD.- Cociente entre la masa de agua presente en un suelo y su masa seca. Se expresa en porcentaje.

IMPRIMACIÓN.- Operación consistente en extender asfalto en estado líquido sobre una capa de base granular para sellar e impermeabilizar su superficie, cohesionar las partículas superficiales de la base y facilitar la adherencia entre ésta y cualquier tratamiento o pavimento asfáltico que se vaya a realizar sobre su superficie.

JUNTA DE CONSTRUCCIÓN.- Juntas en los pavimentos de hormigón de tipo transversal, cuando la faena de hormigonado se interrumpe por fuerza mayor; o de tipo longitudinal, que son aquellas que separan las distintas fajas del camino, son paralelas al eje y tienen un perfil machihembrado especial para la transmisión de cargas verticales de una faja a otra.

LECHADA ASFÁLTICA.- Mezcla de emulsión asfáltica de quiebre lento, áridos finos, filler y agua en la cantidad necesaria para obtener una consistencia de pasta.

LIGANTE ASFÁLTICO.- Cemento basado en asfalto producido a partir de residuos de petróleo, ya sea con o sin adición de modificadores orgánicos no particulados.

MATAPOLVO.- Tratamiento que se le da a una capa de rodadura no ligada, con el propósito de estabilizarla y evitar que el tránsito de vehículos desprenda partículas finas.

MEMBRANA DE CURADO (HORMIGÓN).- Compuesto líquido formador de membrana o lámina impermeable que se aplica sobre la superficie de un hormigón luego de su colocación, con el objetivo de evitar la pérdida de humedad.

MEZCLA ABIERTA.- Aglomerado de un ligante y áridos de granulometría abierta o discontinua (aquella en la que aparecen las partículas, en su mayoría, distribuidas entre dos tamaños extremos, con una proporción relativamente baja en los demás tamaños), o sea aquellos que carecen o tienen muy poco polvo mineral, y en los cuales los vacíos en los áridos una vez compactados son relativamente altos.

MEZCLA CERRADA.- Aglomerado de un ligante con áridos de granulometría cerrada, que son aquellos uniformemente graduados desde el tamaño máximo hasta el polvo mineral, con un bajo contenido de vacíos una vez compactados.

MEZCLA DRENANTE.- Capa asfáltica de rodadura dosificada de manera de lograr un gran número de huecos interconectados, que permitan absorber el agua de las lluvias y evacuarla hacia fuera de la calzada. Eliminan el agua superficial.

MEZCLA EN CALIENTE.- Mezcla asfáltica fabricada, extendida y compactada en caliente.

MEZCLA EN FRÍO.- Mezcla asfáltica que puede fabricarse, extenderse y compactarse a la temperatura ambiente.

MIXTO.- Material granular de río compuesto por cantos rodados finos y arena.

MURO EN TABICÓN.- Muro de pared doble dispuesto de tal manera que los ladrillos se acomodan 2 unidades longitudinalmente y una transversal al muro, el proceso es repetitivo hasta alcanzar las dimensiones solicitadas.

PAVIMENTO ASFÁLTICO.- Pavimento flexible compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base granular y una subbase.

PAVIMENTO FLEXIBLE.- Ver Pavimento Asfáltico.

PAVIMENTO RÍGIDO.- Estructura conformada por losas de hormigón de cemento hidráulico.

PAVIMENTO.- Estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados, que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las solicitaciones que impone el tránsito.

PEDRAPLÉN.- Relleno conformado por suelos gruesos con alto contenido de bolones y escaso contenido de finos y que se construye en forma similar a un terraplén.

POLISOMBRA.- Material Plástico tejido comúnmente usado en Obras Civiles para proveer protección y cerramiento.

POROSIDAD.- Cuociente entre el volumen de vacíos y el volumen total de suelo. Se expresa en porcentaje.

POZO.- Excavación realizada para recibir y absorber agua drenada.

PROBETA DE HORMIGÓN.- Muestra de hormigón endurecido de dimensiones predeterminadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.

RASANTE.- Plano que define la superficie de una carretera.**REPAVIMENTACIÓN (RECAPADO).**- Técnica de restauración que consiste en reemplazar o sobreponer una capa de pavimento, sin alterar significativamente la geometría ni las condiciones estructurales del camino.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (COEFICIENTE DE FRICCIÓN).- La fuerza que se desarrolla en la superficie de contacto entre neumático y pavimento y que resiste el deslizamiento cuando el vehículo frena.

RESTAURACIÓN DE PAVIMENTOS.- Técnicas destinadas al mantenimiento de los pavimentos, es decir, a devolverles su condición original.

RIEGO ASFÁLTICO.- Aplicación delgada y uniforme de ligante asfáltico sobre bases granulares, capas asfálticas o pavimentos existentes .

RIEGO DE LIGA.- Aplicación de un ligante asfáltico en estado líquido sobre la superficie de una capa de mezcla asfáltica, a fin de producir su adherencia con la capa inmediatamente superior.

RUGOSIDAD (PAVIMENTO).- Irregularidad superficial de una capa de rodadura. Es el parámetro de estado más característico de la condición funcional de ésta y el que incide directamente en los costos de operación de los vehículos. Se mide a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

SUBBASE GRANULAR.- Capa constituida por un material de calidad y espesor determinados y que se coloca entre la subrasante y la base.

SUBRASANTE.- Plano superior del movimiento de tierras, que se ajusta a requerimientos específicos de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las solicitaciones que genera el tránsito.

TACHES O PINES.-Varillas generalmente metálicas que se utilizan en algunos tipos de construcción ,para la precisa ubicación de alineamientos topográficos.

TERRAPLÉN.- Obra construida empleando suelos apropiados, debidamente compactados, para establecer la fundación de un pavimento.

TESTIGO.- Muestra cilíndrica aserrada, extraída de pavimentos de hormigón o de asfalto terminados y/o de elementos de hormigón estructural, cuyo propósito es verificar que los diferentes parámetros de diseño.

TEXTURA (PAVIMENTOS).- El aspecto o característica de la superficie del pavimento que depende del tamaño, forma, disposición y distribución del árido y del agente ligante.

RESUMEN

TITULO

ASISTENCIA TECNICO- ADMINISTRATIVA PARA LA REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DE ACCESOS A BARRIOS Y PAVIMENTOS DE LAS LOCALIDADES DE BOSA-KENEDDY-FONTIBON-PUENTE ARANDA, I.D.U.-INECON-TE**

AUTOR

ROJAS LOPEZ, Carlos Fernando**

PALABRAS CLAVES

Practica Empresarial, Pavimentos Locales, Control y Ejecución, Calidad, Estabilización de Subrasante , Experiencia ,Manejo de Redes.

DESCRIPCION

Experiencia, indiscutiblemente es la palabra principal que describe lo que este documento pretende transmitir, una serie de lineamientos relacionados con la calidad del producto terminado y la ejecución del mismo en obra, que buscan orientar a partir de situaciones reales, los procesos básicos desarrollados en la construcción y rehabilitación de pavimentos sin dejar a un lado los conceptos técnicos en los que se basaron los diseños. Este proyecto evaluó algunos de los procesos constructivos de las actividades más importantes y aporto un manual de procedimientos general para actividades determinadas.

El presente Proyecto se enfoco a las actividades relacionadas con la estabilización de la subrasante y la estructura de la vía como tal, y abarca aspectos de control de calidad de materiales, cantidades de obra ejecutadas, control, programación y dirección de actividades e inspección y ensayo. Y se documentaron actividades relacionadas con espacio público y mantenimiento de redes entre otras. Para el manual de procedimientos se acondicionaron parámetros de procesos a la situación específica presentada en la obra.

Los procedimientos constructivos son un conjunto de actividades ligadas entre si, cuyo éxito o fracaso está directamente relacionado con el conocimiento de los posibles acontecimientos extraordinarios en obra y su oportuna solución. Aunque la literatura convencional ilustra procesos ideales, en campo y sobre todo en sectores urbanos los inconvenientes por manejo de redes existentes proporcionan un ingrediente que exige soluciones técnicas optimas y oportunas.

* Proyecto de grado modalidad practica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Ing. Eduardo Castañeda Pinzon

ABSTRACT

TITLE

TECHNICAL - ADMINISTRATIVE ASISTANCE FOR THE REHABILITATION AND MANTEINANCE OF ACCESSES TO NEIGHBORHOODS AND LOCAL PAVEMENTS OF LOCALTIES OF BOSA-KENEDDY-FONTIBON-PUENTE ARANDA, I.D.U.-INECON-TE.*

AUTOR

ROJAS LOPEZ, Carlos Fernando**

KEY WORDS

Enterprise Practical, Local Pavements, Execution and Control, Quality, Soil Stabilization , Experience ,Conduction net Management.

DESCRIPTION

Experience, undefeatable is the principal word that describes what this document pretends to transmit, a series of parameters quality related of finished product and the product's execution in situ, that look forward to lead from real situations , the basic developed processes in the rehabilitation and construction of pavements without leaving behind technical concepts in which designs were based .This project evaluated some of the constructive processes of the most important activities and left a general procedure manual for determined activities.

This project was focused on the activities related with Soil Stabilization and the roadway structure , and includes aspects of material quality control , building executed quantities , activity control, programming and direction and material essay and inspection . Public space activities and conduction net maintenance were documented as well. For the procedure manual, processes parameters were conditioned to the specific situation presented in situ.

Constructive procedures are a set of related activities, which failure or success is directly related with the knowledge of possible extraordinary events at work and its oportune solution . Although conventional literature shows ideal processes, in field and over all in urban sectors , inconveniences for conduction nets management give an extra ingredient that demands technical oportune and optimal solutions as fast as possible.

* Degree Project as an enterprise practical modality.

** Faculty of physycal-mechanic Engineerries , Department of Civil Engineering. Ing. Eduardo Castañeda Pinzon

INTRODUCCION

El desplazamiento a tiempo y oportuno es hoy por hoy más que una comodidad, una necesidad, todo ciudadano debe cumplir con ciertas obligaciones que lo vinculan como tal a la sociedad. En las grandes metrópolis como Bogota las distancias toman valores significativos y la calidad de las vías de acceso a diferentes puntos estratégicos de la ciudad juega un papel determinante.

La intervención en dichas vías de acceso aunque producto de la falta de coordinación interinstitucional y el deficiente dinamismo de planeación hace que se tomen medidas correctivas, mas que preventivas que sin embargo proporcionan comodidad y agilidad en el flujo de trafico y movilidad que de cierto modo y relacionados con otras variables, inciden directamente, reduciendo considerablemente los tiempos de desplazamiento.

La existencia de un sistema de transporte es un factor importante para el desarrollo económico de cualquier ciudad, región, o país, ya que de el dependen, en especial de las carreteras casi completamente cada una de las fases de nuestra actividades diarias.

Teniendo en cuenta que el transporte representa cerca del 10% de los gastos de una familia en muchas ciudades y la posesión de un automóvil esta estrechamente relacionada con el nivel de ingresos, e implica viajes mas largos y un mayor numero de estos, también en varios países de Latinoamérica el transporte representa entre el 6% y el 8% de Producto Interno Bruto. Por esta razón es necesario crear y mantener un sistema de transporte eficiente para la ciudad, lo cual es posible conseguir gradualmente, mediante la implementación de controles que permitan mejorar los aspectos organizativos y la calidad técnica de una empresa, para garantizar así un producto final que cumpla con los objetivos para los cuales se concibió.

Por tanto este lineamiento exige un soporte no solo en la parte administrativa de la empresa sino en su actividad principal que es la construcción. En razón a lo anterior

se desempeñaron labores de apoyo junto al ingeniero residente de forma que se garantizo el cumplimiento de los requisitos de las normas vigentes¹.

El presente trabajo pretende plasmar basado en la experiencia desarrollada, las principales directrices de los procedimientos constructivos en las principales actividades de ejecución de obra por medio de un manual de procedimientos para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Verificar y seguir el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad en obra para cada actividad desarrollada.
- Hacer seguimiento en los procesos constructivos al cumplimiento del control de calidad, medidas de seguridad industrial, optimización del consumo de materiales y especificaciones de construcción.
- Revisar cantidades de obra ejecutada en cada periodo de construcción.
- Realizar, verificar y controlar la programación de la obra.

El enfoque del proyecto se centro en los procesos constructivos relacionados con la estabilización de la subrasante y construcción de la estructura vial. Puesto que INECON-TE S.A. centra sus actividades en torno a la construcción de vías, se presento un informe a la constructora con la información recopilada para la implementación de su uso en capacitación y optimización del recurso humano.

El control de calidad se rigió por los parámetros del Sistema de Gestión de Calidad (S:G:C) de INECON-TE S.A. con el propósito de respetar la normatividad interna de la empresa.

El manual de procedimientos fue basado en las especificaciones de construcción de carreteras INVIAS que aplica en general para el territorio nacional orientado a situaciones especificas probables e indocumentadas.

¹ OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando. Estructuración de las vías terrestres Facultad de Ingenierías UNAM. p 13

1. INGENIEROS CONSTRUCTORES - TECNOLOGIA Y EQUIPO INECON-TE S.A

1.1 HISTORIA

INGENIEROS CONSTRUCTORES - TECNOLOGIA Y EQUIPO INECON-TE S.A. es una empresa creada para atender las diferentes actividades relacionadas con el ramo de la construcción, constituida legalmente como persona jurídica en la Notaria Tercera de Pasto (Nariño) con la Escritura No 3716 del de Octubre de 1982 . INECON-TE tiene su sede principal en la ciudad de Bogota D.C. en la Carrera 7 # 156 – 80 OF 1001 Edificio North Point y una sede en la ciudad de Pasto ciudades desde la cuales ha contribuida al desarrollo de diferentes regiones del Colombia aportando toda la experiencia humana y tecnológica que ha desarrollado a través de la ejecución de diversos proyectos en campos como el diseño, asesorias, interventorias y la construcción de obras civiles y arquitectónicas.

La principal actividad de INECONTE ha sido la ejecución de obras civiles ,en Enero 2005 a la fecha ha intervenido en diversas obras resumidas a continuación:

Contrato IDU 226

construcción, rehabilitación y mantenimiento de accesos a barrios y pavimentos – programa pavimentos locales, grupo 2: localidades Bosa, Kennedy, Fontibón, y Puente Aranda- en la localidad de Fontibón y Puente Aranda

Contrato INVIAS226

construcción, rehabilitación y mantenimiento de accesos a barrios y pavimentos – programa pavimentos locales, grupo 2: localidades Bosa, Kennedy, Fontibón, y Puente Aranda- en la localidad de Fontibón y Puente Aranda

Febrero 2004

Contrato de Concesión No. IDU-146-2003

Concesión de la adecuación al Sistema TransMilenio del tramo Comprendido entre la Calle 127 A y la Avenida Ciudad de Cali, Perteneciente a la troncal de Suba.

Mayo-2003

IDU -008-03 Construcción y mantenimiento de accesos a barrios y pavimentos locales vías grupo 2

Sep-2002

Contrato 55-02 Construcción de obras de urbanismo ciudadela metrovivienda usme

Abril-2002

IDU-497-01 Adecuación y construcción de la carrera 123 camino Salazar.

Agosto-2001

IDU-194-01

Construcción del Puente Peatonal de acceso y obras complementarias para el Proyecto Transmilenio de la Estación Cabecera Portal Autonorte

Marzo-2001

Contrato IDU 791-00

Construcción de la Cicloruta Uniandes tramo 3

Diciembre-2000

Contrato IDU-212-2000. Construcción De vías en pavimento rígido Localidad De Ciudad Bolívar

Agosto-2000

contrato IDU 150/00

Diseño y construcción de acceso a barrios y pavimentos locales de san Cristóbal y usme, fase 2b, etapa I.

Diciembre-1999

Contrato IDU 572/99

Evaluación y rehabilitación de vías en las localidades de teusaquillo, barrios unidos, Santafé, mártires y candelaria.

Noviembre-1999

Contrato IDU 571/99 Construcción de vías.

Pavimento.

Abril-1999

Construcción de la estructura de Pavimento Carretera Chinchina - Santa Rosa

Enero-1999

Construcción de la Carretera Cebadal Consaca Sandona

Junio-1998

Contrato UNIDAD EJECUTIVA DE
SERVICIOS PUBLICOS (U.E.S.P.).

Operación técnica, administrativa y ambiental Relleno Sanitario Doña Juana.

Enero-1998

Contrato INVIAS 390/97

Construcción de la Avenida Perimetral de la Sabana

Junio-1997

Construcción de la variante Chiquinquirá – Boyacá

Julio -1997

Construcción de la variante de la conexión de la Avenida Quiroga (Diagonal. 39 sur) sector Cra 24 a la Cra. 31, primera etapa de la intersección Avenida Jorge Gaitan Cortés por Avenida General Santander.

Julio-1996

Contrato Valorización Departamental del Valle. Rectificación, Pavimentación y Ampliación de dos puentes, carretera Km.30 El Queremal, via a Buenaventura.

Julio-1996

Pavimentación de la Carretera Rozo El Cerrito.

