



***Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
Facultad de Ingeniería Civil.***

***Procedimiento Constructivo para la Elaboración,
Construcción y Puesta en Servicio de pavimentos rígidos
para carreteras con juntas sin refuerzo continuo***

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Civil



Autora: Raysa López Alfonso
Tutora: Msc.Ing. Maricela Lastra Domínguez

***Junio, 2010
Ciudad de la Habana***

Dedicatoria

A Randy Bacchus y a mis padres.

Agradecimiento

Son muchas las personas que de una forma u otra, me ayudaron a en la realización de mis objetivos. Agradecer a mi familia, a mis amistades, y a todas que las personas que estuvieron cerca de mí en este momento.

Agradecer especialmente a mi tutora Maricela Lastra por toda la ayuda que me brindo todo este tiempo.

También tuvieron mucho que ver las personas que me brindaron su ayuda en las diferentes empresas que visite para realizar esta investigación. Por ejemplo; el Contingente Blas Roca, en especial a los trabajadores del Bachiplan, el Contingente Raúl Roa, en especial al Directo de Ingeniería Noel Reyes y su equipo de trabajo.

Resumen

En este trabajo se elabora un procedimiento constructivo para la elaboración, construcción y puesta en servicio de pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo, que va desde los materiales utilizados para colocación y preparación del soporte uniforme sobre el cual se colocara la losa, los materiales utilizados en la producción del cemento y los procesos necesarios de control de la calidad de los mismos así como una secuencia detallada de la colocación, acabado, corte, texturizado y curado de las losas de hormigón hidráulico que conforman la superficie de rodadura y algunas recomendaciones para la correcta ejecución de las juntas y materiales utilizados en el sellado de las mismas, hasta la aplicación de criterios de aceptación de la obra, en cuanto a la producción de agregados, planta de producción, tendido y terminado de la losa, controles de calidad para la puesta en servicio según las normas cubanas, regulaciones constructivas y el documento normativo Losas para pavimento rígido Código de la Buena practica vigentes.

Summary

This paper develops a constructive procedure for the design, construction and commissioning of rigid pavements for roads together without continuous reinforcement, ranging from the placement and materials used for preparation of uniform support on which the slab is placed, the materials used in cement production and processes needed to monitor the quality of the data and a detailed sequence of placement, finishing, cutting, texturing, and curing of the hydraulic concrete slabs that form the tread and some recommendations for the proper performance of the joints and materials used in sealing them, until the application of criteria for acceptance of the work on the production of aggregates, production plant, laying and finishing of the slab, quality control for commissioning by Cuban standards, building regulations and policy paper for rigid pavement slabs Code of Good practice in force.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Elaboración de hormigón en obra y en planta.	4
1.1. Materiales	4
1.1.1. Cemento Portland	4
1.1.1.1. Almacenamiento y transporte	4
1.1.1.2. Calidad del cemento en el momento de usarlo	4
1.1.2. Agregado fino para el hormigón	5
1.1.2.1. Origen, naturaleza y características	5
1.1.2.2. Pureza del agregado fino	5
1.1.2.3. Granulometría del agregado fino	5
1.1.2.4. Almacenamiento	7
1.1.2.5. Toma de muestras y métodos	7
1.1.3. Agregado grueso	7
1.1.3.1. Origen, naturaleza y características	7
1.1.3.2. Granulometría	8
1.1.3.3. Resistencia mecánica	10
1.1.3.4. Almacenamiento	10
1.1.3.5. Toma de muestras y métodos de ensayos	10
1.1.4. Requisitos generales para los áridos	11
1.1.4.1. Reacción árido-álcali	11
1.1.4.2. Contenido de cloruro	11
1.1.4.3. Absorción	11
1.1.4.4. Métodos de ensayos	11
1.1.5. Agua para el hormigón	12
1.1.6. Materiales para juntas	12
1.1.6.1. Materiales para sello de juntas	12
1.1.6.2. Cordones de respaldo	13
1.1.7. Barras de transferencia de carga	14
1.1.7.1. Formas y dimensiones	14
1.1.7.2. Calidad del acero	15
1.1.8. Barras de unión o de anclaje	15
1.1.8.1. Formas y dimensiones	15
1.1.8.2. Calidad del acero	16
1.1.9. Membranas de curado	16
1.1.10. La calidad de los materiales y la certificación de su almacenamiento	17
1.2. Elaboración del hormigón en obra	18
1.2.1. Definiciones y condiciones generales	18

1.2.2. Calidad del hormigón	19
1.2.2.1. Resistencia del hormigón	19
1.2.2.2. Consistencia y trabajabilidad	20
1.2.2.3. Proporción del agregado fino	20
1.2.2.4. Exudación	21
1.2.3. Dosificación del hormigón	21
1.2.4. Elaboración del hormigón	21
1.3. Elaboración del hormigón en planta	22
1.3.1. Recepción de los materiales	24
1.3.1.1. Cemento	24
1.3.1.2. Áridos	24
1.3.1.3. Aditivos químicos	24
1.3.1.4. Recepción del agua	25
1.3.2. Almacenamiento de los materiales	25
1.3.2.1. Cemento	25
1.3.2.2. Áridos	25
1.3.2.2.1. Paso del árido a las tolvas	25
1.3.2.3. Aditivos	26
1.3.3. Dosificación de los materiales	26
1.3.4. Mezclado del hormigón	28
1.3.5. Carga de equipos de transporte	28
1.3.6. Transporte desde la planta hasta la obra	29
Capítulo 2: Equipos para la colocación del hormigón	30
2.1. Equipos para la colocación, distribución, compactación y terminado superficial	30
2.1.1. Equipo de pavimentación con moldes	30
2.1.2. Equipos para la distribución y compactación	31
2.1.2.1. Equipos para la distribución	31
2.1.2.2. Equipos vibradores	31
2.1.2.3. Elementos manuales para la compactación	32
2.1.3. Equipos para la terminación superficial	32
2.1.3.1. Reglas	32
2.1.3.2. Frotas	33
2.1.3.3. Cepillo texturizador	33
2.1.3.4. Herramientas para redondear bordes de juntas y pavimentos	33
2.2. Equipos para la construcción de juntas y sellado	33
2.2.1. Construcción de juntas	33

2.2.1.1. Metodos tradicionales	33
2.2.1.2. Aserrado de juntas	34
2.2.2. Equipos para el sellado	34
2.3. Equipos complementarios	35
2.4. Maquina extractora de testigos	36
2.5. Equipos para el laboratorio y control de la obra	36
2.6. Presencia del equipo en obra	38
Capitulo 3: Procedimiento constructivo para la colocación del hormigón.	39
3.1. Perfilado y preparación de la subrasante.	39
3.2. Construcción de la base y la sub-base.	40
3.2.1. Sub-base.	40
3.2.1.1. Materiales.	40
3.2.1.2. Confección.	41
3.2.2. Base.	41
3.2.2.1. Materiales.	41
3.2.2.2. Condición que debe tener la sub-base.	41
3.2.2.3. Construcción de la base.	42
3.2.2.4. Compactación.	43
3.3. Colocación de moldes para la pavimentación con regla o rodillo vibratorio.	43
3.3.1. Alineación y nivelación de los moldes.	43
3.3.2. Firmeza y enclavamiento de los moldes.	44
3.3.3. Longitud de los moldes colocados.	44
3.3.4. Limpieza y aceitado de los moldes.	44
3.3.5. Aprobación de la supervisión.	44
3.4. Construcción de la losa.	45
3.4.1. Colocación del hormigón.	45
3.4.2. Distribución, enrasado y consolidación.	46
3.4.2.1. Método mecánico con vibración.	46
3.4.2.2. Método manual.	47
3.4.3. Pavimentadora deslizante.	47
3.4.3.1. Corrección a la subrasante y/o base granular.	47
3.4.3.2. Colocado de la cuerda guía.	47
3.4.3.3. Colocación de la pavimentadora.	49
3.4.4. Control de perfilado y espesores.	50
3.4.5. Terminación y control de la superficie del pavimento.	50
3.4.5.1. Alisado.	50