Abril-1996

Construcción de las obras de infraestructura urbana Ciudad Salitre así: a) Tramo pavimento flexible, giro derecho N-O b) Tramo de adoquín giro derecho N-O y c) Construcción de andenes, zonas duras y adecuación zonas verdes.

Mayo-1995

Construcción de la calle 34 entre Cras 68 y 68B, correspondiente a las obras de infraestructura urbana del proyecto Ciudad Salitre.

1.2 POLÍTICA Y OBJETIVOS DE CALIDAD

Constructora INECON-TE es una empresa dedicada a la ejecución de obras civiles, cumpliendo los requisitos del cliente y buscando la mejora continua de la eficacia del sistema de calidad mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos.

1. Mejorar el cumplimiento de Requisitos.
 - Mejorar los criterios de aceptación de las especificaciones.
 - Mejorar el objetivo de cumplimiento de especificaciones de 92%.
2. Optimizar el uso de nuestro recurso humano.
 - Minimizar el costo de equipo, materiales y mano de obra.
3. Mejorar el desempeño de nuestro recurso humano.
 - Capacitar nuestra gente para mejorar sus labores diarias.
4. Mejorar continuamente el sistema de gestión de calidad.
 - Mejorar continuamente el S.G.C.
 - Mejorar las metas de nuestros objetivos.

1.2.1 Misión. La misión de constructora INECON-TE como su eslogan lo dice es, “desarrollar obras para una vida mejor” con el alto potencial humano y técnico que posee, bajo las normas de optima calidad.

1.2.2 Visión. Ser líderes empresariales en el campo de la construcción, buscando siempre con nuestras obras contribuir a la solución de los problemas de un país respondiendo a las expectativas de la comunidad beneficiaria.

2. PROYECTO REHABILITACION DE PAVIMENTOS LOCALES

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE

REHABILITACION Y MANTENIMIENTO DE ACCESOS A BARRIOS Y PAVIMENTOS DE LAS LOCALIDADES DE BOSA-KENEDDY-FONTIBON-PUENTE ARANDA, I.D.U.-INECON-TE

CONTRATO

CONTRATO INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO I.D.U- 226 – 2004

CONTRATANTE

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO (I.D.U)

CONSTRUCTORES INECON-TE S.A.

El proyecto rehabilitación de Pavimentos locales de la ciudad de Bogota, es una estrategia para mejorar el nivel de serviciabilidad de las vías de acceso que afectan el desplazamiento de los habitantes de zonas tanto residenciales como industriales, interviniendo y mejorando al mismo tiempo donde fuere necesario las redes existentes de energía, agua potable, telecomunicaciones, gas natural y alcantarillado. Sin dejar a un lado el componente urbanístico que provee al peatón de espacios libres para tener una movilidad segura al transitar.

2.2 SUBTRAMO -18 BARRIO CUNDINAMARCA

El caso particular de la asistencia Técnico - Administrativa, es la rehabilitación y repavimentación de la Calle 19 entre carreras 32 y 36 del Barrio Cundinamarca en la localidad de Puente Aranda, Bogota D.C.

El proyecto tiene una longitud de 473.23 metros de componente vial, reubicación de redes y espacio público.

Figura 1. Localización del Proyecto

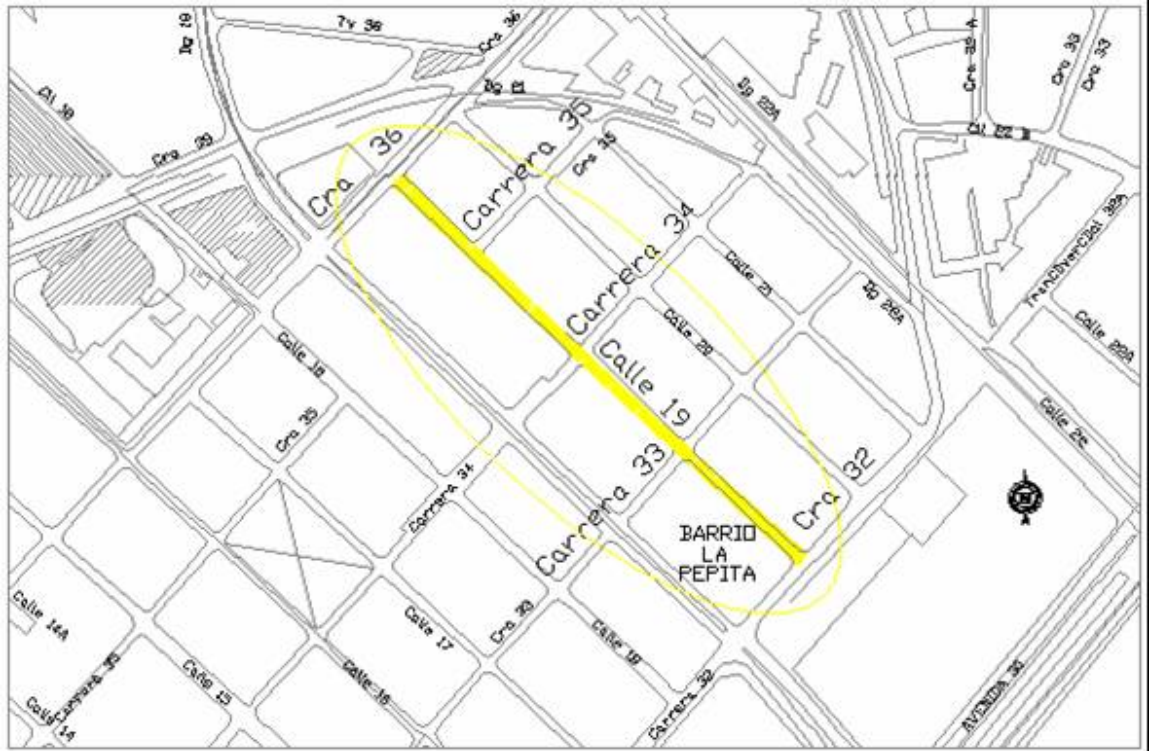
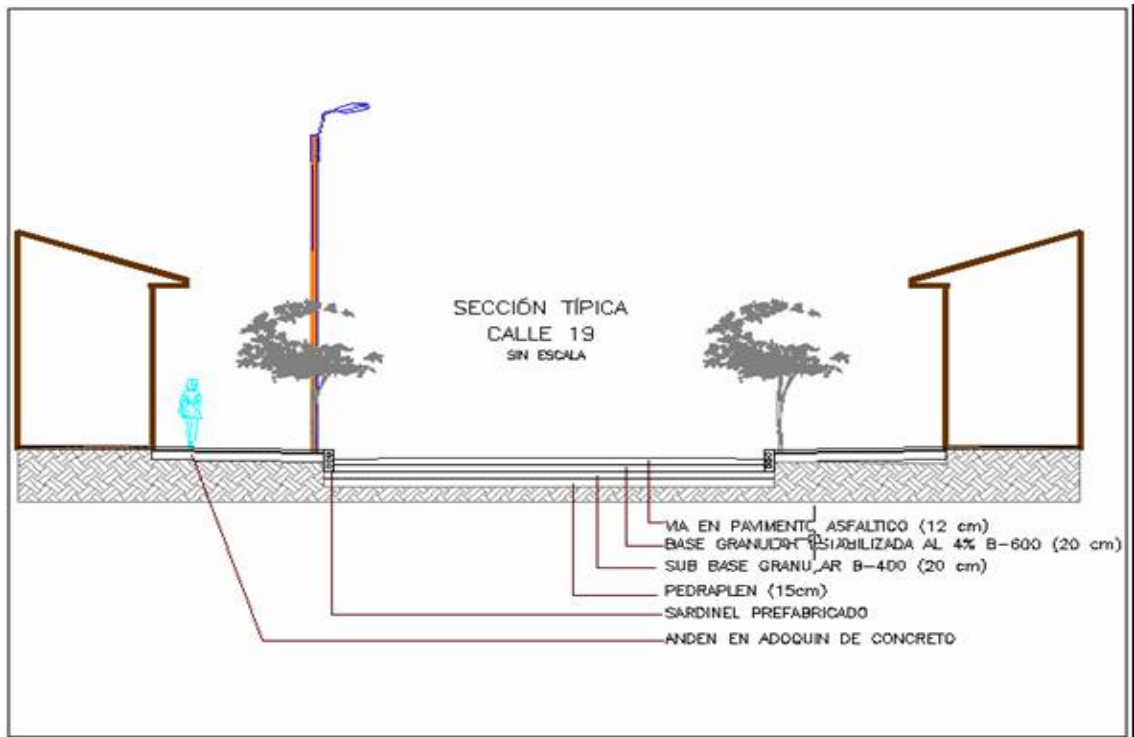


Figura 2. Sección típica del proyecto



Fuente: Especificaciones de Diseño Constructora INECON-TE S.A

1. Mejoramiento de la Subrasante existente, Pedraplen (15 centímetros)
2. Sub base Granular , B-400 (20 centímetros)
3. Base Granular Estabilizada con cemento al 4% ,B-600 (20 centímetros)
4. Carpeta asfáltica (12 centímetros)

Se anexan planos record de ubicación de redes y redes proyectadas para intervención correspondientes al tramo 18 del contrato I.D.U. 226-04. (ver Anexos del 1. al 7.)

2.3 ALCANCE GENERAL DE LAS OBRAS DEL I.D.U.

- Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y/o ampliación de la vía existente.
- Obras de Rehabilitación y reconstrucción de redes de alcantarillado, Agua Potable Gas Natural y Telecomunicaciones.
- Obras de Rehabilitación y Mejoramiento de Espacio Público.

2.3.1 Beneficios del Proyecto.

- Mejoramiento de el componente Urbanístico- Ambiental de la zona de Intervención.
- Mejoramiento e Intervención de antiguas redes inhabilitadas.
- Mejoramiento de las condiciones de flujo y congestión de tránsito debido al eje industrial donde se ubica la obra.
- Mejoramiento del nivel de servicio a los usuarios de la vía.
- Generación de empleo, especialmente para la población local puesto que en la política de contratación del I.D.U. el contratista debe garantizar por lo menos el 70% de mano de Obra Local.

3. VERIFICACION Y SEGUIMIENTO AL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD EN OBRA

3.1 PRODUCCION DIARIA

Para garantizar un cumplimiento de todas las especificaciones del producto terminado por parte del contratista, se realiza un seguimiento de producción diaria a los procesos constructivos de forma tanto cuantitativa, como cualitativamente siguiendo estándares de calidad propios de la empresa, para este propósito se diligencian algunos formatos con datos informativos de los avances diarios y formatos de control de inspección y ensayo para controlar la calidad de los materiales y los procesos constructivos que se utilizan en la ejecución de la obra como tal, dichos formatos tienen como base las especificaciones técnicas para la construcción de carreteras del INVIAS(Instituto Nacional de Vías).

Para el avance diario, el sistema de Gestión de calidad implemento un formato en el cual se identifica el numero de item asignado para una actividad determinada, el numero de item cambia dependiendo de las asignaciones particulares para los diferentes contratos es decir, un numero igual puede identificar dos actividades diferentes en dos contratos diferentes, también se identifica en el formato, el subtramo en el cual fue desarrollada la actividad así como la ubicación específica con el abscisado tanto inicial como final de ejecución. La separación por estas subzonas obedece a que para el IDU, las localidades están agrupadas por bloques o cuadras (4 o 5) a las que denominan subtramos.

Para complementar la información, se especifica el subcontratista encargado de la ejecución del item especificado en el formato (para un mismo subtramo pueden haber dos o mas subcontratistas) , la unidad de medida del mismo y la cantidad desarrollada en el día, estos formatos a su vez son de gran utilidad en el momento de hacer los cortes quincenales a los maestros y hacer las preactas para cobro a interventoría.

A continuación se presenta un formato de Avance diario ya diligenciado, con el fin de facilitar la comprensión de la dinámica de uso.

También se diligencia un formato de avance físico de actividades en el cual se relacionan las cantidades acumuladas con el fin de cuantificar el avance real del teórico y así poder tomar medidas correctivas en caso de ser necesarias para cumplir con la programación de la obra.

Tabla 1.

**CANTIDADES DE OBRA EJECUTADAS
VIAS CONTRATO IDU 226/04 FRENTE 2 SUBTRAMOS 12 - 13 - 14 - 15
F-CI-001**

FECHA : 23/01/2006

SUBTRAMO	ITEM CONTRACTUAL	ACTIVIDAD	REPORTE DIARIO DE VIAS							SUBCONTRATISTAS	
			ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	Unidad	LADO	L	A	H		TOTAL
15	10	Suministro, colocación y compactación de Base granular estabilizada con cemento al 4%. INVIAS ARTICULO 341-02 Ver especificación particular	Ko+0,00	Ko+80,00	M3		80,00	6	0,2	96,00	INECONTE
12	4	Excavación Manual no incluye retiro (profundidad de 0 a 2 mts especificación sección 2 IDU)	Ko+32,00	Ko+38,00	M3		6,00	2,5	0,5	7,50	HERNANDO SANDOVAL
12	4	Excavación Manual no incluye retiro (profundidad de 0 a 2 mts especificación sección 2 IDU)	Ko+153,00	Ko+160,00	M3		7,00	2,5	0,5	8,75	JUIAN RAMOS
13	19	Demolición de andenes(incluye base en concreto y acabados; incluye cargue para retiro a la escombrera) INVIAS ARTICULO 201-96	Ko+240,00	Ko+250,00	M2		10,00	2,5		25,00	JUAN RAMOS
12	19	Demolición de andenes(incluye base en concreto y acabados; incluye cargue para retiro a la escombrera) INVIAS ARTICULO 201-96	Ko+38,00	Ko+45,00	M2		7,00	1,5		10,50	HERNANDO SANDOVAL
12	19	Demolición de andenes(incluye base en concreto y acabados; incluye cargue para retiro a la escombrera) INVIAS ARTICULO 201-96	Ko+45,00	Ko+60,00	M2		15,00	1,5		22,50	JUAN RAMOS

Favor colocar todas las actividades que se realicen a diario con su respectiva medicion

ELABORO
CARLOS ROJAS

Ing Residente
Adolfo Barrgia

Ing Control Interno
Martha Janeth Martinez

Director de Obra
Ing. Efrain Rodriguez

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad (S.G.C.) INECON-TE S.A.

3.2 INSPECCION Y ENSAYO

Para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para los materiales según las especificaciones y normas técnicas, INECONTE S.A. ha implementado conjuntamente con el sistema de gestión de calidad unos formatos para el control interno de las propiedades físicas y químicas de materiales, relacionándolos con los diferentes ensayos normatizados para este efecto. Los ensayos fueron realizados siguiendo las normas actuales vigentes que condicionan este tipo de pruebas (Normas INVIAS – IDU), para lo cual se contrataron los servicios de laboratorios particulares.

Lascano y Esguerra Cia. Ltda. Ingenieros consultores fue la empresa encargada de realizar todas las pruebas en los materiales y producto terminado para garantizar la satisfacción del cliente.

Figura 5 Toma de muestras en campo Subtramos 18 y 12





Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Los formatos relacionan mensualmente los resultados de los ensayos practicados en los diferentes materiales; agregados pétreos gruesos, recebo, subbase granular, base granular y prefabricados en concreto para espacio publico entre otros.

Los resultados relacionados están sujetos a verificación, para lo que se deben tener soportes con todos los resultados de ensayos de laboratorio practicados a un material determinado en un tramo o subtramo específico.

3.3 CONTROL y VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS SISO (Sistema de Seguridad Industrial y Seguridad Social)

De acuerdo con las requisitos del siso para el trabajo en obras civiles para la ciudad de bogota y en especial para contrataciones por medio del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). Todos los trabajadores involucrados deben laborar con la dotación adecuada reglamentada y aprobada para este fin. Una de las principales actividades en el apoyo brindado a la constructora Ineconte s.a. fue velar por el cumplimiento del correcto porte y uso de la dotación reglamentaria.

Figura 6. Dotación Básica para contratación IDU



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Se observan en la imagen:

1. Overol tipo IDU (Pantalón y Chaqueta)
2. Casco
3. Botas Amarillas (Puntera de Acero)
4. Guantes de Carnaza
5. Monogafas

4. APOYO ADMINISTRATIVO

4.1 SEGUIMIENTO DE LAS CANTIDADES DE OBRA EJECUTADA Y CORTES A SUBCONTRATISTAS

Para efectos de los cortes quincenales a los maestros, Ineconte posee un sistema de resumen de liquidaciones consistente en una hoja de calculo (Tabla 7) que relaciona las actividades o Ítems ejecutados durante la quincena por determinado maestro, todo esto con su respectivo soporte de cantidades para el cual también existe un formato de cantidades de obra (Tabla 8), en el que se realizan operaciones matemáticas para efectos de cubicación y cuantificación de obra ejecutada con ubicación por abscisado y discriminación del costado de localización (norte,sur,oriente u occidente) según sea el caso.