3.4.5.2. Comprobación inicial de la lisura superficial en el hormigón fresco	50
3.4.5.3. Terminación final con cepillo y rastrillo	51
3.4.5.4. Comprobación final de la lisura superficial.	51
3.5. Construcción de juntas.	52
3.5.1. Generalidades.	52
3.5.2. Juntas transversales de expansión en contacto con estructura fija.	52
3.5.3. Juntas transversales de contracción.	52
3.5.4. Juntas transversales de construcción.	54
3.5.5. Juntas longitudinales.	55
3.5.6. Terminación de las juntas.	56
3.6. Pasadores. Su colocación.	56
3.7. Barras de amarre.	57
3.7.1. Su colocación.	57
3.8. Relleno y sellado de juntas.	58
3.8.1. Ejecución del relleno y sellado	58
3.8.2. Limpieza previa.	59
3.8.3. Tipos de selladores.	59
3.8.3.1. Selladores líquidos de colocación en caliente.	59
3.8.3.2. Selladores líquidos de colocación en frío.	59
3.8.3.3. Selladores a compresión.	60
3.9. Curado del hormigón.	60
3.9.1. Curado inicial	61
3.9.2. Curado final	61
3.9.3. Plazo de curado	62
3.9.4. Levantamiento de la tierra.	62
3.10. Protección del pavimento.	62
3.10.1. Durante la ejecución.	62
3.10.2. Después de la ejecución.	63
Capítulo 4: Muestras y testigos	64
4.1. Las muestras y los testigos	64
4.1.1. Generalidades.	64
4.1.2. Extracción de testigos para el control del pavimento	64
4.1.3. Forma y dimensiones de los testigos.	65
4.1.4. Características de los testigos.	65
4.1.5. Extracción de las muestras de hormigón fresco.	66

4.1.6. Forma y dimensiones de la muestras.	66
4.2. Ensayos que se le realizan a las muestras.	67
4.2.1. Ensayos de resistencia a la compresión de testigos.	67
4.2.2. Ensayos de resistencia a la compresión de probetas.	67
4.2.2.1. Procedimiento.	68
4.2.2.2. Factor de corrección por esbeltez.	68
4.2.2.3. Criterios de conformidad para la resistencia a compresión	69
4.2.3. Ensayo a flexión de probetas.	71
4.2.4. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta.	72
4.2.4.1. Procedimiento.	72
4.2.4.2. Criterio de conformidad para la resistencia a la tracción indirecta	73
4.3. Comprobación de espesores.	74
4.3.1. Formas de medir espesores.	74
4.3.2. Espesor medio de la obra.	74
4.4. Lisura superficial.	75
4.5. Habilitación y conservación de las obras.	75
4.5.1. Habilitación del pavimento.	75
4.5.1.1. Habilitación a la puesta en servicio.	75
4.5.2. Reparaciones deficiencias.	76
Conclusiones	77
Recomendaciones	78
Bibliografía	79
Anexos	81

Introducción

El objetivo del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo. Con respecto a los métodos de diseño de pavimentos, tradicionalmente se han limitado a determinar el espesor de la estructura. En el caso de los pavimentos de hormigón, estos métodos se basan exclusivamente en los conceptos de la fatiga y de la erosión, para determinar, mediante modelos matemáticos, el espesor y la calidad del hormigón. Es decir, el diseño se orienta fundamentalmente a dimensionar la losa para unas condiciones de subrasante, base y tráfico determinado y casi tipificado. En un sentido estrictamente teórico es posible que todos estos métodos sean válidos tanto en sus fundamentos como en sus concepciones. La cuestión es determinar que tanto se aproximan estos métodos extranjeros a las realidades muy particulares de países y regiones en las cuales la naturaleza de los suelos, no pueden ser generalizados o estabilizados por factores económicos. De igual forma las técnicas de trabajo y la tecnología empleada en la construcción no son muchas veces homologables. Por lo cual se hace necesario elaborar un procedimiento constructivo para este tipo de pavimento adaptando en un principio las tecnologías disponibles por los países rectores en estos tipos de pavimentos a nuestras posibilidades reales sin perder la visión del futuro

Objetivo general

1. Elaborar un procedimiento constructivo para la elaboración, construcción y puesta en servicio de pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo, según lo establecido por las normas cubanas y las regulaciones constructivas.

Objetivos Específicos.

1. Producción del hormigón, y los procesos necesarios de control de calidad del mismo.
2. Secuencia detallada de colocación, acabado, corte, texturizado y curado de las losas de hormigón hidráulico que conforman la superficie de rodadura

3. Criterios de aceptación de la obra, en cuanto a la producción de agregados, planta de producción, tendido y terminado de la losa.
4. Control de calidad, objetivos, secuencia de los trabajos, verificación de la calidad, retroalimentación de los resultados.
5. Características de los materiales que conforman el pavimento rígido, preparación del terreno natural, materiales para el hormigón, cemento , agregados, agua y aditivos,
6. Calidad superficial y puesta en servicio.
7. Influencia que tiene la buena ejecución de las juntas, sus diferentes tipos, y los principales materiales utilizados para realizarlas

Estructura de la tesis

Resumen

Introducción

Capítulo 1 Elaboración del hormigón en obra y en planta

Capítulo 2 Equipos para la colocación del hormigón.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo para la colocación del hormigón en obra

Capítulo 4 Muestras y testigos

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Para el siguiente diseño metodológico.

Problema de la investigación.

La no existencia en Cuba de un procedimiento constructivo para la elaboración, construcción y puesta en servicio de pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo.

Objeto de la investigación.

La construcción de pavimentos rígidos con juntas sin refuerzo continuo.

Hipótesis

La elaboración de un procedimiento constructivo para la elaboración, construcción de pavimentos rígidos con juntas sin refuerzo continuo, representa una herramienta vital para garantizar la seguridad y comodidad del usuario, evitando que se produzcan, por falta de control durante el proceso constructivo, deterioros que pueden ser controlados, disminuyendo los costos de mantenimiento, conservación y rehabilitación.

Tareas a desarrollar

1. Recopilar y evaluar información bibliográfica relacionada con el comportamiento, evaluación de los factores que intervienen en el diseño, leyes de deterioro, causas que provocan el fallo y aquellas deficiencias en los materiales o procedimientos constructivos que lo aceleran.
2. Visitar obras que estén construyendo estos tipos de pavimentos para recopilar información sobre el proceso de elaboración, colocación y toma de muestras y testigos para la puesta en servicio.
3. Recopilar normas y regulaciones constructivas en cuanto a materiales, preparación, mezclado, transportación y vertido del hormigón.