En base a estos soportes particulares para cada maestro, se hace el cobro mensual general a interventoria, El auxiliar de ingeniería se encargo mes a mes durante la practica empresarial de soportar las cantidades de obra ejecutada por parte de la compañía, para este fin se usaron asimismo formatos de cantidades de obra en donde por medio de bosquejos y croquis se documentaron las obras ejecutadas para la posterior confirmación por parte de interventoria .

Tabla 7. Cortes a Subcontratistas

SOCIAL		JUAN RAMOS			CAPITULO(MULTIFOX):					
Nº		6			SUBTRAMO: 12 K0+120 - K0+240					
FECHA		12/14/2005			CANTIDADES					VALOR
NUMERO DE ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CONTRACTUAL	SUBTOTAL PRESENTE ACTA	ACTA ANTERIOR	ACUMULADO	PENDIENTE	SUBTOTAL PRESENTE ACTA	
3	Cargue y transporte de material sobrante (a distancia mayor de acarreo de 90 mts en sitio propuesto por la entidad ambiental competente, según especificaciones) (incluye vale escombrera)(Todo Costo)	m3	14400	500.00	234.00	0.00	234	266.00	\$ 3 369 600	
4	Excavación Manual incluye retiro (profundidad de 0 a 2 mts especificación sección 2 IDU)(incluye vale en la escombrera)	m3	7700	150.00	58.80	55.20	114.00	36.00	\$ 452 760	
9	Pedraplenes INVIAS ARTICULO 221-96 (A todo costo)	m³	2500	545.00	121.90	373.40	495.30	49.70	\$ 304 750	
125	ACOMETIDAS DOMICILIARIAS AGUA POTABLE	UN	16000	11.00	9.00		9.00	2.00	\$ 144 000	
135	construccion carcamo proteccion tubería 4" ac		60000	15.00	6.23	7.00	13.23	1.77	\$ 373 800	
TOTALES									\$ 4 644 910	
OBSERVACIONES										
CANTIDADES DE OBRA PARA PAGO PARCIAL SUJETO A MODIFICACIONES										
RESUMEN LIQUIDACION										
COST	\$	4 615 372								
UTILI	\$	184 615								
S/UTI	\$	29 538								
TOTA	\$	4 644 910								
				CARLOS ROJAS	JUAN RAMOS	ADOLFO BARRIGA	EFRAIN RODRIGUEZ			
				ELABORÓ	SUBCONTRATISTA	RESIDENTE OBRA	DIRECTOR DE OBRA			

Fuente: Cortes a Subcontratistas INECON-TE S.A.

Tabla 8.

CONSTRUCTORA INECON - TE S.A		FORMATO DE CANTIDADES DE OBRA				Versión:00		
						Código:F-TEJ-013		
						Pagina de		
						19/10/2005		
Contrato de Obra No: 226 - 2004					Cantidades de Obra correspondiente Acta de Corte No			
Contrato de Interventoría No:								
ITEM	DESCRIPCIÓN				UNIDAD	CANTIDAD CONTRACTUAL	CANTIDAD PRESENTE ACTA	TOTAL ACUMULADO
4	Excavación Manual incluye retiro (profundidad de 0 a 2 mts especificación sección 2 IDU) incluye vale en la escombrera)				m3	150	58,8	
CALLE 35C ENTRE CRA 120 Y 118B FRENTE 2 SUBTRAMO 12								
DEL K0+240 - K0+120								
EXCAVACION MANUAL PARA COMPLETAR CAJA DE CALZADA CEREO								
	LONGITUD	ANCHO	ALTO	TOTAL				
	120	7,00	0,07	58,80				
TOTAL 58,80								
Elaboro				Vo.Bo. Residentes de Proyectos				
Nombre CARLOS ROJAS				Nombre Adolfo Barriga		Nombre Jaime Rengifo		
Firma				Firma		Firma		
Contrato No 226-2004				Contrato No 226-2004		Consorcio Civiltec LTDA - CEI		

Fuente: Cantidades de Obra ejecutada INECON-TE S.A.

4.2 REALIZACION, VERIFICACION Y CONTROL DE LA PROGRAMACION DE OBRA

Los procesos constructivos en diferentes actividades programadas en pos de una Obra final de alta calidad deben seguirse cumpliendo estándares que garanticen los requerimientos iniciales por los cuales fue concebida la obra como tal. Para este fin se realizo un control de ejecución de los mismos a partir del cual se elaboro el manual de procedimientos que se presenta como aporte en este proyecto de grado modalidad práctica empresarial.

La ejecución de la programación de Obra proporciona una medida de la efectividad y optimización de los procesos en cuanto a rendimientos, pero esta también sujeta a imprevistos que aunque se contemplan en planeacion, muchas veces no alcanzan a asemejarse a los que se encuentran en campo. Debido a los intempestivos cambios climáticos y a estos imprevistos, las obras civiles están sujetas a cambios y prolongaciones en los plazos de entrega, para lo cual, las compañías constructoras deben justificar las razones de los atrasos, y la mejor forma de hacerlo es siempre llevar un registro escrito de los acontecimientos irregulares que ocurran en el desarrollo de las actividades , de ahí la importancia del correcto manejo de la bitácora o libro de Obra.

Cuando las justificaciones a las que el contratista puede apelar se hacen efectivas, se permite hacer una reprogramación de Obra de acuerdo a los plazos y holguras iniciales. La siguiente reprogramación fue planteada por el estudiante en práctica.

Tabla 9. Reprogramación tramo-18



Tabla 10. Reprogramación tramo-18

<p>Calzada Vehicular Calle 34-35 (abscisas K0+100/140)</p>	
<p>Excavación mecánica para conformación de estructura</p> <p>Construcción Cárcamo de protección de conexiones domiciliarias</p> <p>Construcción de capa de Pedraplenes INVIAS ARTICULO 221-96</p> <p>Construcción cárcamo de protección tubería de acueducto Ø=36"</p> <p>Suministro compactación y colocación de sub-base granular INVIAS ARTICULO :</p> <p>Suministro e instalación de Sardinel en concreto prefabricado A10 IDU Seccion 4</p> <p>Construcción de Sumideros</p> <p>Instalación de conexiones a pozos de inspección</p> <p>Suministro, colocación y compactación de Base granular estabilizada con cemen</p> <p>IMPRIMACION ARTICULO 420-02 Ver especificación particular</p> <p>Colocación MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-1 CON ASFALTO NORMALI</p> <p>RIEGO DE LIGA INVIAS ARTICULO 421-02 Ver especificación particular</p> <p>Colocación MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2 CON ASFALTO MODIFICA</p> <p>Terminación de pozos de inspección de alcantarillado</p>	
<p>Calzada Vehicular Calle 34-35 (abscisas K0+140/182)</p>	
<p>Excavación mecánica para conformación de estructura</p> <p>Construcción Cárcamo de protección de conexiones domiciliarias</p> <p>Construcción de capa de Pedraplenes INVIAS ARTICULO 221-96</p> <p>Construcción cárcamo de protección tubería de acueducto Ø=36"</p> <p>Construcción de cárcamo longitudinal de aguas lluvias, incluida conexión a pozo</p> <p>Suministro compactación y colocación de sub-base granular INVIAS ARTICULO :</p> <p>Suministro e instalación de Sardinel en concreto prefabricado A10 IDU Seccion 4</p> <p>Suministro, colocación y compactación de Base granular estabilizada con cemen</p> <p>IMPRIMACION ARTICULO 420-02 Ver especificación particular</p> <p>Colocación MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-1 CON ASFALTO NORMALI</p> <p>RIEGO DE LIGA INVIAS ARTICULO 421-02 Ver especificación particular</p> <p>Colocación MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2 CON ASFALTO MODIFICA</p> <p>Terminación de pozos de inspección de alcantarillado</p>	

Tabla 11. Reprogramación tramo-18



4.3 REALIZACION DE PEDIDOS DE OBRA

Para la ejecución de la programación de obra, es necesario que los insumos y materiales estén a tiempo en sitio donde se necesitan.

El estudiante en práctica sirvió como apoyo para calcular cantidades de obra y hacer el posterior requerimiento de los insumos necesarios.

La adecuación del espacio público es una de las actividades que requirió mayor atención a la hora de hacer pedidos .puesto que por sus componentes prefabricados y la gran demanda de estos en el medio, el despacho por parte de los proveedores se demoraba considerablemente.

El éxito de un pedido a tiempo en estos casos es la planeacion de las actividades a desarrollar.

En el anexo 14 se muestra un formato de pedidos interno que debía ser diligenciado en el frente de obra para luego pasar por el departamento de compras en la oficina central North Point.

5. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS

Los procedimientos técnicos involucrados en la construcción y/o rehabilitación de una vía son una secuencia de procesos lógicos organizados que a pesar de ser objeto de estudios teóricos profundos son ante todo técnicas de trabajo de campo que pueden ser variables dependiendo de la situación específica de la obra en donde se apliquen.

La cuestión fundamental es la claridad de los criterios a adoptar para la utilización de los equipos requeridos y las operaciones necesarias para la obtención de ciertos parámetros específicos de cada proceso, considerados dentro del marco del proyecto como tal.

No obstante, dado que en la práctica las condiciones ideales de equipo y proceso pueden llegar a ser difíciles sino imposibles de obtener, es de primordial importancia el planteamiento de mecanismos que permitan el análisis de los posibles resultados con los equipos disponibles y la operación de esos equipos pensando siempre en la optimización de los recursos.

Para optimizar la consecución de los resultados deseados, es importante que los procesos se nutran con información realista considerando los resultados a los que se podría llegar en campo, y para esto la experiencia es la principal aliada. En la construcción y/o rehabilitación de una vía como es sabido, existen diversos procesos básicos que están relacionados entre sí de una u otra forma y siguen un orden de ejecución lógico; El manual trata algunos de estos procesos, y se encuentran organizados en cinco títulos principales:

5.1 EXCAVACIÓN MECÁNICA

La primera parte presenta un recorrido por el proceso constructivo básico y los cuidados que se deben tomar antes, durante y después de comenzar una excavación mecánica sobre una estructura de pavimento existente. Se describen materiales y equipo necesarios para la ejecución de esta labor, así como las medidas ambientales y de inspección de redes predecesoras a esta.

5.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EXISTENTE

En este título, se describe la metodología de un proceso comúnmente utilizado en Colombia para mejorar por métodos físicos (suelos-fricciónantes) porciones de terreno natural encontrado en el sitio de la obra a intervenir, medidas pre y post inicio de ejecución, y un resumen general de algunas estructuras de protección de conducciones de redes, en sitios donde así lo requieran.

5.3 COLOCACIÓN DE SUB BASE GRANULAR

Para esta capa de material que ayuda a proporcionar la resistencia mecánica requerida por la estructura de pavimento, se describen de manera general, los lineamientos básicos para la colocación, ceseo y compactación de la misma teniendo en cuenta las normas vigentes.

5.4 COLOCACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE BASE GRANULAR

En esta parte se presentan los principales aspectos de la metodología a seguir para completar de manera exitosa el proceso constructivo de la base estabilizada con cemento, los equipos necesarios así como la calidad de todos los ingredientes que intervienen en la mezcla.

Es válido aclarar que se ilustra la colocación de base estabilizada con cemento, por ser la aplicación particular de la experiencia del autor, pero en general si se tratase únicamente de la colocación de base granular se sigue un procedimiento similar al del aparte 5.3 (Colocación de Sub base Granular).

También se describen los cuidados necesarios para garantizar un buen curado y la protección del material estabilizado.

Se consideran además los principios generales para la evaluación del producto terminado.

5.5 MEJORAMIENTO DE ESPACIO PUBLICO

Por ultimo se muestra de forma practica, la manera correcta de realizar una actividad que se esta imponiendo en las principales ciudades del mundo, como lo es la adecuación del espacio publico con elementos prefabricados que muestran bondades por su facilidad de ejecución, poco uso de maquinaria y gran demanda de mano de obra local.

Puesto que los procedimientos descritos anteriormente se basan en la experiencia del autor, se omite la construcción de base y rodadura asfáltica lo que no significa, que el procedimiento no se debe realizar hasta completar la estructura de la vía.

Los cuatro primeros corresponden a una secuencia comúnmente usada para la reconstrucción de una vía y el ultimo hace referencia a la adecuación de espacios para el transito peatonal.

Es posible que dentro de los procesos mencionados anteriormente se involucren subprocesos que estén directamente relacionados con ellos, también se hace mención a algunos de los mas importantes.

En el anexo 10 se presentan los tipos mas comunes de daños ocasionados en pavimentos de concreto asfáltico ya sea por fatiga o desgaste del mismo. Para hacer un diagnostico acertado del tratamiento a tomar en consideración para la rehabilitación de los pavimentos afectados, se presentan algunas indicaciones (anexo 8) en relación a la elección de las posibles alternativas de procedimiento a seguir en los diferentes casos de la practica. Desde luego son indicaciones de carácter general que en ningún momento pueden ir en contraposición con las características especiales propias de cada obra.

Esta guía se presenta con el fin de que las personas involucradas con la ejecución de obras de rehabilitación y construcción vial en general, puedan establecer criterios mínimos para la ejecución de algunos de los procesos constructivos necesarios.

El presente documento se enfoca a las actividades relacionadas con la estabilización de la subrasante y conformación de la estructura de la vía como tal, e incluye algunos consejos prácticos para sortear situaciones extraordinarias durante el desarrollo de las actividades, su contenido refleja una alternativa de consulta basada en las normatividades vigentes actuales y la experiencia vivida por el autor quien en ningún momento se responsabiliza por los resultados obtenidos en obra como consecuencia de la utilización de este manual, dado que su uso debe estar ligado a las características técnicas, ambientales y económicas particulares de cada obra específica.

5.6 EXCAVACION MECANICA

La excavación mecánica a realizarse en determinada obra, depende de los diseños de la estructura a construirse, es indispensable, conocer los niveles tanto inicial como final de la excavación, Las carteras de topografía juegan un papel importante para este fin.

Cada proyecto particular tiene sus propias especificaciones y diseños por lo que se recomienda hacer un análisis profundo de los planos de diseño así como los planos record de redes existentes. El estudio de los planos record, contribuyen con la ubicación aproximada de las conducciones (por lo general los planos nunca proporcionan ubicación exacta) en el área de intervención. La excavación manual de apiques para la ubicación en sitios de influencia de redes pretende evitar la destrucción de las mismas. Lo que hace de esta, una practica muy común y casi indispensable en todo proyecto vial por donde existan este tipo de conducciones.

5.6.1 Equipos y Materiales. Para la ejecución de los trabajos de excavación se requieren taladros neumáticos, picos, escarificador de motoniveladora u otros equipos apropiados para remover las capas de la estructura existente dependiendo del tipo de la misma y de sus características propias, así como cargador y vehículos de transporte de materiales (volquetas) para la evacuación de los escombros hacia los botaderos autorizados según las especificaciones del proyecto. Es necesario prever la cantidad de volquetas necesarias para cargue y retiro de

escombros, con el propósito de que este sea hecho simultáneamente con la excavación, esto ahorra tiempo y acelera la producción optimizando el rendimiento de los equipos utilizados. También se necesitan elementos adecuados para el perfilado y compactación del fondo de la excavación.

Figura 7. Retroexcavadora Jonh Deer 710 Haciendo cargue de Volquetas



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.6.2 Procedimiento. Antes de iniciar los trabajos de excavación para reparación del pavimento existente, es indispensable diseñar un plan para la ejecución de las excavaciones y el posterior relleno de las mismas, con el fin de minimizar las molestias a los usuarios. Dicho plan debe ser evaluado por el Interventor, quien esta encargado de vigilar su cumplimiento una vez que le brinde su aprobación y esta directamente relacionado con la programación de los trabajos totales a ejecutar.

Una vez se empieza la excavación mecánica, se deben retirar todos los materiales sobrantes, los cuales deben ser cargados en volquetas cubriéndolos con lonas u

otros protectores adecuados, debidamente asegurados a la carrocería y transportados a los sitios de disposición indicados en los documentos del proyectos o definidos por el Interventor o la entidad competente, Para el caso particular de Bogota, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) es el estamento que autoriza dichos sitios, pero las condiciones varían acorde a la ubicación de la obra.

Los materiales de desecho deben quedar dispuestos en el botadero o escombrera de tal manera, que cumplan todas las reglamentaciones legales vigentes al respecto, en especial las referentes a la protección del medio ambiente asegurando que no generen inestabilidad del terreno ni obstrucciones en el drenaje del mismo.

Figura 8 Inicio de Excavación Mecánica



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Cuando se realice una excavación se deben tener en cuenta ciertos aspectos:

No se pueden iniciar trabajos hasta cuando la señalización del área a intervenir este totalmente hecha, este procedimiento se describe más ampliamente en el numeral 5.1.2.2

La investigación de redes es una actividad predecesora - simultanea para poder iniciar las labores de excavación y se describe en el numeral 5.1.2.1

Hay que cuidar que cuando la excavación se haga, esta debe tener taludes verticales bien definidos, es por eso que en la mayoría de las ocasiones es necesario hacer un perfilado manual posterior. Las caras longitudinales y transversales de esta deben ser paralelas y perpendiculares al eje de la vía, respectivamente; su fondo debe ser plano, uniforme y firme.

5.6.2.1 Investigación de Redes. Es aconsejable que la investigación de redes se haga conjuntamente con la comisión encargada de la topografía para ubicar aproximadamente las conducciones con respecto de la vía a intervenir.

Una vez se halla escarificado el sector de posible ubicación de la red, se procede a iniciar la excavación de los apiques por medios manuales en los sitios en donde se sospeche existencia de dichas conducciones, se recomienda hacer apiques al menos cada 10 metros lineales o donde se crea necesario. Cuando la maquinaria se encuentre escarificando, se recomienda que una persona con experiencia, ayude al operador de esta a visualizar redes en el terreno desde un ángulo diferente.

Figura 9. Excavación mecánica sobre estructura existente para efectos de mejoramiento



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En la figura anterior se observa una persona encargada de visualizar en el momento de la excavación posibles redes existentes antes de ocasionar daños en estas.

Figura 10. Apique manual para encontrar tubería de Gas Natural



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Sin embargo, a pesar de todas las medidas de prevención que se tomen durante la ejecución de una Obra civil es casi inevitable que se pueda llegar a presentar una situación de emergencia, lo importante en estos casos, es mantener la calma y conocer los diferentes números telefónicos de atención a emergencias que muy seguramente existen en la zona en donde se encuentra la obra en ejecución. Hay casos en los que los daños a redes pueden ser manipulados por el contratista provisionalmente mientras la entidad competente se hace presente en el sitio del suceso, pero en otras ocasiones cuando los daños son considerables, es recomendable esperar a los funcionarios oficiales.

A continuación se documenta un ejemplo de situación de daño a una red principal de Gas Natural.

Figura 11 Arreglo daño tubería de Gas Natural $\phi=4''$



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

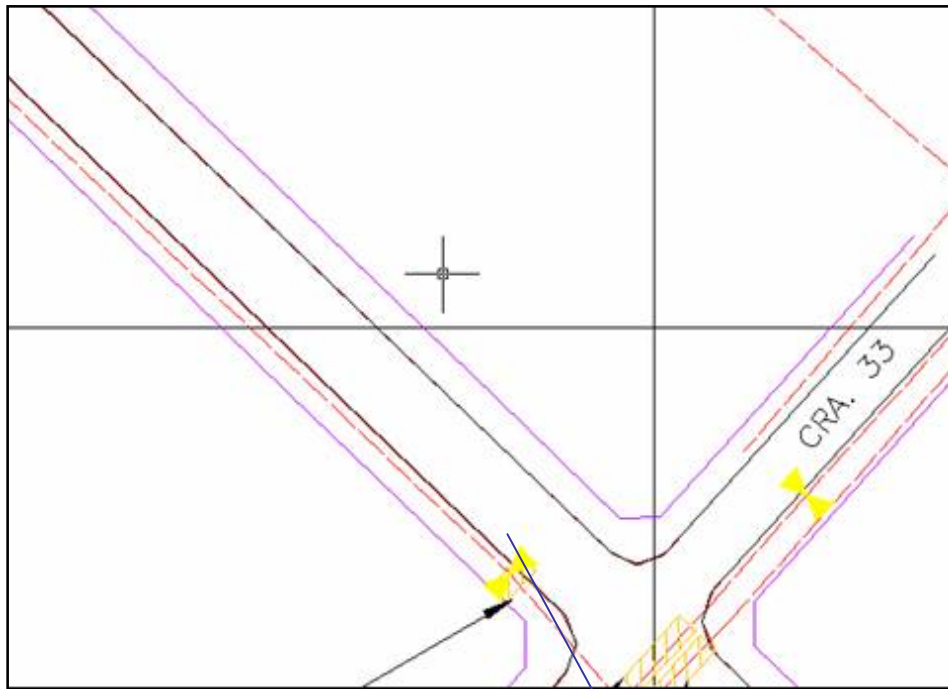
En la imagen se observa un daño causado a una conducción de Gas Natural de $\varphi=4''$ (diámetro 4 pulgadas) causado en el momento de realizar una excavación mecánica, aunque en los planos record la conducción se ubica aproximadamente 2 metros desplazada hacia el costado sur del sitio del daño (dentro del andén), y en los apiques preliminares fue encontrada desplazada también. Cuando este tipo de situaciones se presentan, es recomendable tomar registro fotográfico del evento puesto que cada entidad prestadora de servicios involucrada con conducciones en la zona de intervención de la obra, al final, para el recibo de la misma debe expedir a la empresa constructora, un paz y salvo de aprobación.

Cuando los daños a redes son de considerable gravedad por la importancia de las redes (generalmente diámetros mayores),Se recomienda:

- Identificar el tipo de Fuga
- Mantener la calma.
- Alejarse de la Fuga inmediatamente.
- Acordonar con señalización el área afectada para garantizar la seguridad de los transeúntes.
- No utilizar teléfonos celulares u otros artefactos que puedan generar chispa, cerca de la fuga.(Para el caso de Gas Natural)
- Llamar inmediatamente al número de atención a emergencias correspondiente al daño causado (cada sector del país debe tener estos números).
- Llamar al número de atención a emergencias de los bomberos.

Nótese como en el detalle de los planos record en el sitio del daño del ejemplo, la conducción esta dentro del andén que se observa en la imagen, mientras en campo la tubería realmente aparece a unos 12 cm del talud perfilado de la excavación (12cm por fuera del andén).

Figura 12. Detalle Plano Record Gas Natural $\phi=4''$



Fuente: Especificaciones de Diseño Constructora INECON-TE S.A

Sitio daño de
Conducción

Figura 13. Ubicación Real tubería de Gas Natural $\phi=4''$



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 14. Daño Menor tubería de Gas Natural $\phi=3/4''$



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En caso de Gas Natural, o Conducciones de agua potable, cuando los diámetros de la tubería a reparar son pequeños, estas pueden ser manipuladas por el contratista, doblándolas manualmente para evitar fugas de fluido mientras los encargados de la empresa correspondiente se presentan al sitio, por lo general las conducciones de diámetros pequeños se hacen con manguera que es dúctil y fácil de manipular.

5.6.2.2 Señalización. Durante la ejecución de las excavaciones, antes y durante su relleno, es importante que el Constructor provea todos los medios de señalización, identificación y ordenamiento del tránsito que sean necesarios para garantizar la circulación segura y es de cierto modo responsable por todo percance o incidente que se produzca por su descuido o negligencia en este aspecto. Para garantizar seguridad en este sentido los medios más comúnmente utilizados son: señales, cerramientos, colombinas y paleteros.

Los cerramientos son usualmente adecuados con parales o colombinas y polisombra, y se conciben con el objetivo de delimitar la zona de intervención de la obra para evitar que personas particulares resulten afectadas y/o lesionadas por el desarrollo de las actividades diarias o por accidentes ocasionados por los materiales acopiados en los frentes de obra.

Figura 15. Cerramiento en Polisombra para delimitar área de intervención



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 16. Identificación de la Obra en ejecución



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 17. Algunas de las señalizaciones más comunes en los frentes de obra



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Durante la ejecución de los trabajos de señalización para una obra, la interventoría esta encargada de controlar los siguientes parámetros:

- Verificar que la disposición de los materiales excavados se realice de acuerdo con las normas y reglamentos vigentes.
- Verificar que las medidas de señalización y control de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos, garanticen la seguridad de los usuarios de la vía.

Generalmente toda obra tiene una parte de gestión ambiental que es la encargada de velar por su cumplimiento

Figura 18. Acopio de Material de Excavación para su posterior evacuación



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

La señalización total del área de intervención debe hacerse antes y durante todo el proceso de excavación, así como la investigación de redes existentes todas estas son labores conjuntas que van ligadas entre si.

5.7 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EXISTENTE

La estabilización y mejoramiento de suelos y de materiales granulares es un conjunto de técnicas que buscan incrementar el desempeño mecánico y la durabilidad de materiales que son usadas en múltiples actividades en la ingeniería de pavimentos. Se destacan aplicaciones como mejoramiento de subrasante, mejoramiento de subbase y mejoramiento de base. Actualmente, existe una gran variedad de productos y procesos que ofrecen tratamientos ya sean físicos y/o químicos a los materiales por estabilizar. El mejoramiento de la subrasante existente se puede manejar de diversas formas, una de ellas la mas comúnmente utilizada en el casco urbano de la capital de Colombia, consiste en la conformación de un pedraplen de espesor variable dependiendo de los parámetros requeridos con piedra rajón , proveniente de las canteras autorizadas por el I.D.U. (Instituto de Desarrollo Urbano) ,dicho material debe cumplir con ciertos parámetros tanto de calidad.

En los pedraplenes se generalmente se deben distinguir tres zonas constitutivas:

- a. Cimiento:** parte inferior del pedraplén, con contacto con el terreno natural(subrasante a estabilizar).
- b. Núcleo:** parte del pedraplén comprendida entre el cimiento y la transición. El cimiento y el núcleo conforman el cuerpo del pedraplén.
- c. Transición:** Esta zona esta formada por la parte superior del pedraplén y su espesor debe ser el especificado en los planos de diseño.
- d. Corona :** (Capa subrasante) Es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características están definidas por las especificaciones particulares del proyecto en ejecución.

5.7.1 Equipo y Materiales. El equipo empleado para la construcción de pedraplenes debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor encargado del contrato, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos para cumplir con la programación de la Obra.

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden provenir de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas deben provenir de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Deben, además, cumplir los siguientes requisitos:

Granulometría

- El tamaño máximo no debe ser superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa
- Compactada, aunque si la interventoria considera que partículas superiores a este tamaño pueden ser acomodadas de tal forma que el espaciamiento entre ellas permita el llenado de estos vacíos, podría autorizar su uso.
- El porcentaje en peso de partículas menores al tamiz de 25.0 mm (1"), debe ser inferior al treinta por ciento (30%).
- El porcentaje en peso de partículas que pasen el tamiz de 75 μ m (No.200), debe ser inferior al diez por ciento (10%).

En adición a lo anterior, la curva granulométrica se debe ajustar a la siguiente franja, en la cual "D" es el tamaño máximo nominal del material:

TAMIZ % QUE PASA

D 90 - 100

D/4 45 - 60

D/16 25 - 45

D/64 15 - 35

La interventoria puede modificar esta franja, dependiendo de la información y características particulares del material usado en el proyecto adaptándola a las características del material y al proceso que se apruebe para la ejecución de la obra. Este ensayo se debe realizar como mínimo una (1) vez por jornada.

Resistencia a la abrasión

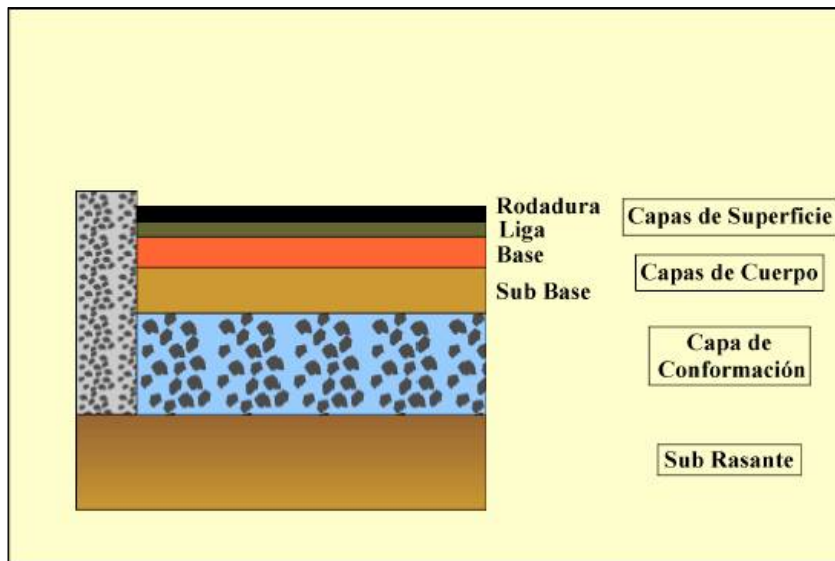
Al ser sometido al ensayo de Los Angeles, gradación E, según norma de ensayo INV-E-219, 221-2

el material por utilizar en la construcción del pedraplén no debe presentar un desgaste mayor al cincuenta por ciento (50%) y se debe hacer por lo menos una vez cada 1500 m³ o una vez al mes.

Para la conformación de los pedraplenes piedra rajón, el requerimiento mas importante es el de desgaste debido a que es la primera capa de soporte que va a ser sometida a esfuerzos de confinamiento y compresión en el momento de la compactación, dicho proceso esta directamente relacionado con la degradación estructural que sufre el rajón y que se traduce en cambios significativos en su granulometría, principalmente por ruptura de partículas o pulverización de caras fracturadas. Este efecto es el que se pretende aprovechar para mejorar la resistencia y compresibilidad de la subrasantes existentes.

5.7.2 Procedimiento. Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del pedraplen, se debe realizar, de acuerdo el procedimiento descrito anteriormente para las excavaciones de la capa vegetal y material inadecuado, si ello está previsto en el proyecto, así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, o la construcción de estructuras de protección de redes. La "caja" como se le conoce normalmente a la sección de la excavación debe ser recibida por interventoria antes de iniciar la conformación del pedraplen.

Figura 19. Estructura de Colocación de la Capa de Conformación (Pedraplen)



Fuente: Manual de Diseño para pavimentos Bogotá D.C. I.D.U -Universidad de los Andes

La construcción de estructuras de protección de redes debe hacerse antes de iniciar la colocación de la capa de conformación o, también se podrían dejar franjas de subrasante sin capa de conformación para la posterior ejecución de las obras de protección de redes de esta forma se pueden ejecutar las actividades de una manera coordinada. Cuando se aplique este procedimiento, se recomienda iniciar simultáneamente la ejecución de los carcamos de protección, pues el pedraplen no debe quedar expuesto mucho tiempo sin un sello que evite la penetración de humedad, y si se sella antes de la construcción de las protecciones, el material de sello podría acumularse en los espacios para los carcamos acarreado excavaciones extras.

Figura 20. Carcamo telecomunicaciones



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 21. Distribución de Capa de Conformación



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Se divisa, como se dejan espacios sin colocación de material. En el costado izquierdo de la imagen, con el fin de agilizar la producción para la posterior construcción de un carcamo de protección para las redes de Telecom, y en el eje de la vía con el fin de facilitar el acarreo de material mediante el uso de carretillas.

Cuando sea necesaria la construcción de pedraplenes directamente sobre terrenos inestables compuestos por turba o arcillas blandas, se debe asegurar el retiro de estos materiales o su consolidación completa, pues este tipo de materiales facilitan la aparición de fallos.

En los casos donde el proyecto lo considere, la superficie de apoyo también puede prepararse mejorándola con un geotextil, encima del cual se construirá el cuerpo del pedraplén.

Es importante que los pedraplenes sean formados por fragmentos de roca de tamaños uniformes para este fin se adecuan los sobre-tamaños manualmente con porra sin embargo una buena gradación del material hace efectivo el llenado de los intersticios con partículas de tamaños menores.

Figura 22. Acomodación manual del pedraplen sobre subrasante a estabilizar



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En la figura anterior se observa como el material es acomodado manualmente, garantizando así la formación de una estructura estable debido al trabe que se genera entre las caras fracturadas de las rocas.

El material de pedraplén se debe colocar en capas paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El material generalmente es acomodado y entrabado manualmente con el fin de que la superficie subyacente mejore sus propiedades mecánicas y garantice una buena resistencia para soportar el resto de la estructura de la vía.

El espesor máximo de las capas compactadas se debe fijar, salvo autorización en contrario del Interventor, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Cimiento y núcleo: Un metro (1m)

El espesor de las capas compactadas deberá decrecer desde la parte inferior de esa zona hasta la superior, con el fin de establecer un paso gradual entre el núcleo y la corona. Además, entre los materiales pétreos empleados en las capas sucesivas de la transición.

5.7.2.1 Construcción Estructuras de Protección de Redes. Debido a la profundidad de ubicación a la que se encuentran algunas redes de conducción sobre la calzada, Se presenta la necesidad de adecuar estructuras que garanticen el correcto funcionamiento de dichas redes, teniendo en cuenta que durante la construcción, rehabilitación y puesta en servicio de la vía, estas serán sometidas a esfuerzos por tránsito de maquinaria, vehículos y procesos constructivos.

Es en estos casos particulares se adoptan diseños predeterminados para la construcción de carcamos de protección.

Los carcamos de protección se construyen de acuerdo a las normatividades específicas de cada entidad prestadora del servicio al cual corresponde la red a

proteger, pero generalmente son necesarios cuando dicha red se encuentra a una profundidad menor o igual a noventa centímetros (90 cm.) a partir de la rasante.

Figura 23. Diversos carcamos de protección de redes ubicadas sobre la calzada en Intervención



Carcamo de Protección Acueducto Losas superiores reforzadas carcamo

Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Los muros de los carcamos de protección pueden ser de pared sencilla o doble (tabicon) según el tipo de solicitud por la cual fueron concebidos.