Capítulo 1 Elaboración del hormigón en obra y en planta.

1.1.- Materiales

Para la construcción de pavimentos rígidos es un punto muy importante los materiales a utilizar. El transporte, almacenamiento, calidad y características en general de cada uno de ellos, se debe tener en cuenta a la hora de acometer proyectos como estos. Por esto, tanto en las obras, como en las plantas productoras del hormigón se deben seguir especificaciones que están regidas tanto por normas nacionales como internacionales

A continuación se desglosa un detalle de todos los materiales a utilizar en la obra. La presente especificación se considera complementaria a las especificaciones particulares para los distintos elementos de la carretera y en todo caso específica para los pavimentos rígidos, de manera que las especificaciones de hormigón para pavimento rígido pueden ser diferentes a las especificaciones de hormigones estructurales.

1.1.1. – Cemento Portland

El material ligante a utilizar será **Cemento Portland Normal o Cemento Portland con Adiciones**, de marca aprobada que reúna estrictamente las condiciones exigidas por las Normas correspondientes. Se consideran aptos los cementos que cumplan con las Normas NC 95, NC 96, NC 98, NC 99, NC 100 y NC 101/2001, dictadas por la Oficina Nacional de Normalización (NC), Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba

1.1.1.1. Transporte y almacenamiento

El transporte de cemento se realizará preferentemente a granel, en camiones silo o en bolsas especiales "big-bags", y deberá almacenarse de manera que se encuentre bien protegido de la humedad e intemperie, en silos apropiados que reúnan condiciones para ello. El almacenamiento será cuidadoso, de manera que no se mezclen distintas marcas o distintos tipos de cemento.

1.1.1.2. Calidad del cemento en el momento de usarlo

El cemento se deberá entregar en estado perfectamente pulverulento sin la menor tendencia a aglomerarse. No se permitirá el uso de cemento total o parcialmente

fraguado o que contenga terrones, para ningún tipo de trabajo. El material en tales condiciones será retirado sin dilatación del ámbito de la obra.

Cuando se trate de cemento ensilado, el mismo se empleará extrayéndolo por la boca o tolva de descarga del silo, en las cantidades exactamente requeridas para cada pastón, mediante un sistema de dosificación adecuado y en el momento de su empleo. No se permitirá el reintegro al silo del material excedente que por cualquier circunstancia se haya retirado del mismo y no haya sido utilizado.

1.1.2. Agregado fino para hormigón

1.1.2.1. Origen, naturaleza y características

El agregado fino a emplearse estará constituido por arenas naturales o artificiales o una mezcla de ellas. Arenas naturales son aquellas cuyas partículas son redondeadas y provienen de la disgregación de las rocas por la acción de los agentes naturales.

Arenas artificiales son las originadas por la trituración de las rocas mediante equipo de chancado. Se dará preferencia al uso de arenas naturales de origen. Las arenas presentarán partículas duras, durables y limpias, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, álcalis, arcillas, materias orgánicas y deletéreas.

1.1.2.2. Pureza del agregado fino

Tabla 1.1 Sustancias perjudiciales para el árido fino

Sustancias perjudiciales	% del peso
Partículas de arcilla	1
Impurezas orgánicas	Máximo placa 3
NOTA: No se aplica a los áridos de yacimiento.	
Material más fino que el tamiz 200 (75 µm)	5

Se consideran prohibidas las partículas de carbón, de madera u otros residuos (coke, ceniza, escoria, asfalto, y otros).

Se consideran toleradas las pequeñas cantidades de sulfato de calcio (yeso) y de sulfuro de hierro (pirita) bajo reserva que su contenido total en azufre expresado en anhídrido sulfúrico SO₃ no sobrepasa el 1% del peso total de la muestra de árido seco.

1.1.2.3. Granulometría del agregado fino

a) El agregado fino será bien graduado y su composición granulométrica deberá responder a las exigencias:

Tamiz % que pasa, en peso

Tabla 1.2 Granulometría del árido fino

Límites nominales de la fracción (mm)	Abertura de malla de tamices normalizados (mm)	% Pasado
5 - 0,15	9,52	100
	4,76	90-100
	2,38	70-100
	1,19	45-80
	0,59	25-60
	0,297	10-30
	0,149	2-10

La gradación precedente representa los límites extremos que determinarán si el agregado fino es adecuado para emplearse. El Constructor utilizará agregados obtenidos directamente o por mezclas de otros, cuya gradación durante toda la ejecución de los trabajos, sea razonablemente uniforme y no sujeta a los porcentajes extremos o límites de granulometría especificada. La verificación granulométrica será diaria. A tal efecto, el Constructor propondrá una gradación que utilizará en el curso de los trabajos.

b) El agregado fino que no satisfaga los requisitos dispuestos precedentemente para su granulometría, podrá utilizarse, si mezclado con el agregado grueso y cemento a usarse en obra, en las proporciones que indique el Constructor, se obtiene un hormigón con la resistencia a tracción por flexión establecida en el punto 1.2.2. de las presentes especificaciones técnicas.

Esta utilización la autorizará el Inversionista a solicitud del Constructor, a cuyo cargo correrán los gastos de las determinaciones necesarias, así como la provisión de muestras del material a usar.

El agregado fino que no llene las exigencias granulométricas y se acepte en mérito a lo dispuesto en éste sub-inciso, deberá conformar el requisito de uniformidad.

A los fines de comprobar el cumplimiento de esta exigencia, se realizarán verificaciones periódicas de las diversas partidas de material que ingresen al obrador.

1.1.2.4. Almacenamiento del agregado fino

El agregado fino proveniente de fuentes distintas no será almacenado en la misma pila, ni usado alternadamente en la misma clase de obras, o mezclado sin la autorización previa y escrita del Inversionista. Se tendrá especial cuidado en evitar la segregación, contaminación con otros materiales y contenido de humedad no uniforme.

1.1.2.5. Toma de muestras y métodos de ensayo

En específico para el árido fino se realizara el siguiente ensayo:

- Para la toma de muestra: Véase NC 671-2008
- Para la determinación del peso específico y absorción de agua en los áridos finos: Véase NC 186

Considerando los elevados volúmenes de hormigón requeridos para los trabajos de pavimentación, y bajo las especiales condiciones de humedad del proyecto, es fundamental la verificación continua de la humedad de la arena a lo largo del día y la corrección apropiada de las mezclas.

1.1.3. Agregado grueso para hormigón

1.1.3.1. Origen, naturaleza y características

El agregado grueso será piedra triturada, grava, u otro material inerte aprobado por el Inversionista. Se compondrá de partículas duras, resistentes y durables libres de cualquier cantidad perjudicial de capas o materias adheridas, arcilla y materias extrañas.

- **Material más fino que el tamiz 200 (75 µm) de los áridos gruesos**

El % permitido de material más fino que el tamiz 200 en los áridos gruesos para cualquier hormigón es inferior o igual que 1%.