Figura 24. Construcción carcamo de protección tubería red matriz acueducto $\varphi = 36''$



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Cada entidad tiene normas y diseños propios para la construcción de sus protecciones.

Se documenta a continuación un ejemplo de procedimiento para la construcción del carcamo de protección que se documenta en la imagen.

Por tratarse de una conducción tan delicada (Acueducto red matriz $\varphi=36''$) por la presión a la que esta sometida, La empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogota E.A.A.B recomienda un sistema constructivo que consiste en la construcción discontinua de la estructura de protección (carcamo), excavando longitudes menores de 6m (longitud de un tubo) , dejando presillas de longitudes no inferiores a 4 m con el fin de aliviar las sobrepresiones producidas por el liquido en conducción con el peso propio de el relleno del material de la presilla.

Figura 25. Allanado a mano de las losas superiores del carcamo de protección tubería red matriz acueducto $\varphi = 36''$



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Presilla aun sin excavar ←

Nótese en la imagen anterior como se culmina el proceso constructivo del carcamo por completo en un tramo de aproximadamente 5m, mientras que en el tramo siguiente, no se ha iniciado siquiera la excavación manual. El peso propio de las losas ya fundidas sobre los muros del carcamo proporciona suficiente estabilidad a la conducción para poder continuar con el descubrimiento de la siguiente sección de tubería. El atraque interno en el carcamo lo proporcionan los rellenos con material de río (mixto) y arena de peña.

Figura 26. Secciones del carcamo construido por etapas intermitentes para evitar sobrepresiones en la conducción



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Cuando las estructuras de protección para las diferentes conducciones se completan, se prosigue a continuar con los rellenos respectivos, razón para el caso de los pedraplenes.

Figura 27. Vista superior pedraplen



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En los casos donde las condiciones del terreno a estabilizar, lo ameriten se puede preparar la superficie mediante el uso de geotextiles acorde al siguiente procedimiento.

5.7.2.2 Estabilización con geotextil. El geotextil en caso de ser necesario, se debe desenrollar manualmente sobre el terreno por cuanto, a causa de la debilidad del terreno, no suele resultar posible su extensión con ayuda de máquinas.

Para asegurar un buen comportamiento, los rollos de geotextil deben traslaparse conforme se indica en la Tabla 12. En el traslapo, el comienzo del segundo rollo se colocará debajo del final del primero, asegurándolos entre si por los métodos recomendados por el fabricante.

Tabla 12.

TRASLAPOS REQUERIDOS EN EL USO DE GEOTEXILES COMO SEPARADORES

RESISTENCIA DEL SUELO (C. B. R.) *	TRASLAPO NO COSIDO (mm)	TRASLAPO COSIDO (mm)
< 1	1200	100
1 - 2	900	100
2 - 3	750	100
> 3	600	100

Fuente: Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras INVIAS

En caso de que el geotextil se presente daños durante cualquier etapa de su instalación, la sección dañada debe ser reparada asumiendo los costos por el contratista. La reparación puede ser hecha cortando un trozo de geotextil suficientemente grande para cubrir el área dañada, incluyendo los traslapos recomendados en la Tabla 12.

Todas las arrugas que se formen durante la colocación de la tela o del material suprayacente, se deben doblar y alisar.

5.7.2.3 Sello del Pedraplen. Una vez la capa de conformación esta completa, se debe garantizar la protección de la misma contra la humedad. Para aislar la capa de mejoramiento de los daños que pueden aparecer por esta causa, se procede a sellarla con Recebo B-200 , el cual proporciona una protección impermeable que aísla la subrasante estabilizada de humedad en eventos de lluvia evitando de esta forma acolchonamientos en la misma por la expansión del material natural.

El sello se puede extender con motoniveladora o con el balde frontal de una retroexcavadora, pero después de esta operación, para garantizar el correcto llenado con el fin de proporcionar una superficie pareja, se extiende material de forma manual llenando algunas depresiones que las maquinas dejan.

Cuando este procedimiento se lleve a cabo, se deben garantizar las condiciones de drenaje para que la escorrentía aislada por la capa de sello pueda ser evacuada con facilidad y no sature la capa de protección, de lo contrario se podrían generar fallos tipo colchón.

Figura 28. Extensión manual de sello en recebo B-200 para protección del pedraplen



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Se procede a compactar proporcionando el bombeo y las pendientes de diseño con el fin de evacuar el agua en caso de que la hubiere.

Si el material de sello presenta excesiva resequedad, es aconsejable humedecer un poco para que su humedad se acerque a la humedad de compactación.

El éxito en la ejecución de esta actividad, asegura la optimización de los recursos materiales utilizados en la conformación del pedraplen.

Figura 29. Compactación de sello en B-200 con cilindro Estático Galion Warrior



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En algunos casos, es inevitable que la capa de conformación se dañe por presencia de humedad infiltrada, es allí cuando aparecen los fallos tipo colchón, el procedimiento a seguir debe ser aprobado por la interventoría encargada del

contrato en estos casos, lo mas común corresponde a la remoción del material saturado, incluyendo la capa de estabilización (pedraplen), para la posterior profundización de la excavación y relleno en rajón aumentando el espesor de capa.

En la figura No 30 se ve una franja de fallo con su relleno posterior, y se observa como el pedraplen acomodado manualmente en esta franja es de un espesor considerablemente mayor al inicial.

Figura 30. Relleno posterior a una excavación de Fallo



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.8 SUB BASE GRANULAR

Una vez el pedraplen con su respectivo sello impermeabilizante ha sido recibido por parte de la comisión de topografía de la interventoría designada para el proyecto particular y de acuerdo a los parámetros mencionados en los apartes anteriores , se procede a extender la capa de subbase granular que es una capa constituida por

material seleccionado que junto a la base, confieren a la estructura de pavimento, la resistencia mecánica necesaria para soportar las cargas inducidas por los vehículos y cuya función principal es distribuir los esfuerzos sobre la capa subyacente de tal modo que las deformaciones en los niveles inferiores permanezcan dentro de los límites admisibles, cuidando el cumplimiento de los requisitos para el suministro y colocación de este tipo de material, tanto de calidad como de procedimiento y método constructivo. La autorización por parte de Interventoría para la colocación de material de sub base granular se hace efectiva cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tiene la densidad y los niveles indicados en las especificaciones del proyecto o definidas por el Interventor. Además se deben asegurar los desagües y filtros necesarios para el manejo de aguas (drenaje) sobre la calzada mediante la construcción de cunetas y sistemas de evacuación de aguas. Uno de los procedimientos más utilizados para este fin es la ubicación y adecuación de los sumideros ya sean existentes o proyectados mediante la ruptura de la tubería en los sitios estratégicos. De esta forma se evita que el material a colocar, se dañe por saturación.

Figura 31. Adecuación de drenaje por medio de Zanjas excavadas manualmente



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.8.1 Equipo y Materiales. Los materiales a usar deben ubicarse en alguna de las siguientes franjas granulométricas o en la que la interventoría determine, esto se hace para evitar segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos, el material debe presentar una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa.

La calidad de los agregados a utilizar se considera cuando se someten muestras de las diferentes canteras proveedoras de material. Antes de iniciar la ejecución se someten las canteras a las diferentes pruebas para elegir la que mas se ajuste a los parámetros de exigencia de la obra.

Tabla 13. Granulometría Sub Base Granular

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
Normal	Alternativo	SBG-1	SBG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	30-60	35-65
2.0 mm	No.10	20-45	20-45
425 µm	No.40	10-30	10-30
75 µm	No.200	5-15	5-15

Fuente: Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras INVIAS

Los parámetros de evaluación para la calidad de los agregados son:

- Resistencia por el método C.B.R., de acuerdo con la norma de ensayo INV E-148.
- Equivalente de arena, según norma de ensayo INV E-133.

Durante la etapa de producción se efectuarán en adición a los ensayos descritos en el mismo aparte, los siguientes:

- Determinación de la proporción de partículas fracturadas mecánicamente en el agregado grueso (INV E-227), una (1) vez por jornada.

- Determinación del equivalente de arena (INV E-133), una (1) vez por semana.

- Determinación de los índices de aplanamiento y alargamiento (INV E-230), una (1) vez por semana.

- Determinación del desgaste Los Ángeles (INV E-218) y la solidez ante la acción de sulfatos (INV E-220), al menos una (1) vez al mes.

5.8.2 Procedimiento. La superficie de apoyo debe estar libre de irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en las especificaciones respectivas, las correcciones respectivas deben ser hechas antes de proceder a extender el material y deben satisfacer plenamente los requisitos evaluados por del Interventor.

5.8.2.1 Extensión del Material. El material se debe acopiar en un cordón de sección uniforme, donde se pueda comprobar su homogeneidad. Si la sub base se va a construir mediante combinación de varios materiales, éstos se deben mezclar formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se combinan para lograr su homogeneidad, la mezcla y extensión del material se hace con ayuda de una moto niveladora.

Figura 32. Extensión de material de Sub base Granular con Moto niveladora



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 33. Nivelación Topográfica a cargo de la comisión del contratista



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En la práctica los topógrafos encargados del cero del material (extensión del material respetando las cotas de diseño de proyecto) demuestran su experiencia, nivelando el material de tal forma que con uno o dos centímetros por encima de los niveles de diseño, se compense la diferencia dejada por el material cuando se somete a compactación.

5.8.2.2 Humedecimiento del Material. Por lo general el material en su estado natural nunca posee las características óptimas para la compactación por lo que es necesario ya sea humedecer o airear el material en pos de lograr la humedad óptima, para este fin se debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique a la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

El material a compactar se puede humedecer con irrigadores (carro tanques) o se puede airear con ayuda del equipo adecuado. Por lo general la moto niveladora es usada para voltear y escarificar el material.

Figura 34. Carro tanque con flauta y densímetro nuclear para adecuación de humedades



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Después de la mezcla, se debe extender en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

5.8.2.3 Compactación. La compactación debe hacerse inmediatamente después de la nivelación (cereo) del material, se debe tener en cuenta que entre mas cercana sea la humedad del terreno in situ a la humedad optima obtenida en laboratorio mayor va a ser el grado de optimización de los equipos y los recursos utilizados.

5.8.2.4 Controles de calidad.

5.8.2.5 Compactación. Las determinaciones de densidad de la capa compactada se deben realizar en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote, las cuales se pueden efectuar por algún método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162, E-163 y E-164. Los sitios para las tomas de muestras o mediciones in situ se deben elegir al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La densidad promedio del lote (D_m) debe ser igual o mayor al cien por ciento (100%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado (norma de ensayo INV E-142) de referencia (D_e), previa la corrección por presencia de partículas gruesas, según norma de ensayo INV E-228, siempre que ella sea necesaria.

$$D_m \geq D_e$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual (D_i) debe ser mayor al noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad media del lote.

$$D_i \geq 0.98 D_m$$

Admitiéndose sólo un valor debajo de esta exigencia. En caso de no cumplirse estos requisitos, el interventor puede rechazar el lote.

5.8.2.5.1 Espesor. Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al de diseño (e_d):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, so pena del rechazo del lote controlado.

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias sobre compactación y espesor, pero es el Interventor quien toma la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas intervenidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas, así como las áreas en donde la base granular presente agrietamientos o segregaciones, deben ser corregidas por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor.

5.8.2.5.2 Lisura. Para verificar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, se puede comprobar si el interventor así lo decide, con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, lo cambios bruscos en la superficie ,no admitiéndose variaciones superiores a quince milímetros (15 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier irregularidad que exceda esta tolerancia se debe corregir con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para

asegurar buena adherencia, se recomienda se escarifique la capa existente y se recompacte nuevamente la zona afectada.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de base granular compactada
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de base granular compactada
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no puede ser menor a la señalada en los planos o la definida por el Interventor quien, además, debe verificar que la cota de cualquier punto de la base conformada y compactada, no varíe en más de dos centímetros (2 cm) de la proyectada. Estos chequeos son hechos por la comisión de topografía de la Interventoría, generalmente se hacen sobre abscisas cerradas en los hombros y el eje de la vía.

5.9 BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO

La base estabilizada con cemento consiste en la mezcla íntima de un suelo seleccionado en la propia traza de la carretera con cemento y, eventualmente, agua, la cual, convenientemente compactada, tiene por objeto, fundamentalmente, disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia.

5.9.1 Equipo y Materiales. El material por estabilizar con cemento podrá provenir de la escarificación de la capa superficial existente pero para el caso particular, se trata de un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo aledañas (receberas Autorizadas), en todo caso se debe garantizar que el suelo a estabilizar este libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento.

El material por estabilizar no debe contener más de cuarenta por ciento (40%), en peso, de partículas retenidas en el tamiz de 4.75 mm (No.4); ni más de cincuenta por ciento (50%), en peso, de partículas que pasen el tamiz de 75 μm (No.200). Además, el tamaño máximo no puede ser mayor de setenta y cinco milímetros (75 mm), ni superior a la mitad (1/2) del espesor de la capa compactada.

La fracción inferior al tamiz de 425 μm (No.40), debe presentar un límite líquido inferior a treinta y cinco (35) y un índice plástico menor de quince (15), determinados según normas de ensayo INV E-125 y E-126.

Estos límites se pueden exceder, si el Constructor demuestra al Interventor que el equipo de que dispone, tiene una capacidad de disgregación suficiente para conseguir una mezcla íntima y homogénea de un suelo más plástico con el cemento.

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como $\text{SO}_4^{=}$, no puede exceder de medio por ciento (0.5%), en peso, al ser determinada según la norma de ensayo INV E-233.

El cemento para estabilización debe ser tipo Portland, el cual debe cumplir lo especificado en las normas NTC 121 y 321.

El agua debe ser limpia y estar libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, debe estar comprendido entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$ y determinado según norma ASTM D-516, no puede ser superior a un gramo por litro (1 g/l).

El equipo para estabilización debe estar constituido por una máquina estabilizadora, elementos para la compactación, motoniveladora, carro tanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, elementos de transporte; así como herramientas menores.

En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir también elementos para su explotación, cargues, transportes, eventual trituración y clasificación.

Figura 35. Moto niveladora para extensión y/o mezcla de material



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 36. Recicladora o Fresadora de Pavimento y Carro tanque para suministro de agua



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Si la utilización de la capa existente en la vía está prevista, debe contarse con elementos apropiados para su escarificación.

Salvo autorización escrita del Interventor, la motoniveladora no podrá emplearse en trabajos de mezcla sino únicamente en los de conformación.

En el caso de emplearse en la estabilización, suelos o agregados diferentes de los obtenidos al escarificar la capa superficial existente, tanto éstos como los procedimientos y equipos utilizados para su explotación y elaboración, deben tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los materiales elaborados ni exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos y especificaciones que requiera el trabajo en ejecución.

Todos los trabajos de clasificación de estos materiales y en especial la separación de sobretamaños, deben efectuarse en el sitio de explotación o elaboración y no se deben ejecutar en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos que existan en la capa superior de las canteras o préstamos deben ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones. Al abandonar los préstamos y las canteras temporales, es recomendable que el Constructor remodele el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales iniciales .

5.9.2 Procedimiento. Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor debe entregar al Interventor, para su verificación, muestras representativas del suelo y el cemento que se propone utilizar, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla e igualmente presentará el diseño de la misma.

Si a juicio del Interventor, los materiales o el diseño de la mezcla resultan objetables, el Constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias.

Cuando la interventoría manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este diseño será la pauta a seguir en todo el proceso constructivo y solo

se podría modificarse en el caso en que se presentara una variación inevitable en alguno de los ingredientes que intervienen en la mezcla.

Si la interventoría no dispone lo contrario, la mezcla se debe diseñar mediante los ensayos de resistencia a compresión inconfiada y humedecimiento-secado (normas de ensayo INV E-809 y E-807, respectivamente). En el primero de ellos se debe garantizar una resistencia mínima de veintidós kilogramos por centímetro cuadrado (21 kg/cm^2), luego de siete (7) días de curado húmedo, mientras que en el segundo, el contenido de cemento debe ser tal, que la pérdida de peso de la mezcla compactada, al ser sometida al ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado), no supere los siguientes límites de acuerdo con la clasificación que presente el suelo por estabilizar:

Tabla 14. Pérdida de peso por ensayo Durabilidad Suelo-cemento

SUELO POR ESTABILIZAR	PERDIDA MAXIMA (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A3	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A5	10
A-6; A-7	7

Fuente: Especificaciones Técnicas de Construcción de Carreteras INVIAS

La construcción de la base estabilizada con cemento no se debe iniciar hasta que la mezcla se encuentre diseñada y cuente con la aprobación del Interventor.

5.9.2.1 Preparación de la superficie existente. Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, como generalmente sucede, antes de construir la base estabilizada se debe comprobar que la superficie de sub base granular (que va a servir de apoyo) tenga las densidades apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por los diseños. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben corregirse de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción de la Interventoría.

En caso de que la construcción sea hecha únicamente con el suelo existente, éste se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor, para ello se debe tener en cuenta la expansión del material.

Para el caso en que se necesite adición de un suelo de préstamo con fines de mejorar el existente, estos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución del cemento. En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, parcial o totalmente, debe comprobarse que el material que se encuentra bajo el espesor por estabilizar presenta condiciones de resistencia aceptables y, en caso de no tenerlas se deben hacer las modificaciones previas que se consideren necesarias. Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se deben transportar a la vía protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería, de manera que impida que parte del material caiga sobre las vías por donde transitan los vehículos.

Figura 37. Se observa el cobertor de protección sobre el material cargado



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.9.2.2 Disgregación del suelo. Previo a la aplicación del cemento, el suelo por estabilizar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Interventor, se debe pulverizar con la máquina estabilizadora (recicladora) en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El proceso de pulverización es necesario cuando la granulometría no cumple los requerimientos. De ser necesario, se debe pulverizar hasta que se logren los requerimientos granulométricos de la tabla 13. El suelo disgregado no debe presentar elementos ni grumos de tamaño superior a los ochenta milímetros (80 mm).

La longitud de calzada pulverizada no debe ser mayor a la que se pueda intervenir y compactar en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita de la Interventoría encargada del contrato.

Una vez pulverizado el suelo, con éste se procede a conformar a la sección transversal aproximada de la calzada, con el empleo de una motoniveladora. A esta operación comúnmente se le conoce como pre-cerezo y no es más que una aproximación a los niveles finales de la base ya estabilizada. Se recomienda que en el pre-cerezo, los niveles queden altos uno o dos centímetros. Es más fácil cortar que rellenar, de esta manera una vez se tenga la mezcla homogénea el material sobrante se puede trasladar fácilmente hacia donde se necesite.

5.9.2.3 Distribución del cemento. El cemento puede ser aplicado en bolsas o a granel. Es indispensable desarrollar un procedimiento avalado por la interventoría encargada antes de iniciar la ejecución. Se puede esparcir de forma ordenada y controlada sobre el material pulverizado.

Se debe garantizar en el terreno que la distribución de las bolsas de cemento sea tal que dosifique la cantidad de cemento necesaria para cumplir los requerimientos de diseño anteriormente previstos durante el diseño en laboratorio, aumentando la cantidad calculada por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar.

La dosificación del cemento se hace según el diseño preliminar hecho en laboratorio, el porcentaje de cemento está condicionado a este y se maneja por

peso, para esto se necesita conocer el peso específico del suelo a estabilizar y el volumen del mismo contenido en el área a intervenir, se calcula la distancia tanto longitudinal como transversalmente a la que deben ir separados los bultos entre sí. Para la distribución se toman distancias entre ejes de bulto. Es usual dependiendo de la distancia a la cual se encuentre almacenado el cemento, que se traslade al sitio de la estabilización en volquetas, una vez allí se puede ir acomodando mientras la volqueta avanza lentamente, esto facilita un poco el trabajo del personal encargado de esta labor.

Cuando los bultos están a las distancias calculadas según diseño, se rompen y se procede a esparcirlo, es importante que se tenga presente que a cada bulto corresponde un área aferente de superficie y que se debe tratar en lo posible de respetarla al distribuir el cemento para garantizar la dosificación.

Figura 38. Distribución del cemento para garantizar dosificación de diseño



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

La distribución del cemento se hace preferiblemente a pala o con rastrillos artesanales de madera que proporcionan comodidad y facilidad para ser maniobrados y dejar una capa de espesor medianamente constante sobre la

superficie a estabilizar, el personal al que se le encomiende esta labor debe contar con los elementos de protección personal necesarios para asegurar su bienestar, en este caso es muy importante el uso de tapabocas.

Figura 39. Distribución manual del cemento a todo lo ancho de la calzada a estabilizar



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo, en este sentido influyen factores como; los equipos de mezclado a ser utilizados y la pericia y experiencia de los operadores encargados del proceso.

Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que se utilice para mezclarlo con el suelo.

5.9.2.4 Corrección de la humedad del suelo. Durante la aplicación del cemento, la humedad del suelo no puede ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del suelo con el cemento.

La humedad inicial del suelo se toma con el fin de determinar la cantidad de agua a irrigar para alcanzar la humedad óptima para el mezclado y posterior compactación.

Dado que en campo no hay forma de determinar con exactitud los volúmenes de agua para alcanzar dicha humedad, este procedimiento se hace basado en la experiencia empírica del ingeniero o la persona a cargo de la ejecución.

El equipo mas comúnmente usado para la toma de humedades es el Humedometro "Speedy", aunque se podrían utilizar otros equipos como densímetros nucleares.

El conocimiento del contenido de humedad es un factor crucial para asegurar que el suelo a compactar se encuentre dentro de los rangos específicos

Figura 40. Toma de humedades iniciales para establecer estado de suelo a estabilizar



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

El humedometro Speedy es un sistema portátil que consiste en una capsula de compresión con un sistema de medición de presión integrado, una balanza y un estuche portátil.

Para la toma de humedades en el material, se aísla una pequeña cantidad, se pesa en la balanza la cantidad justa, para este fin la balanza tiene un contrapeso predeterminado, se introduce esta cantidad de material en la capsula junto con un reactivo, la cual es cerrada herméticamente, se sacude la capsula con el fin de mezclar el material con el reactivo.

La humedad libre reacciona con este produciendo gas como resultado, cuya presión aumenta dentro de la capsula, y es proporcional a la cantidad de humedad. El contenido de humedad se puede leer directamente del presurímetro.

Figura 41. Humedometro Speedy



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.9.2.5 Ejecución de la Mezcla. Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se debe hacer la mezcla, empleando el equipo disponible teniendo en cuenta que este haya sido aprobado por el interventor .La mezcla se debe realizar en todo el espesor establecido en los planos o especificaciones particulares de cada proyecto.

Teniendo en cuenta que todo el proceso se debe hacer dentro de un plazo de dos horas, esto por las propiedades de reacción y el fraguado inicial del cemento, se debe tener un record de antecedentes de la capacidad por jornada que se puede mezclar y estabilizar y una buena forma de hacerlo es indagando con los operadores, esto en caso de no haber tenido experiencia con ellos en ocasiones anteriores.

Figura 42. Mezcla de suelo-cemento utilizando motoniveladora



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 43. Mezcla de suelo-cemento utilizando Recicladora de Pavimento



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

El número de pasadas para mezclar o botes como se conoce en obra, depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea entre el suelo a estabilizar y el cemento, según lo defina en una fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante (corrección de humedad) y se debe continuar mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

La humedad de la mezcla debe ser la óptima del ensayo Proctor normal (norma de ensayo INV E-806), con una tolerancia de más o menos uno por ciento ($\pm 1\%$).

Figura 44. Humedecimiento de la mezcla para alcanzar la humedad optima



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Se observa en la figura anterior como el suelo en proceso de humedecimiento muestra un aspecto homogéneo, lo que indica que la mezcla fue bien hecha.

Cuando se alcanzan humedades cercanas a las optimas, después de una buena mezcla, se proceda a hacer el cereo final para asegurar los niveles especificados en los planos de diseño , se debe tener en cuenta, el porcentaje de expansión del material. La comisión de topografía del contratista es la responsable por esta operación.

Una vez se hacen los chequeos finales, y se comprueban los niveles requeridos, se puede proceder a compactar el suelo-cemento.

La comisión de topografía del contratista debe garantizar la correcta nivelación de la calzada, la cual debe ser recibida a conformidad por la comisión de Interventoria.

5.9.2.6 Compactación. La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado en el Interventor durante la fase previa de experimentación.

Para esto se debe contar con los equipos necesarios como vibro compactador o cilindro estático según el caso.

Para saber cual es la humedad optima de compactación, se puede ayudar a aproximar las humedades con ayuda de dispositivos para controlar la humedad (humedómetros) pero en campo es más importante la experiencia que se puede llegar a adquirir con la práctica. Si no se tiene experiencia en este campo, es recomendable nutrirse con los conocimientos que los operadores de maquinaria para compactación pueden ofrecer. Estos conocimientos basados en su propia experiencia empírica proporcionan una manera de conocer el punto apropiado y la cantidad de agua requerida para alcanzar la humedad optima.

Figura 45. Aspecto del material con humedad optima de compactación



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

De acuerdo a algunas experiencias en campo, Una de las mejores formas de examinar la mezcla de base homogénea a compactar, es por medio del tacto. Cuando un puñado de material se deje formar en una masa cohesiva con tan solo una leve presión de la mano sin excederse en humedad, se puede proceder a rectificar las humedades por cualquiera de los medios para este fin y luego compactar.

Figura 46. Compactación de la Base Estabilizada



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

El proceso de compactación debe ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la base estabilizada. En estos casos la costra superficial por lo general se cuartea en el momento de compactar y se produce cuando no se compacta la totalidad del espesor de la capa. Regularmente estos casos se dan cuando se hacen rebacheos o rellenos en puntos bajos después de haber compactado parcialmente el material sobre estos puntos, en caso de producirse, se debe eliminar remezclando el material hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla esto debido a la reacción del cemento con el agua .Si el cemento presenta fraguado inicial y aun se esta ejecutando el proceso de compactación por el peso de los equipos podría llegar a fracturarse el material semi-rigido. Si durante las dos horas no se logran las condiciones de compactación exigidas, el interventor puede poner el tramo en observación y lo podrá someter a los controles que considere necesarios.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por las normas vigentes (INVIAS).

Cuando se termina el proceso de compactación se debe curar la capa estabilizada, esto debido a las reacciones exotérmicas por contenido de cemento. Al igual que en una losa de concreto, pueden presentarse fisuras por retracción de fraguado pero con un correcto curado pueden no ser significativas.

Dependiendo de la longitud de proyecto, la estabilización podría tomar varias jornadas de trabajo, entre una jornada y otra, es importante demarcar las juntas constructivas entre la estabilización previa y la posterior, este proceso se describe en el numeral 5.4.2.8.

5.9.2.7 Curado. Una vez se termine la compactación, la superficie debe mantenerse húmeda hasta que se aplique el riego de curado. Para este fin se recomienda irrigar la zona estabilizada por lo menos tres (3) veces al día o cuando se considere necesario, teniendo en cuenta que por disponibilidad de proveedores o equipos, no siempre el riego de curado se puede hacer dentro de las primeras veinticuatro (24) horas después de haber compactado.

Figura 47. Humedecimiento de la superficie compactada para mantener la humedad antes del riego de curado



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.9.2.8 Juntas de trabajo. Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos deben cuidarse para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al término de cada jornada de trabajo se debe hacer una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado. Para este fin se utiliza una cortadora. Si la base estabilizada no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deben disponerse también, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada mediante un procedimiento que acepte el Interventor encargado.

5.9.2.9 Riego de curado de la capa compactada. Una vez se termina la conformación y compactación de la base estabilizada con cemento, es necesario protegerla contra pérdidas de humedad por un período de siete (7) días, esto se hace, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1. la cual, para su aplicación, se debe diluir en agua hasta que se obtenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40%).

Sin embargo debido al calor de hidratación producido por la reacción del cemento es importante regar periódicamente con agua los tramos estabilizados para evitar la aparición de fisuras. no obstante el riego de curado.

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y carrotanques irrigadores de agua y asfalto.

Figura 48. Aplicación de emulsión asfáltica o Imprimación



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En riego, debe aplicarse antes de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, en el momento de la aplicación, la superficie de la base estabilizada debe presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado. Debe estar limpia, sin residuos granulares que eviten la adherencia de la película bituminosa a la capa a proteger para este fin se pueden usar compresores, escobas, y demás implementos autorizados por el interventor.

Cuando haya sardinel instalado, este se debe proteger con algún medio para evitar que se manche con la emulsión asfáltica. En las imágenes anteriores se observa como el sardinel es protegido con polisombra reciclada (color verde).

El carrotanque irrigador de materiales bituminosos debe cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo.

Sus dispositivos de irrigación deben proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante.

Figura 49. Carrotanque especial para Imprimación



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello debe tener una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión.

También, debe estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

5.9.2.10 Apertura al tránsito. Una vez ejecutado el riego de curado, no deben circular sobre la capa estabilizada vehículos ligeros en los tres (3) primeros días, ni vehículos pesados en los siete (7) primeros días. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como

resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

Figura 50. Apertura al tránsito



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.9.2.11 Controles de Calidad. Las normas que generalmente rigen el anterior procedimiento son las normas y especificaciones de construcción de carreteras INVIAS salvo casos específicos particulares, y de acuerdo a estas, para efectos del control, se considera como "lote" que se aceptará o rechazará según sus características, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de base estabilizada con cemento
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de base estabilizada con cemento
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los criterios de calidad a evaluar para la recepción de los trabajos se enumeran a continuación:

5.9.2.11.1. Resistencia. Para verificar la resistencia de diseño. Se deben tomar probetas (dos por muestra) , mínimo dos (2) muestras por lote de mezcla elaborada en la obra con la energía del ensayo normal de compactación (ver norma para ensayos INV E-806) para garantizar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al que se realiza durante el diseño de la mezcla.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas diarias (R_m) deber ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92%) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d).

$$R_m \geq 0.92 R_d$$

A su vez, la resistencia Individual de cada probeta (R_i) deber ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, (R_m), admitiéndose, sólo un valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos puede traer como consecuencia el rechazo del lote.

5.9.2.11.2. Compactación. Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizan en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote, las cuales se efectuán por algún método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162, E-163 y E-164. Los sitios para las tomas de muestras o mediciones in situ se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, como mínimo, el noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad máxima de referencia obtenida en el ensayo normal de compactación (INV E-806) realizado durante el diseño de la mezcla (D_e):

$$D_m \geq 0.98 D_e$$

La densidad obtenida en cada ensayo individual (D_i) deberá ser, a su vez, igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) del valor medio del lote (D_m), admitiéndose sólo un resultado por debajo de dicho límite:

$$D_i \geq 0.97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos puede traer como consecuencia el rechazo del lote.

5.9.2.11.3. Espesor. Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, por lo menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un solo valor por debajo de ese límite:

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos puede traer como consecuencia el rechazo del lote.

5.9.2.11.4. Lisura. La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de base estabilizada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

5.10 ESPACIO PÚBLICO

Para el tránsito peatonal, algunos proyectos conciben la construcción de un pavimento en adoquines de concreto, este está conformado por una capa de rodadura (tránsito en este caso) en adoquines de concreto, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. Al igual que los pavimentos flexibles, tiene una subbase que puede ser de diversos tipos para efectos pedagógicos se describe en este manual, subbase tipo B-400 que puede tener un espesor de variable según el tipo de solicitud.

Los pavimentos de adoquines son producto de una vieja idea (los pavimentos de piedra) traída al futuro con las ventajas que proporciona el concreto.

Capas

Así como en cualquier otro tipo de pavimento, los espesores de capa dependen de las cargas a soportar, del tipo de suelo de la subrasante y de los materiales a utilizar para la conformación de la estructura. Las capas más comunes de arriba hacia abajo son:

Capa de adoquines: Es la capa de rodadura y está conformada por adoquines de diversos espesores, los espesores más comunes son:

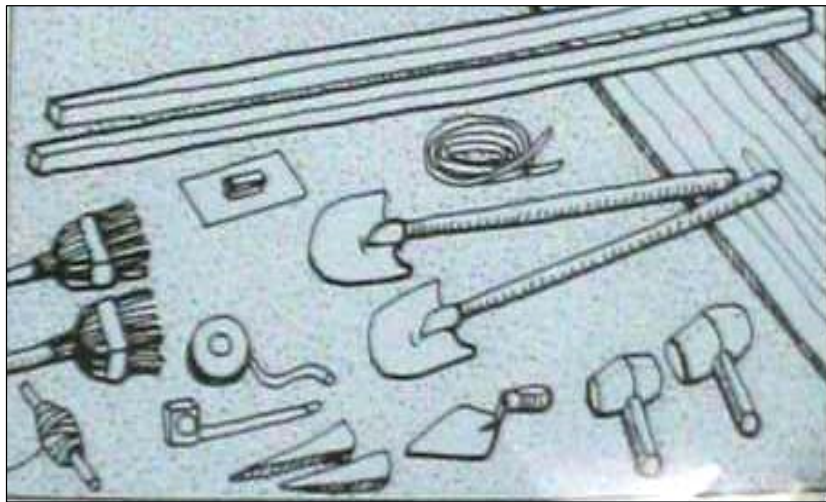
- **10 cm:** Generalmente usados para solicitudes de carga mayores, puertos y patios de carga.
- **8 cm:** Solicitudes medias de carga, tráfico de vehículos medios y pesados.
- **6 cm:** Solicitudes menores de carga, vehículos livianos y tráfico peatonal.

Capa de arena: Se construye de 4 a 5 cm de espesor con arena suelta, gruesa y limpia, la cual no se debe compactar antes de colocar los adoquines.

Base: Es la capa que da soporte estructural al pavimento a construirse y su espesor depende del material con que se construya, la sollicitación de carga y la calidad de suelo de soporte.