- Otras sustancias perjudiciales

Tabla 1.3 Sustancias perjudiciales para el árido grueso

Indicadores de Calidad	Cantidad máxima del peso total de la muestra (%)
Partículas de arcilla	Inferior o igual a 0,25%
Cantidad de partículas planas y alargadas: - Cuando el árido proviene de rocas sedimentarias - Cuando el árido proviene de rocas ígneas	Inferior o igual a 10 % Inferior o igual a 20%

1.1.3.2. Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso estará graduado de manera apropiada, para evitar la segregación se recomienda un tamaño máximo no mayor a 1 1/2" (28,1 mm)

La verificación granulométrica será diaria y se realizarán los ajustes necesarios en la mezcla si fuera necesario. El Inversionista podrá exigir que el agregado grueso que responda a esta granulometría se obtenga por mezcla en obra de dos o más agregados de distintas clasificaciones granulométricas, en cuyo caso se procederá a sus acopios y mezclas, según se indica en 1.1.3.4.

Tabla 1.4 Granulometría de los áridos gruesos

Límites de la fracción (mm)		Abertura de malla de tamices normalizados (mm)	% Pasado
Nominal	Equivalente		
75-40	76-38	101,6	100
		76,2	90-100
		63,5	35-70
		38,1	0-15
		19,1	0-5

65-40	63-38	76,2	100
		63,5	90-100
		50,8	35-70
		38,1	0-15
		19,1	0-5
40-20	38-19	50,8	100
		38,1	90-100
		25,4	20-55
		19,1	0-15
		9,52	0-5
40-10	38-13	50,8	100
		38,1	90-100
		19,1	20-60
		12,7	0-15
		9,52	0-5
25-10	25-13	38,1	100
		25,4	90-100
		19,1	20-55
		12,7	0-10
		9,52	0-5
25-5	25-5	38,1	100
		25,4	90-100
		12,7	25-60
		4,76	0-10
		2,38	0-5
20-10	19-10	25,4	100
		19,1	90-100
		12,7	20-55
		9,52	0-15
		4,76	0-5
20-5	19-5	25,4	100
		19,1	90-100
		9,52	20-55
		4,76	0-10
		2,38	0-5
13-5	13-5	19,1	100
		12,7	90-100
		9,52	40-70

		4,76	0-15
		2,38	0-5
10-5	10-5	12,7	100
		9,52	85-100
		4,76	15-35
		2,38	0-10
		1,19	0-5

1.1.3.3. Resistencia mecánica

La resistencia mecánica de los áridos gruesos se determinará por el Índice de triturabilidad o por el ensayo de Abrasión Los Ángeles, establecidos en las NC 190 y NC 188 respectivamente.

En el caso del Índice de triturabilidad para pavimentos de hormigón para tráfico pesado, (hormigones de más de 40 MPa), el porcentaje de triturabilidad en seco es menor de 15 y cuando esta húmedo-saturado es menor de 25. Para pavimentos y pisos sometidos a desgaste (Hormigones arquitectónicos, expuestos a diferentes tipos de erosiones), en seco el índice esta entre el 15 y el 20 % y húmedo-saturado esta entre 25 y 35 %.

Mientras que el ensayo de Abrasión Los Ángeles permite un porcentaje de abrasión máximo de 40 para hormigones sometidos a desgastes en pavimentos para tráfico vehicular y peatonal y hormigones de más de 50 MPa.

1.1.3.4. Almacenamiento del agregado grueso

El agregado grueso proveniente de fuentes distintas no será almacenado en la misma pila ni usado alternadamente en la misma clase de obra o mezclado sin autorización previa y escrita por el Inversionista.

Igualmente cuando se almacene agregado que responda a distintas clasificaciones granulométricas, el mismo se almacenará en pilas separadas y su mezcla a los fines de cumplimentar la granulometría exigida en 1.1.3.2. se hará en el momento de confeccionar el hormigón en las proporciones adecuadas para lograr el cumplimiento del requisito señalado. Se tendrá especial cuidado en evitar la segregación, contaminación con otros materiales y contenido de humedad no uniforme.

1.1.3.5. Toma de muestras y métodos de ensayo

En el caso del árido grueso se realizarán los ensayos siguientes:

- Para la toma de muestra: Véase NC 671-2008
- Para la determinación del peso específico absorción de agua en los áridos gruesos: Véase NC 187
- Para la determinación de la abrasión en los áridos gruesos: Véase NC 188
- Para la determinación de partículas planas y alargadas en áridos gruesos: Véase NC 189
- Para la determinación del Índice de triturabilidad en áridos gruesos: Véase NC 190

1.1.4. Requisitos generales para todos los áridos

1.1.4.1. Reacción árido álcali

El árido que se utilizará en hormigones sujetos a frecuentes humedecimientos, exposiciones largas en una atmósfera o en contacto con el suelo húmedo, no estará compuesto por sustancias o minerales de forma tal que sean nocivamente reactivos con los álcalis en el cemento, en una proporción tal que sea causa de expansiones excesivas del hormigón.

1.1.4.2. Contenidos de cloruros

Para limitar de manera total la afectación de cualquier tipo de cloruros, se utilizarán como referencia el total de todos los iones cloruro (Cl^-) contenidos en la suma de todos los áridos que se combinen.

Las cantidades de iones cloruro (Cl^-) para hormigón armado con cemento Portland puro es 0.03 %.

1.1.4.3. Absorción

La absorción del árido, generalmente, no superará el 3% de la masa seca del mismo.

1.1.4.4. Métodos de ensayo

- Para la determinación de % de huecos: Véase NC 177
- Para el análisis granulométrico: Véase NC 178
- Para la determinación del contenido de partículas de arcillas: Véase NC 179
- Para la determinación de partículas ligeras: Véase NC 180
- Para la determinación del peso volumétrico: Véase NC 181
- Para la determinación de impurezas orgánicas: Véase NC 185
- Para la determinación del material más fino que el tamiz de 0,074 mm (Tamiz No.200): Véase NC 200

1.1.5. Agua para hormigón

El agua a utilizar en la preparación del hormigón y en todo otro trabajo relacionado con la ejecución del pavimento será razonablemente limpia y libre de sustancias perjudiciales al hormigón, preferentemente potable.

A los fines de conservar la limpieza y pureza del agua, el contratista utilizará para su extracción y conducción, elementos adecuados para disponer de ella en el sitio en que va a usarse, libre de sustancias extrañas que puedan ser arrastradas por la misma.

Para que el agua sea utilizable deberá cumplir con los requisitos de la Norma cubana NC 353.

Las sustancias nocivas y sus limitaciones para el agua de amasado y curado de hormigones y morteros se establecen en las tablas 1.1 y 1.2 que se encuentran en los anexos

1.1.6. Material para juntas

Corresponde al Inversionista controlar el tipo de material para el sellado de las juntas de las losas de hormigón. El tipo de sellante para las juntas longitudinales y transversales será definido en el diseño del pavimento.

Son muchos los materiales disponibles para sellar las juntas en pavimentos de hormigón. La más simple clasificación de los materiales de sello son los sellantes líquidos (moldeados en terreno) y los sellantes preformados (compresión)

1.1.6.1 Materiales para sello de juntas

Existen muchos materiales aceptados para el sellado de juntas en los pavimentos de concreto. La clasificación más simple los divide como líquidos (ó moldeados en el campo) y los pre moldeados (Compresión).

- Sellos líquidos.

Los sellantes líquidos pueden ser colocados en frío o en caliente, con un solo componente; autonivelables, toman la forma del depósito y dependen en gran parte de la adhesión de las caras de la junta para un sellado satisfactorio.

- Sellos a compresión.

Los sellantes pre-moldeados son moldeados durante su fabricación y dependen en gran parte de la recuperación de la compresión para un sellado satisfactorio.

1.1.6.2. Cordones de respaldo

Los cordones de respaldo (backer rod) son un material muy importante para la instalación de selladores líquidos, dado que evitan que el líquido fluya bajo la junta y se adhieran al fondo de la caja. También son útiles para la definición del factor forma y para optimizar la cantidad de sellador a usar. Las consideraciones más importantes para la correcta elección de los distintos materiales incluyen:

- Material Espuma de Polietileno: La espuma de polietileno es una espuma de celdas cerradas que no absorbe el agua y es moderadamente compresible. Es más adecuado para los selladores líquidos colocados en frío, ya que podría derretirse en contacto con materiales colocados en caliente.

- Material Espuma de Polietileno Eslabonado: La espuma de polietileno eslabonado es una espuma de celdas selladas que no es compatible con los selladores líquidos colocados en caliente. No absorbe el agua y es moderadamente compresible.

- Material Espuma de Poliuretano: Esta espuma de celdas abiertas absorbe el agua, pero no se derrite cuando se usa en contacto con selladores líquidos colocados en caliente. Es muy compresible y ampliamente usado con los selladores líquidos colocados en caliente. El tamaño de los cordones de respaldo depende del ancho de la caja de la junta. Los cordones de respaldo se comprimen aproximadamente en un 25 %, para asegurarse que permanezcan a

la profundidad deseada dentro de la caja. Los tamaños adecuados para distintos anchos de juntas son:

Tabla 1.5 Dimensiones de los cordones de respaldo

Ancho de la Caja (mm)	Diámetro del cordón (mm)
3	6
5	6
6	8
8	10
10	13
13	16
16	19
19	22
22	25
25	32
32	38
38	50

La cordones de respaldo es un componente muy importante en la instalación de los sellos líquidos, ya que impide que el sello líquido fluya hasta el fondo de la junta, evitando la adhesión del sello con el fondo del depósito de la junta, además el cordón de respaldo sirve para definir el factor de forma y optimizar la cantidad de sellador empleado.

Los cordones de respaldo también impiden la adherencia de los selladores al fondo de la caja. Las tensiones en el sellador aumentan si se presenta adherencia a lo largo de la base del mismo. La pérdida de adherencia se produce debido a que el sellador queda restringido en el cuello al fondo de la caja, durante la apertura de la junta.

1.1.7. Barras de transferencia de carga en juntas transversales

El principal objetivo de los pasadores es la transferencia de cargas en las juntas transversales. Los pasadores deberán reunir las siguientes condiciones:

1.1.7.1. Forma y dimensiones

Los pasadores serán barras lisas de acero de sección circular de las dimensiones indicadas en los planos. No se aceptará acero corrugado. La tolerancia admisible en

los diámetros indicados en el proyecto o en estas especificaciones será de ± 1.5 mm y se podrá admitir una ovalización de la sección circular comprendida dentro de las tolerancias admitidas para el diámetro. Las formas serán perfectamente rectas sin torceduras, muescas o abolladuras superficiales.

En las juntas de dilatación, que se colocarán sólo en el contacto con estructuras fijas (puentes, alcantarillas y otros), uno de los extremos del pasador estará cubierto con un manguito de diámetro interior algo mayor que el de la barra del pasador y de una longitud de 10 a 12 cm obturado en su extremo por un tapón de material asfáltico u otro material compresible de 3 cm. (tres centímetros) de espesor, a fin de permitir al pasador una carrera mínima de 2 cm. El manguito podrá ser de cualquier material que no sea putrescible y dañino para el hormigón, y que pueda, además, resistir adecuadamente los efectos derivados de la compactación y vibrado del hormigón al ser colocado.

1.1.7.2. Calidad del acero

El acero de las barras para pasadores debe cumplir los siguientes requisitos según la NC – 165:

Resistencia máxima de tracción R_m (Es la tensión correspondiente a la carga máxima).

Tensión en el límite de fluencia R_e (Tensión en la cual la probeta comienza a experimentar un incremento apreciable de la deformación sin aumento de la carga o con disminución de la misma.)

Límite convencional de fluencia 0,2 % R_e (0.2) (Tensión que produce la elongación permanente prescrita por el límite 0,2 %.)

1.1.8. Barras de unión o de anclaje

Las barras de amarre entre fajas de pavimento deben cumplir las siguientes condiciones:

1.1.8.1. Forma y dimensiones

Las barras de amarre tienen como principal objetivo mantener la unión horizontal y vertical de los carriles del pavimento, o bermas atadas (si hubiera). Serán de acero

corrugado y se colocarán donde lo indiquen los planos de proyecto según las dimensiones fijadas en los mismos.

En caso de que se realice la pavimentación en ancho completo, las barras se fijarán al terreno convenientemente mediante el uso de varillas o canastillas constituidas por acero de 6 mm, las mismas que podrán vincularse a la barra ya sea mediante alambre de amarre o soldadura, de manera que puedan resistir los esfuerzos de hormigonado.

En caso de que se realice la pavimentación carril por carril, con equipo de pavimentación deslizante, las barras podrán ser insertadas lateralmente, utilizando un insertador lateral específicamente diseñado para este fin.

1.1.8.2. Calidad del acero

El acero será corrugado, de una resistencia mínima de 420 MPa (tensión de fluencia). Las varillas se encontrarán libres de óxido grasa etc., aspecto que deberá considerarse para su almacenamiento.

1.1.9. Membranas de Curado

El objetivo del curado del hormigón es dar a éste las condiciones necesarias para favorecer la hidratación del cemento y reducir las contracciones excesivas debidas a las condiciones ambientales (temperatura, viento, humedad, etc.), las cuales pueden llevar al desarrollo de fisuras. Especialmente, se debe evitar la evaporación rápida del agua superficial del hormigón, la que depende principalmente del viento, y en menor proporción de la temperatura ambiente, de la temperatura del hormigón, y de la humedad relativa del aire.

Existen varios procedimientos para el curado del hormigón, pero la más utilizada en pavimentos es el uso de membranas de curado, que son productos químicos que se pulverizan sobre el hormigón fresco y mediante una reacción química forman una membrana impermeable (membrana de curado).

Los compuestos de curado o membranas se aplican con rociadores o pulverizadores al hormigón húmedo y la calidad de la membrana debe permitir su colocación incluso en presencia de agua superficial.

Los compuestos de pigmentación blanca estarán constituidos de pigmentos blancos finamente molidos y de un vehículo, mezclados para uso inmediato sin alteración. El compuesto presentará un aspecto blanco homogéneo cuando se aplique

uniformemente a una superficie nueva de hormigón con la cantidad especificada para su aplicación. Los compuestos líquidos formadores de membrana deberán ser de consistencia tal, que puedan ser aplicados fácilmente por rociado formando una capa uniforme a temperaturas sobre 4 grados Celsius.

El compuesto debe adherirse al hormigón fresco que tenga un endurecimiento o fraguado suficientemente capaz de resistir la aplicación del compuesto y debe formarse una película continua cuando se aplique en la cantidad especificada. Cuando seque, la película deberá ser continua, flexible y sin grietas visibles o agujeros, y permanecerá como una película intacta por lo menos durante siete días después de su aplicación. Los compuestos líquidos formadores de membranas no deben reaccionar deletéreamente con el hormigón.