5.10.1 Equipo y materiales. En la construcción de un pavimento de adoquines solo se requieren herramientas sencillas para el transporte y corte de los adoquines, y la colocación de la arena. Picas, palas, palustres, llanas, escobas, rastrillos etc.

Figura 51. Herramientas comunes



Fuente: Construcción de pavimentos de adoquines de concreto I.C.P.C

5.10.2 Procedimiento. Con suficiente antelación debe adecuarse el terreno en el cual va a ser sentado el adoquín, para esto, puesto que por lo general se lleva a cabo este procedimiento en zonas donde existían andenes anteriormente, se procede a señaliza y acordonar la zona de intervención para evite que los peatones sufran algún tipo de inconveniente

5.10.2.1 Señalización. Al igual que se documento al inicio de este manual, se utilizan elementos de señalización comunes en las obras. Incluyendo colombinas, polisombra, paleteros etc.

El principal objetivo es demarcar y proporcionar a los peatones áreas seguras, donde se corra menor riesgo de ocurrencia de accidentes, así como garantizar senderos peatonales provisionales en los frentes de obra.

Figura 52. Señalización con polisombra



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Se observa en la figura como se garantiza el sendero peatonal, mientras en los costados de la calzada se realizan actividades de excavación manual para la conformación de las cajas de los andenes.

5.10.2.2 Demolición de Andenes. Debido a que en la mayoría de los casos la conformación de espacio público se hace en zonas donde ya existían andenes se hace necesaria la demolición de andenes, por lo general estos se encuentran hechos en concreto y circundados por las conexiones domiciliarias correspondientes para cada vivienda, por lo que se hace necesaria su demolición manualmente.

Figura 53. Demolición manual de andenes



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

En algunos se causan averías a conexiones domiciliarias, en especial a las de agua potable por el material en el que se hacen (PVC de $\varphi = 1/2''$), por esta razón se debe prever con anterioridad la cantidad de material necesario según el número de viviendas propicias a afectar para asimismo generar los respectivos pedidos.

Usualmente se requieren:

- Adaptadores macho $\varphi = 1/2''$
- Universales Machos $\varphi = 1/2''$
- Universales Hembras $\varphi = 1/2''$
- Uniones de $\varphi = 1/2''$
- Codos y semicodos $\varphi = 1/2''$
- Tubería PVC $\varphi = 1/2''$

Esto es muy importante puesto que podría causar incomodidades a los usuarios del servicio.

5.10.2.3 Excavación manual. Previa la demolición de los andenes existentes se puede iniciar la excavación manual para la conformación de la caja de los andenes, esta excavación es de cierto cuidado debido a la cantidad de redes y conexiones domiciliarias existentes dentro de los andenes, cuando se inicien trabajos se debe contemplar la posibilidad de avería de alguna de estas redes, por lo que se recomienda mantener a la mano los números de emergencia de las diferentes entidades prestadoras de servicios públicos que pudieran afectarse durante la ejecución de los trabajos.

Figura 54. Excavación realizada para conformación de estructura de andén



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Cuando se realizan excavaciones para la adecuación del espacio público, se hace también el mejoramiento de las estructuras domiciliarias y de redes existentes; por ejemplo se realiza la construcción de cajas de inspección de aguas negras implementando las normas vigentes al momento de construcción. Las cajillas para medidores de agua potable y las válvulas para conexiones de gas natural entre otras son estructuras que se someten a estas adecuaciones.

En la imagen se observa una caja de inspección domiciliar de Aguas Servidas en proceso de construcción, las paredes de estas debe ir en pañete impermeable, para esto se agregan al mortero de pañete aditivos especiales con dosificación precisa, usualmente se usan dos kilogramos de impermeabilizante por bulto de cemento (50Kg), pero la dosificación depende del aditivo a utilizar. El aditivo se revuelve con el agua de amasado para la posterior hidratación de la mezcla.

Figura 55. Adecuación de caja de inspección aguas negras



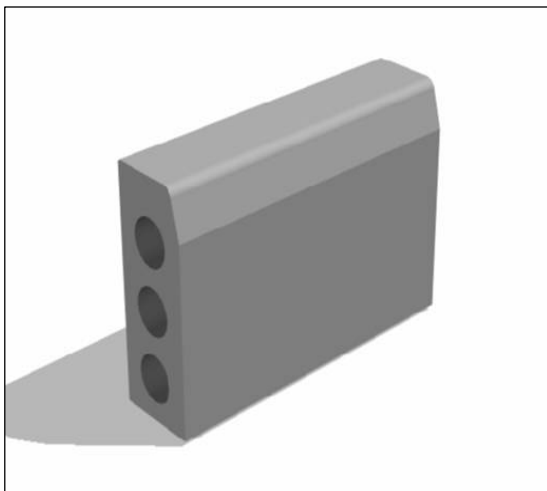
Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Una vez se tengan adecuadas las estructuras, se procede a dar confinamiento tanto interno como externo. Para este fin se puede contar con elementos prefabricados que facilitan el proceso constructivo.

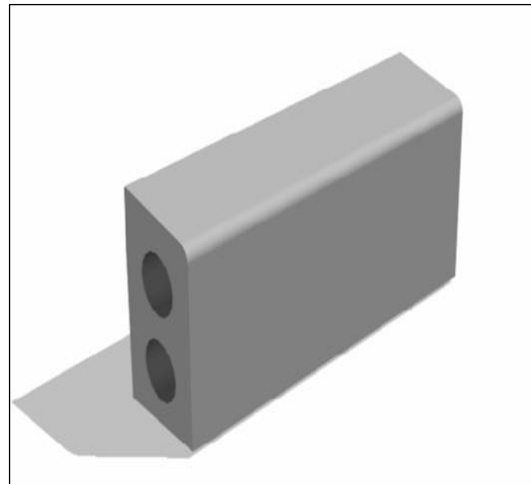
Los prefabricados más comunes a utilizar en la construcción de andenes para la gente son los que se enuncian a continuación

Figura 56.

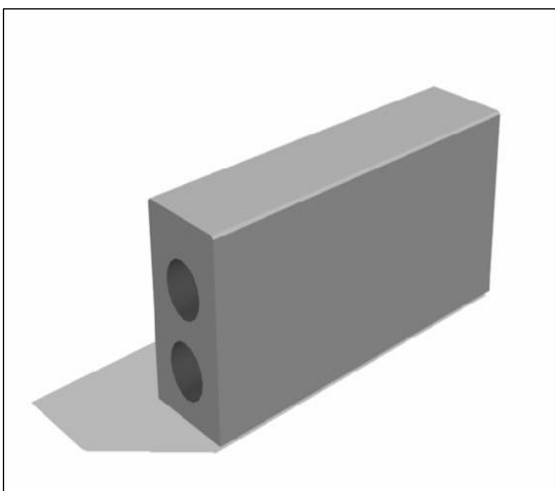
A. Sardinel A-10



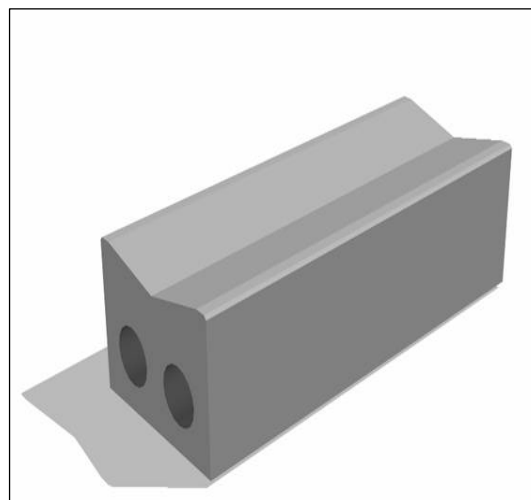
B. Bordillo A-85



C. Bordillo A-80



D. Cañuela A-120



Fuente: Cartilla de andenes I.D.U-Departamento Administrativo de Planeacion Distrital

Sardinel A-10: Pieza aligerada en concreto de 4 MPa de modulo de rotura a 28 días con acabado liso. Se instala sobre una capa de mortero de nivelación con juntas de 1 cm. de espesor con mortero de dosificación 1:4, sobresaliendo mínimo 20 cm. sobre el nivel de la calzada o lo que las especificaciones del proyecto indiquen. Su función es delimitar el área de circulación peatonal en el andén. Sus dimensiones son 800mm x 200mm x 500mm.

Bordillo A-85: Pieza aligerada en concreto de 4 MPa de modulo de rotura a 28 días con acabado liso. Se instala sobre una capa de mortero de nivelación con juntas de 1 cm. de espesor con mortero de dosificación 1:4, Se instala en rampas o pasos peatonales de tal manera que exista continuidad en el sardinel .Sus dimensiones son 800mm x 200mm x 350mm.

Bordillo A-80: Pieza aligerada en concreto de 4 MPa de modulo de rotura a 28 días con acabado liso. Se instala sobre una capa de mortero de nivelación con juntas de 1 cm. de espesor con mortero de dosificación 1:4, sirviendo como confinamiento para cambios de material .Sus dimensiones son 800mm x 200mm x 350mm.

Cañuela A-120: Pieza aligerada en concreto de 4 MPa de modulo de rotura a 28 días con acabado liso. Se instala sobre una capa de mortero de nivelación con juntas de 1 cm. de espesor con mortero de dosificación 1:4, sirviendo como confinamiento entre losetas o adoquines prefabricados y conduciendo escorrentías sobre las superficies adyacentes .Sus dimensiones son 800mm x 300mm x 225mm.

Junto a la comisión de topografía del contratista, se debe hacer la ubicación del eje de la vía , con el fin de saber las distancia final a la cual debe ir ubicado el sardinel, se hacen los chequeos respectivos de los niveles a los cuales debe quedar terminado el guarda rueda. Por lo general, los maestros encargados de esta operación son personas idóneas y con suficiente experiencia en esta actividad y hacen la ubicación de las distancias y niveles con la ayuda de taches o pines que son colocados a hilo entre puntos. Para que los sardineles tengan un buen terminado, se deben alinear por sus caras externas en donde el prefabricado tiene un bisel sobre a arista superior.

Figura 57. Instalación Sardinel A-10



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Para la instalación del resto de prefabricados de confinamiento, una vez se tiene la demarcación del andén, se puede partir de esta para su ubicación

5.10.2.4 Rellenos. Una vez nivelada la subrasante con los niveles definidos por el proyecto para efectos de manejo de escorrentías. Se procede a extender el material de subbase en 2 capas de igual espesor en toda el área a adoquinar, cada capa debe quedar compactada y recibida por la interventoría encargada del proyecto antes de continuar con la siguiente. Para la compactación generalmente se usan equipos manuales como “ranas o canguros”, para una optimización de la compactación se debe acercar la humedad del material a la humedad óptima determinada por los ensayos hechos al material con anterioridad.

Figura 58. Inicio de rellenos en andenes



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

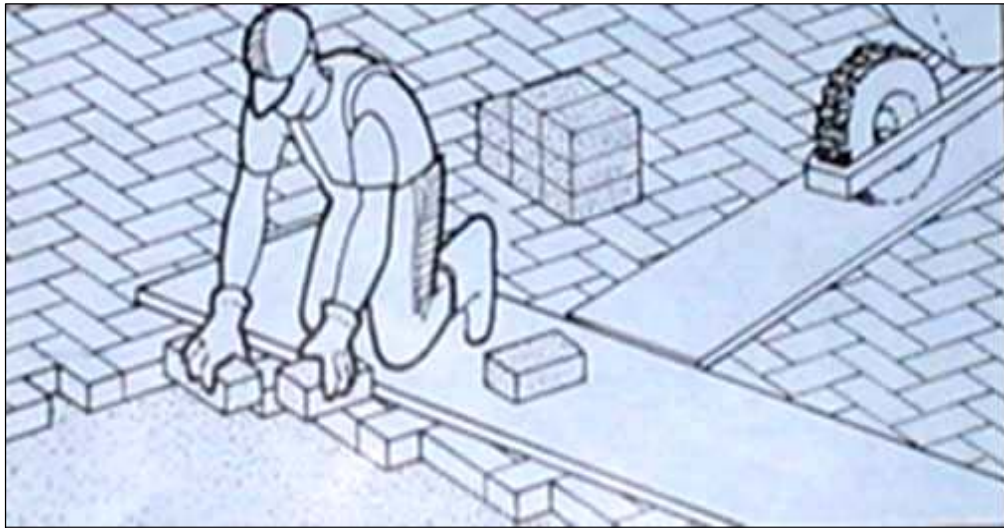
Una vez se reciban los rellenos de base para andenes por parte de interventoria, se procede a extender arena. Para asegurar que la superficie final sea uniforme, la calidad de la arena y el espesor de la capa en que se coloque deben ser uniformes y constantes.

La superficie de arena enrasada debe quedar sin depresiones ni rayones, la arena debe quedar suelta y pareja para esto se puede utilizar una llana o regla.

5.10.2.5 Colocación de adoquín. La colocación del adoquín es una de las actividades más importantes de la construcción del espacio público, pues es en gran medida responsable de la calidad final de este, de ella dependen los niveles y alineamiento del patrón de colocación.

Los adoquines se colocan manualmente, se recomienda que la cuadrilla mínima de colocación sea de tres personas (colocador, transportador y encarrador).

Figura No 59. Correcta colocación de adoquín



Fuente: Construcción de pavimentos de adoquines de concreto I.C.P.C

Durante la instalación de los adoquines, los colocadores deben ubicarse en tablas sobre los adoquines sin compactar para evitar su desplazamiento.

Es importante que las juntas entre adoquín y adoquín queden lo más cerradas posibles para asegurar el buen funcionamiento de toda la estructura y su impermeabilidad.

Cuando se termina de colocar los adoquines, debido a la común irregularidad de las áreas a adoquinar, es necesario colocar ajustes (trozos o piezas de adoquín) en los espacios libres, para el correcto confinamiento de los adoquines contra los paramentos de los predios adyacentes y estructuras encontradas en el andén se funden en sitio franjas de confinamiento ajustadas a la geometría del área a confinar.

Figura 60. Confinamiento a cajillas de medidores de agua potable



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

5.10.2.6 Sellado de las juntas. El sellado de la juntas con arena es indispensable para proporcionar impermeabilidad en la estructura y por ende garantizar su buen funcionamiento. Esta es la razón principal para la exigencia de un material de buena calidad. Se debe usar una arena fina similar a la que se usa para morteros de revoque o pañete.

Para garantizar que penetre por las juntas, debe estar seca y no tener granos de diámetro mayor a 2.5 mm. No se debe adicionar cemento o cal pues esto ocasionaría que el sello quedara rígido y quebradizo y fácil de dañar con el tiempo.

La arena se debe esparcir sobre el área adoquinada, formando una capa delgada que no los cubra totalmente, se barre con escobas o cepillos de cerdas duras, las veces que sea necesario para asegurar el llenado de las juntas.

Figura 61. Escobillado final para sello de juntas en área adoquinada



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

Figura 62. Espacio Público terminado para remates finales



Fuente: Fotografía tomada por Carlos Fernando Rojas López

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En sitios donde se encuentren materiales débiles, altamente orgánicos o inadecuados en la subrasante, que no hayan sido detectados en las exploraciones preliminares, se debe hacer un mejoramiento de esta con rajón o relleno seleccionado.
- En lo posible, se recomienda programar las excavaciones en temporadas secas. Se debe controlar especialmente la infiltración de agua en la subrasante, para tal efecto, el fondo de la excavación se debe perfilar de tal forma que permita su drenaje a un punto bajo para su posterior evacuaciones.
- Se recomienda construir un sobreebanco de las capas granulares de la estructura de pavimento de 0,50 m con el fin de asegurar mayor estabilidad de la estructura, confinamiento lateral y evitar cambios de humedad cerca de los bordes de la estructura de pavimento.
- En caso de presentarse cualquier tipo de flujos de agua hacia la estructura, se recomienda la instalación de goedrenes a lado y lado de la calzada, con una profundidad mínima mayor al espesor de la estructura de pavimento completa (Incluyendo la capa de conformación).
- Se deben construir todas la obras de drenaje necesarias antes de la construcción del pavimento con el fin garantizar su buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA, Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos.

Normas Fundamentales sobre Gestión de la Calidad y Documentos de Orientación para su Aplicación. ICONTEC. Bogota: 2004.

Normas y Especificaciones generales de construcción INVIAS 2002.