Los compuestos pigmentados blancos (Tipo 2) no deben sedimentar excesivamente o aglutinarse en el envase, y deben ser capaces de mezclarse a una consistencia uniforme con un batido moderado o una agitación con aire comprimido. La porción volátil del compuesto será un material no tóxico ni peligrosamente inflamable.

Según la NC- 259 Carreteras-Pavimentos de hormigón hidráulico-Losas-Código de Buenas Practicas, se cubrirá tan pronto aparezcan los primeros síntomas de endurecimiento superficial, con una capa de asfalto diluido en proporción no mayor de 0,40 litros por metro cuadrado. En caso de no poderse contar oportunamente con el producto asfáltico o si el hormigón hidráulico de la losa va a servir directamente como superficie de rodamiento, se realizará el curado durante no menos de tres días, siendo recomendable siete días a partir del momento en que surjan los primeros síntomas de endurecimiento superficial mediante cualquier procedimiento que mantenga una humedad y temperatura adecuada en el hormigón. Para ello se seguirán las especificaciones establecidas en el Reglamento Técnico de la Construcción No 1 Punto 10.

1.1.10 La calidad de los materiales y la certificación de su almacenamiento

La calidad de los materiales en lo que respecta a las condiciones exigidas en estas especificaciones será tenida en cuenta para la certificación del almacenamiento de dichos materiales, si el contrato así lo dispone.

No se certificará el acopio de materiales de dudosa calidad o cuando los ensayos o análisis que se realicen para establecer esa calidad demuestren que tales materiales no se ajustan a las exigencias requeridas.

En todos los casos en que el constructor acopie materiales con el propósito de certificarlos, deberá requerir la previa aprobación del Inversionista.

En el caso específico del cemento Portland, el Inversionista no autorizará la certificación de acopio de dicho material, si el Constructor no cumple con las condiciones de almacenamiento que aseguren una adecuada protección de dicho material como se especifica en 1.1.1.1.

1.2. Elaboración de hormigón en obra

Durante la elaboración del hormigón el Constructor se ajustará a las indicaciones que se exponen más adelante, así como a toda otra exigencia que sin estar taxativamente enumerada, resulte consecuencia de la aplicación de estas especificaciones.

En general, la elaboración del hormigón cumplirá con lo siguiente:

El cemento se transportará hasta el pie de la hormigonera en su envase original del que se lo volcará directamente al alimentador del tambor, o bien será extraído de los silos o tolvas de depósito en las cantidades requeridas para cada pastón.

La hormigonera no funcionará con una carga superior a la indicada como máxima por su fabricante, ni tampoco muy por debajo de la misma, pues ambos casos conducen a muestras deficientes.

Los materiales se mezclarán hasta que el cemento se distribuya uniformemente y el hormigón adquiera un color uniforme, durante un tiempo de 1 min a 1 ½ min contados a partir del instante en que se ha producido la carga completa de los materiales en el tambor de la hormigonera.

La hormigonera funcionará a una velocidad constante.

El agua se incorporará automáticamente al tambor de la hormigonera, en la cantidad fijada por la respectiva fórmula de dosificación, con los reajustes debidos al contenido de humedad de los agregados.

1.2.1 Definición y condiciones generales

El hormigón de cemento Portland estará constituido por una mezcla homogénea de los siguientes materiales: cemento Portland, agregados grueso y fino, agua y aditivos.

La mezcla será de calidad uniforme y su transporte, colocación, compactación y curado se realizará de tal manera que la losa resulte compacta, de textura uniforme, resistente y durable, que cumpla en un todo con los requisitos de estas especificaciones y del uso a que se destina la estructura.

En consecuencia y de acuerdo con lo anteriormente expresado, el hormigón endurecido estará libre de vacíos motivados por la segregación de los materiales o por defectuosa colocación y compactación.

En general, estará libre de todo defecto que facilite la destrucción de la calzada por acción de los agentes atmosféricos o por las condiciones a que aquella se encuentre sometida durante su uso.

1.2.2. Calidad del hormigón

Los hormigones que se coloquen en obra tendrán las siguientes características:

1.2.2.1. Resistencia del hormigón

Considerando que los pavimentos de hormigón se diseñan tomando en cuenta la resistencia media a tracción por flexión, este debe ser el principal parámetro de control. Existe una buena correlación entre probetas de tracción por flexión (prismáticas) y de tracción por hendimiento (cilíndrica), manteniendo invariante los agregados y cemento, de manera que es imprescindible establecer apropiadamente la correlación para cada proyecto específico.

La presente especificación establece la resistencia media a tracción por flexión a los 28 días debe ser de 5.0 MPa, medida en vigas de hormigón simple que se deben ensayar con carga en los tercios de acuerdo NC-329.

En consecuencia, los valores de resistencia a controlar en la obra están referidos a una Resistencia promedio especificada de 5.0 MPa, a tracción por flexión a los 28 días. La fabricación conjunta de probetas ensayadas a tracción por flexión permitirá obtener una correlación apropiada y específica para el proyecto, de manera que el Inversionista podrá permitir al contratista continuar con el control mediante cilindros de tracción por hendimiento según la correlación obtenida. No se permitirá derivar una correlación de

otros proyectos dada la sensibilidad de la misma en cuanto a los agregados y el cemento a emplearse.

1.2.2.2. Consistencia y trabajabilidad de las mezclas

Cuando se determina la consistencia del hormigón, ésta será medida por medio de:

- El ensayo de Asentamiento por el Cono de acuerdo con la NC 174
- El ensayo por el Consistómetro VeBe de acuerdo con la NC EN 12350-3
- El ensayo por la Tabla de Fluidéz de acuerdo con la NC TS 363-3
- O bien mediante un método de ensayo específico acordado previamente entre el usuario y el productor del hormigón en el caso concreto de aplicaciones especiales (por ejemplo, un hormigón de consistencia de tierra húmeda para la tecnología del hormigón compactado con rodillos)

Teniendo en cuenta la falta de sensibilidad de los métodos fuera de ciertos valores de consistencia, es recomendable utilizar los ensayos indicados dentro de los siguientes límites:

- El ensayo de Asentamiento por el Cono para ≥ 10 mm y ≤ 210 mm
- El Consistómetro VeBe para ≤ 30 s y > 5 s.
- La Tabla de Fluidéz para > 340 mm y ≤ 620 mm

Cuando se determina la consistencia del hormigón, éste será ensayado en el momento de su utilización o en el caso del hormigón premezclado, en el momento de la entrega.

Si el hormigón es entregado en un camión hormigonera o en un camión agitador, la consistencia puede medirse sobre una muestra puntual obtenida de la descarga inicial. La muestra puntual se tomará una vez que se haya descargado aproximadamente 0,3 m³

El Constructor controlará mediante determinaciones frecuentes, al menos tres veces al día, del asentamiento sobre muestras de pastones elaborados, la consistencia de las mezclas, la misma que dentro de los límites establecidos, tratará de mantener en forma regular y permanente la producción de un hormigón uniforme. El asentamiento se controlará tanto en planta así como al pie de la obra.

1.2.2.3. Proporción de agregado fino

La proporción de agregado fino, respecto al total de agregado (fino más grueso) de la mezcla, será la menor posible que permita obtener la trabajabilidad deseada con el equipo de colocación y compactación especificados.

1.2.2.4. Exudación

La mezcla acusará la exudación mínima necesaria para permitir los trabajos de terminación superficial. Debe considerarse que una acumulación excesiva de agua en la capa superficial del pavimento pueda conducir a su debilitamiento.

1.2.3. Dosificación del hormigón

Las proporciones de agua, cemento, agregados y aditivos, necesarias para preparar las mezclas que satisfagan las exigencias especificadas, serán determinadas por el Contratista por medio de los ensayos necesarios para ello. Se establece un contenido mínimo de cemento de 320 kg por metro cúbico de hormigón por razones de desgaste. El contenido requerido por resistencia puede ser mayor y deberá ser establecido por el contratista.

Los ensayos de laboratorio deberán realizarse con la anticipación apropiada a cuyo efecto, el Constructor entregará al Inversionista muestras de los materiales y hará saber, igualmente por escrito, las cantidades en peso, de los materiales que mezclará para preparar el hormigón acompañando los resultados de los ensayos certificados por un laboratorio confiable que haya realizado para determinar las mismas.

El Constructor será responsable de cumplir con las exigencias especificadas una vez colocado el hormigón en obra.

1.2.4. Elaboración del hormigón

Durante la elaboración del hormigón, el Constructor se ajustará a las indicaciones que se exponen más adelante, así como a otras exigencias que sin estar taxativamente enumeradas, resulte consecuencia de la aplicación de estas especificaciones.

El cemento se transportará hasta el pie de la hormigonera en silos apropiados o "big-bags" y será extraído de los silos o tolvas de depósito en las cantidades requeridas para cada pastón.

Los materiales se mezclarán hasta que el cemento se distribuya uniformemente y el hormigón adquiera un color uniforme, controlando estrictamente los tiempos mínimos recomendados por el fabricante.

El agua será controlada estrictamente tomando en cuenta las correcciones por humedad de los agregados.

1.3. Elaboración de hormigón en planta

El hormigón podrá ser elaborado fuera de la obra y entregado a la misma, mediante equipo especial y siguiendo alguno de los procedimientos indicados a continuación:

- a) Mezclado en planta central y transporte del hormigón a la obra de camiones mezcladores, agitadores o comunes.
- b) Mezclado iniciado en planta central y terminado en camiones mezcladores durante su transporte a obra.
- c) Mezclado total en camiones mezcladores durante su transporte a obra.

En todos los casos el hormigón deberá llegar al lugar de las obras sin que se produzca la segregación de los materiales y en estado plástico, trabajable y satisfactorio para su colocación.

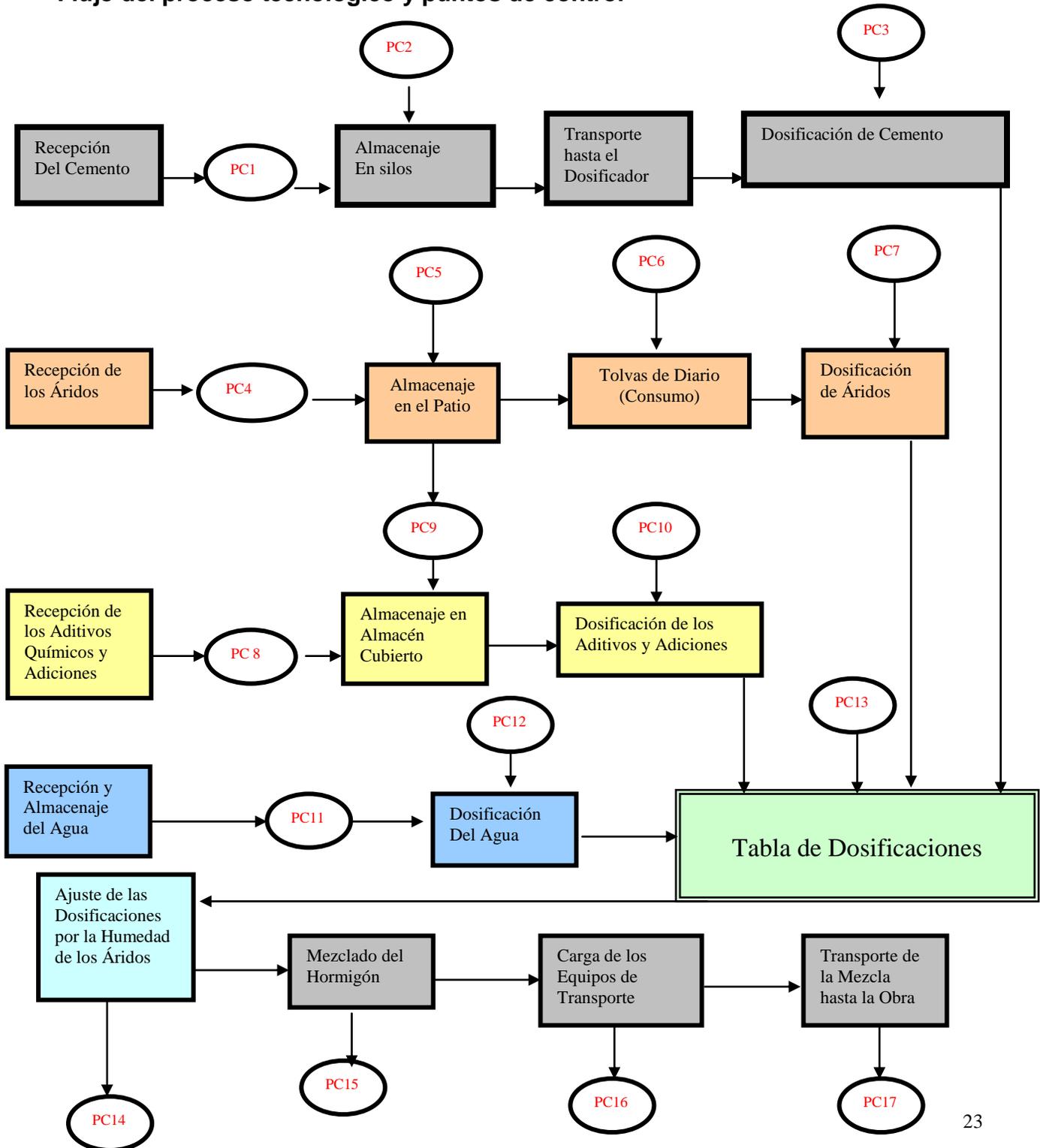
A los efectos de las medidas y controles que la Inspección considere oportuno efectuar, ésta podrá revisar los equipos y materiales empleados en cualquier lugar en que se encuentren, el que será considerado como parte integrante del obrador.

Cuando el hormigón se elabora en plantas, la responsabilidad de que el hormigón tenga las características que pide el proyecto recae sobre el colectivo de trabajadores de la planta.