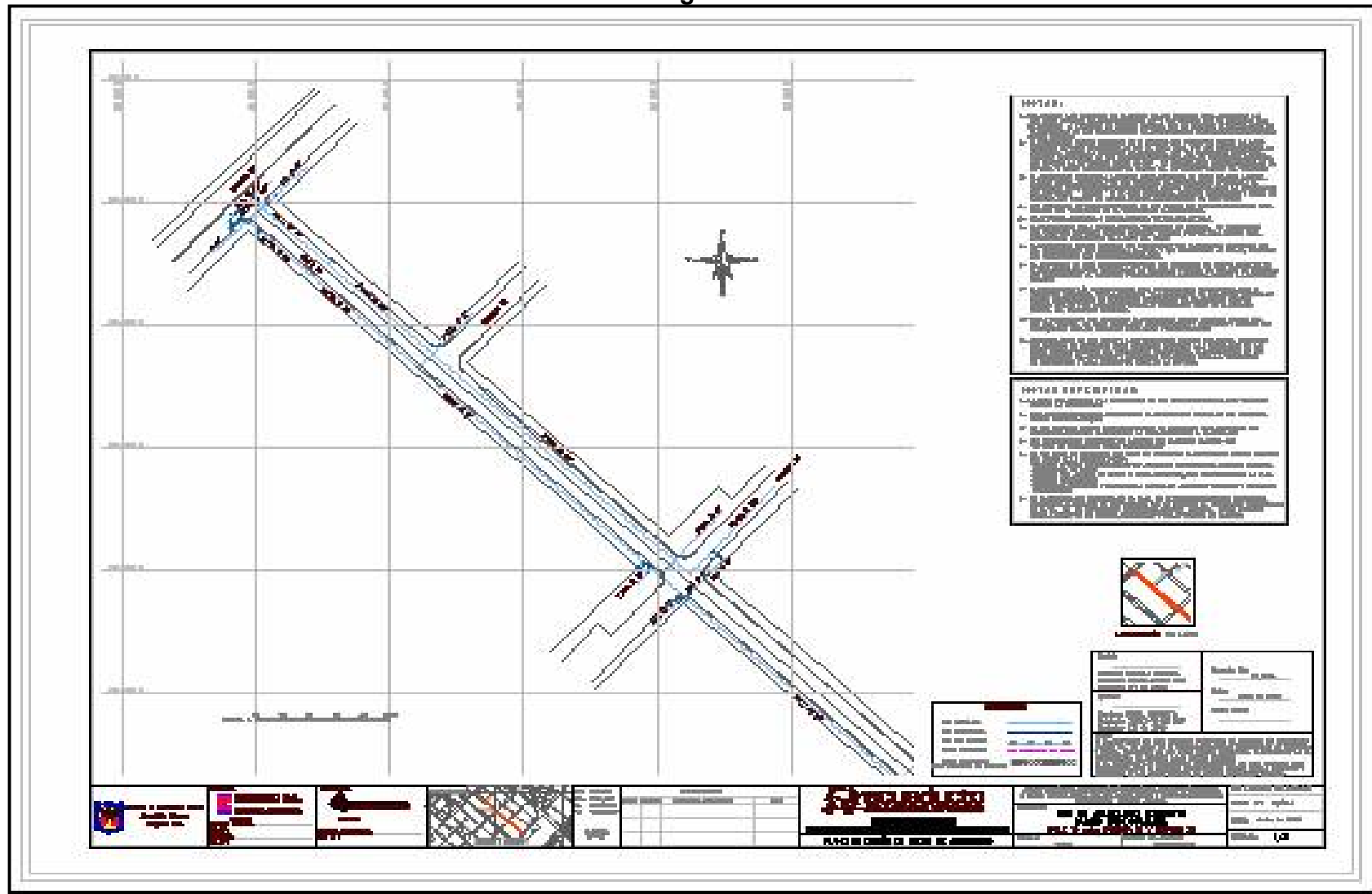
Constructora INECONTE S.A., Plan de Calidad 2002.

I.D.U – Universidad de lo Andes, Manual de Diseño para pavimentos Bogota D.C.

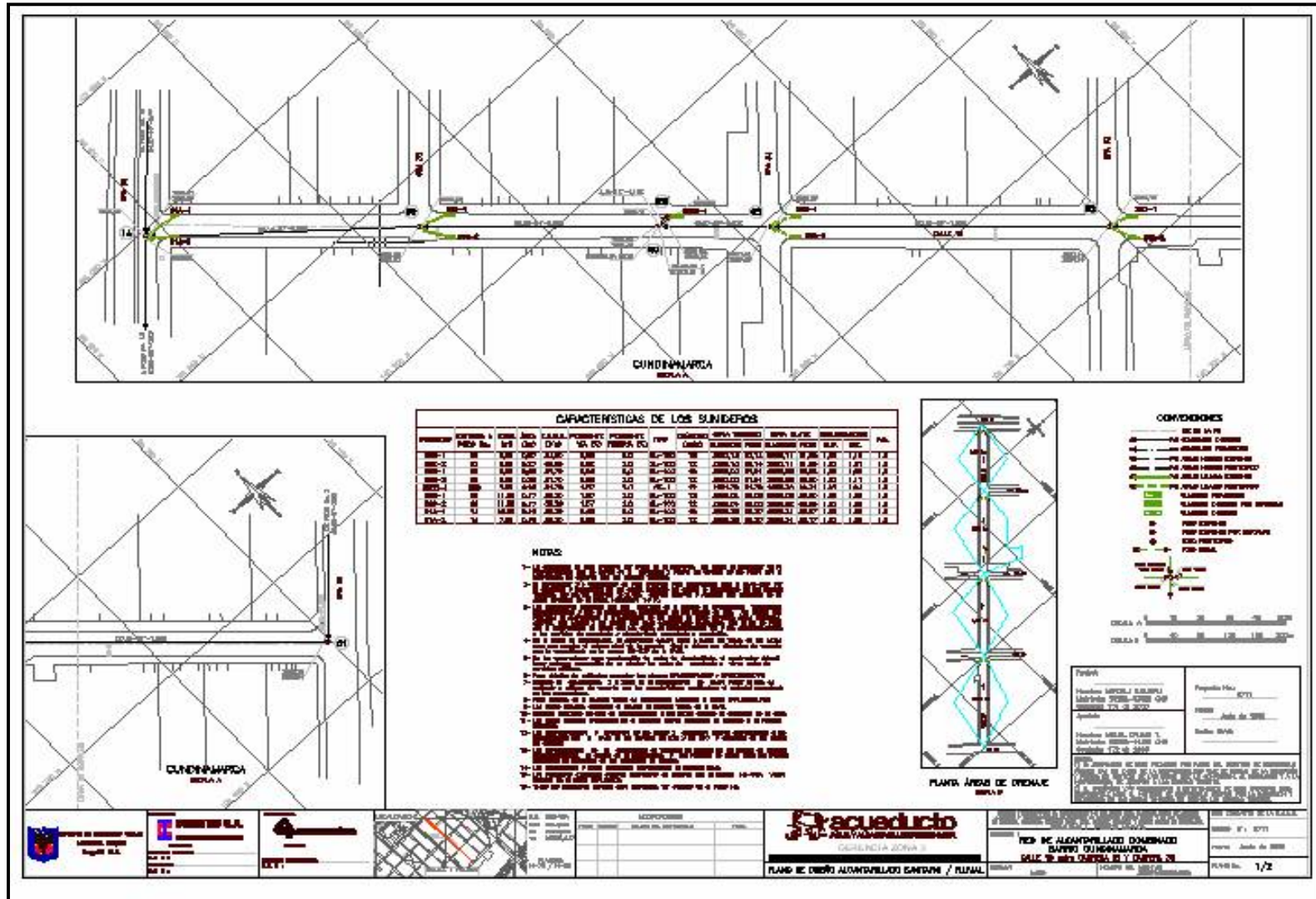
1er SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTABILIZACIÓN DE EXPLANADAS Y RECICLADO IN SITU DE FIRMES CON CEMENTO, Suelos estabilizados in situ con cemento. Criterios para la formación de Explanados y futuras prescripciones técnicas de dirección general de carreteras .Salamanca (España) 2001.

I.C.P.C. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto. Serie 12, número 4. Medellín, 2001.

Anexo 1. Red de Agua Potable E.A.A.B.



Anexo 3. Red de Alcantarillado E.A.A.B.



Anexo 8.

Alternativas de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos

Problemas	Causas				Mantenimiento ¹				Rehabilitación ²					
	Falla Estructural	Composición de la mezcla	Cambios de humedad o temperatura	Construcción	Bacheo y mantenimiento rutinario	Fog Seal	Tratamiento Superficial	Slurry Seal	Reciclado de la superficie	Sobrecapa Delgada	Superficie de Gradación Abierta	Sobre capa Estructural ⁸	Reciclado Estructural	Reconstrucción ³
Piel de lagarto	X				X ⁴		X ⁵	X ⁵				X	X	X
Grietas de junta	X		X	X	X									
Grietas de reflexión			X		X		X ⁵	X ⁵				X	X	
Grietas de contracción		X	X				X	X	X			X	X	
Grietas por corrimiento				X	X									
Abuellamiento	X	X		X					X	X ⁶		X	X	X
Corrugaciones	X	X			X ⁴				X	X ⁷		X	X	X
Depresiones	X				X									X
Deformación por hinchamiento en capas subyacentes.			X		X									X
Baches	X	X	X	X	X							X	X	
Desprendimiento		X		X		X ⁵	X	X	X	X	X			
Saigrado		X		X			X ⁶		X		X			
Agregado pulido		X					X	X	X	X	X			
Pérdida de la cubierta del agregado		X		X			X ⁶			X	X			

Fuente: Técnicas de Rehabilitación Superficial de Pavimentos Asfálticos Min. Obras Publicas del Salvador

Anexo 9.
Granulometría Para Micro aglomerado

Tipo de Graduación	II	III
Uso General	Recapado general, sellado y restauración de la fricción superficial.	Recapado de carreteras de alto volumen de tráfico, relleno de huellas. Provee superficie de alta fricción.
Abertura de malla	Porcentaje que pasa	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100	100
4.75 mm (No 4)	90-100	70-90
2.36 mm (No 8)	65-90	45-70
1.18 mm (No 16)	45-70	28-50
600 µm (No 30)	30-50	19-34
300 µm (No 50)	18-30	12-25
150 µm (No 100)	10-21	7-18
75 µm (No 200)	5-15	5-15
Contenido de residuo de asfalto, en porcentaje de peso de agregado seco	5.5 - 9.5	5.5 - 9.5
Distribución unitaria de aplicación, en kg/m ² , basada en el peso de agregado seco	5.4 - 9.1	8.2 - 13.6

Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, MS-19 Asphalt Institute

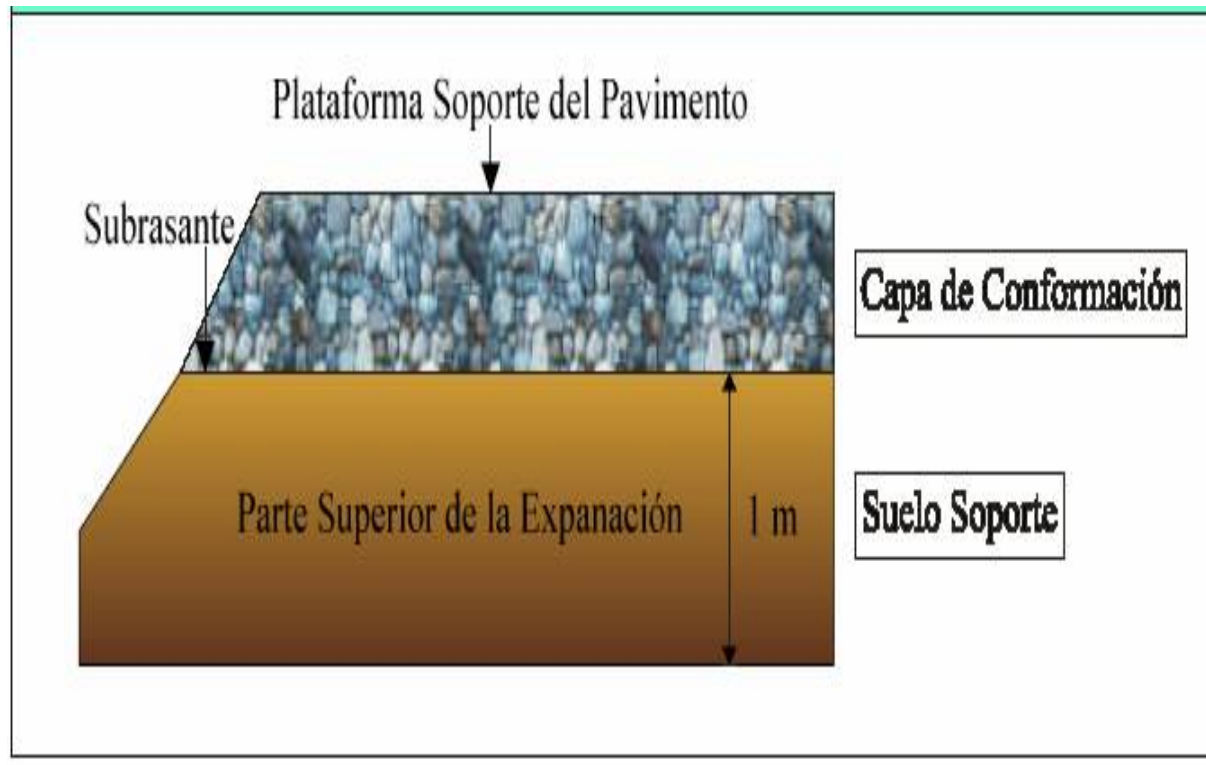
Anexo 10.

Algunos Daños Típicos en Pavimentos con Superficie Asfáltica



Fuente: Técnicas de Rehabilitación Superficial de Pavimentos Asfálticos Min. Obras Publicas del Salvador

Anexo 11.
Plataforma de Soporte del Pavimento



Fuente: Manual de Diseño para pavimentos Bogotá D.C. I.D.U -Universidad de los Andes

Anexo 12.

Clasificación de la Plataforma de Soporte del Pavimento

A	Suelos finos	Tamaño máximo de las partículas < 50 mm. Porcentaje que pasa tamiz 200 >35%	Arcilla, limo.	<p>Todas las clases de suelos A, B y C incluso los no plásticos (limos, arenas muy finas) son sensibles al agua, en relación con aspectos de tráfico y compactación, y al comportamiento de la subrasante.</p> <p>La diferencia entre la clase A y B está en el porcentaje de finos, en la sensibilidad al agua (tiempos más o menos largos de respuesta a las condiciones meteorológicas), y al comportamiento mecánico (fricción, cohesión).</p> <p>La principal diferencia entre las clases B y C está relacionada con las partículas gruesas: presencia de bloques en los suelos de clase C a partir de lo cual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • su empleo depende del tipo de herramienta a utilizar. • dificultad para nivelación de subrasantes, para ejecución de trincheras y otros.
B	Suelos con arenas o gravas con finos	Tamaño máximo de las partículas < 50mm. Porcentaje que pasa tamiz 200 entre 5 y 35%	Arenas, gravas, arcillas, etc.	
C	Suelos con particulares finas y gruesas	Tamaño máximo de las partículas > 50mm. Porcentaje que pasa tamiz 200 > 5%	Arcillas, aluviones gruesos	
E	Roca alterable	Fragilidad y alterabilidad definida por ensayos dependiendo de la naturaleza de los materiales.	Esquistos, areniscas friables.	Materiales cuyas propiedades físicas y mecánicas cambian durante los trabajos, o suelos sensibles al agua.
F	Materiales degradables, combustibles, solubles o contaminantes.	Los criterios y las características dependen de la naturaleza del material.	Turba, esquistos, residuos industriales contaminantes, basuras, etc.	Cuando puedan utilizarse, estos materiales deben clasificarse dentro de las clases A , B , C o E en la cual clasifiquen de acuerdo con sus características granulométricas o eventualmente según el carácter de la roca

Fuente: Manual de Diseño para pavimentos Bogota D.C. I.D.U -Universidad de los Andes

Anexo 13.

Clasificación de la Plataforma de Soporte del Pavimento

Clase	Características	Rango de Propiedades Geotécnicas		Subclases	
A Suelos Finos	D < 50mm Pasa tamiz 200 > 35%	IP < 10		A₁	
		10 < IP < 20		A₂	
		20 < IP < 50		A₃	
		IP > 50		A₄	
B Suelos con arena o grava con finos	D < 50mm Pasa tamiz 200 entre 5 y 35%	Pasa tamiz 200 de 5 a 12%	Retenido acumulado en 2 mm inferior a 30%. EA > 35	B₁	
			EA < 35	B₂	
			Retenido acumulado en 2 mm superior a 30%. EA > 25	B₃	
			EA < 25	B₄	
		Pasa tamiz 200 de 12 a 35%	IP < 10		B₅
			IP > 10		B₆
C Suelos con comportamiento fino y elementos gruesos	D > 50mm Pasa tamiz 200 > 5%	Pasa tamiz 200 elevado > 12%		C₁	
		Pasa tamiz 200 < 12%	D < 250mm	C₂	
			D > 250mm	C₃	
D Suelos y rocas insensibles al agua	Pasa tamiz 200 < 5%	D < 50mm	Retenido acumulado en 2 mm inferior al 30%	D₁	
			Retenido acumulado en 2 mm superior al 30%	D₂	
		50 mm < D < 250 mm		D₃	
		D > 250 mm		D₄	

Fuente: Manual de Diseño para pavimentos Bogotá D.C. I.D.U -Universidad de los Andes