Es el segundo caso de los explicados arriba en el que se va a basar el trabajo. Partiendo de investigaciones que se realizaron a la Planta de hormigón premezclado (dosificadora-mezcladora) del Contingente Blas Roca. Esta planta está automatizada y presenta un flujo tecnológico el cual se observa a continuación. Los trabajadores de esta planta cumplen su flujo tecnológico siguiendo las instrucciones de sus puntos de controles (PC). Estos puntos de control tienen una persona responsable que debe velar porque se cumplan los requisitos que ellos exigen, así como se debe llevar un registro

de control, los cuales se encuentran expuestos en los anexos de este trabajo. A continuación se explican cada punto de control para garantizar la elaboración del hormigón en la planta

Flujo del proceso tecnológico y puntos de control



1.3.1 Recepción de los materiales en la planta

1.3.1.1. Cemento (PC 1)

Al llegar el cemento a la planta el almacenero debe recibir certificado de Calidad o Concordancia, chequearlo, archivarlo, decidir ubicación del almacenaje por separado. Chequear el sello de los carros silos y verificar el peso del carro silo cargado y descargado, estas actividades se deben realizar sistemáticamente y controlándolas mediante el registro de control R3-PI01 (todos los registros mencionados se podrán observar en los anexos de este documento). Mientras que el Técnico de laboratorio debe obtener muestras del lote, para ensayos de control físico-mecánicos completos en laboratorio de terceros y para almacenar por 28 días. Esta actividad se realiza con una frecuencia según lo establecido en el reglamento de hormigón/2003, la cual debe ser controlada mediante el registro de control R5-PI01.

1.3.1.2. Áridos (PC 4)

Cuando se recibe áridos en la planta el almacenero debe obtener muestras del lote, para ensayos de Rutina en laboratorio de la planta según NC-184 – 2002, llevando el control mediante el registro R12-PI01 y NC-182:2002 llevando el registro R11-PI01. A la vez el almacenero debe sistemáticamente recepcionar del certificado de concordancia, chequearlo, archivarlo, decidir ubicación del almacenaje por separado. El registro de control de esta actividad es el R3-PI0. Además el técnico y el almacenero deben inspeccionar visualmente el árido sobre el medio de transporte (aceptación o rechazo), tamaño máximo nominal (T.M.N) y limpieza.

El técnico de laboratorio es el encargado de obtener una muestra del lote para realizarles los ensayos establecidos en el reglamento de hormigón/2003 llevando el control en R4-PI01.

1.3.1.3. Aditivos químicos (PC 8)

El técnico y el almacenero deben recibir el certificado de calidad del fabricante, chequearlo (en especial la fecha de vencimiento) y archivarlo, informar fecha de vencimiento. Esta actividad se realiza sistemáticamente mediante el registro de control de recepción de material R3-PI01. El técnico de laboratorio debe tomar muestra de cada Lote, realizarle los ensayos correspondientes. Según lo establecido en Reglamento de Hormigón/2003.

1.3.1.4. Recepción del agua (PC 11)

El agua debe ser controlada por el jefe de producción de la planta, el cual debe chequear si el agua es potable, verificar la limpieza periódica de la cisterna o tanque de almacenaje. Esta actividad se realiza de manera visual como mínimo 2 veces al año.

1.3.2. Almacenaje de los materiales

1.3.2.1. Cemento (PC 2)

El almacenaje del cemento en la planta se realiza en silos. El almacenero debe una vez cada 6 meses como mínimo chequear periódicamente el estado de estos silos de almacenaje y además debe limpiarlos. Al cemento se le debe chequear la temperatura en la salida del silo (la temperatura no debe ser mayor de 50 °C), esta actividad la realiza el técnico de la planta con la frecuencia establecida en el Reglamento de hormigón/2003, además este debe llevar el registro de control R7-PI01.

1.3.2.2. Áridos (PC 5)

Los áridos en la planta se almacenan en el patio, separándolos según las zonas de procedencia y según la calidad. Esta actividad es responsabilidad del almacenero de la planta el cual debe realizarla sistemáticamente llevando el registro de control R3-PI01. Se deben reapilar sistemáticamente los áridos con equipos de neumáticos, de esta actividad está encargado el operador del equipo.

El jefe de producción debe verificar que el drenaje de los áridos se efectúe correctamente y controlar que el árido esté en suelos de hormigón y a la vez chequear la limpieza de estos para evitar la contaminación. Es decir el árido no puede estar almacenado en suelos de tierra u otro material porque al ser recogido los áridos por el cargador este puede arrastrar sustancias que puedan contaminar a los áridos. Estas tareas se deben realizar sistemáticamente.

1.3.2.2. a. Paso del árido del patio a las tolvas del diario (PC 6)

Primeramente se debe limpiar las tolvas y las cubetas de los cargadores, para evitar contaminación. El responsable de esta actividad es el jefe de producción. Además debe chequear que se coloquen los áridos correctamente en las tolvas, es decir que el árido grueso no se eche en las tolvas del árido fino o que igualmente que coloque correctamente los áridos según su calidad o procedencia. Esto quiere decir que no

puede haber equivocación a la hora de transportar los áridos porque esto puede afectar la obtención de la calidad del hormigón requerido.

También el jefe de producción tiene que verificar que ni se llene demasiado las tolvas del diario para evitar contaminación de un árido con otro.

1.3.2.3. Aditivos químicos (PC 9)

Los aditivos deben ser almacenados separados del piso a determinada altura, deben estar correctamente tapados y en estibas unitarias o de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Estas condiciones deben ser chequeadas por el almacenero sistemáticamente.

1.3.3. Dosificación de los materiales (PC 3, PC 7, PC 10, PC 12)

Para la dosificación de los materiales el operador de la planta tiene entre sus obligaciones chequear las básculas al fiel al inicio del trabajo y chequear el dosificador, si esta limpio. Estas actividades se realizaran diario en la planta. El jefe de servicio técnico debe calibrar las Básculas cada tres meses y verificarlas una vez al año por órganos metrológicos certificado.

En el caso de los aditivos químicos el técnico del laboratorio debe según lo establecido en Reglamento de Hormigón/2003, en el caso de los aditivos líquidos, verificar densidad según especificaciones.

Después de realizar las actividades anteriores las cuales son importantes para que no ocurra ningún error en la calibración de los materiales se debe acudir a la tabla de dosificaciones, esta actividad es el PC 13. La tabla de dosificación presenta las siguientes especificaciones:

- Relación de agua cemento
- Tipo de cemento y procedencia
- Tipo de árido (T.M.N) y procedencia
- Tipo de aditivo o adición
- Consistencia de la mezcla

El técnico de laboratorio debe diariamente llenar esta tabla para después proseguir con el ajuste de la dosificación.

Tabla 1.6 Tabla de dosificaciones (para 1 m³ de hormigón)

Resistencia (Kg/cm ²)	Asmto (cm)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Gravilla (Kg)	Agua (litros)	aditivo (litros)	Total de árido (Kg)
150	18-20	325	742	1050	230	No lleva	1792
200	18-20	385	705	1039	210	3.8	1744
250	18-20	385	834	914	190	4.0	1748
300	18-20	420	391 A.V	1031	170	5.0	1804
			382 A.Q.H				

Tabla 1.7 Tabla de zonas de procedencia de los áridos

Tipo de árido	Zona 1	Zona 2
Arena	Quebra Hacha o Arimao	Victoria
Gravilla	Alacranes	Anafre o Quebra Hacha

Tabla 1.8 Tabla de distribución del árido según procedencia en la dosificación

Resistencia Kg/cm ²	Arena (Kg)		Gravilla (Kg)	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
150		742	1050	
200		705		1039
		705		1039
250	834		914	
300	382	391	1031	

El ajuste de la dosificación (PC 14) se realiza diariamente también antes de que empiece la primera amasada en la planta. El método de ajuste utilizado es el de la humedad superficial de la arena. El técnico de laboratorio debe diario tomar una muestra de arena antes que empiece la jornada de trabajo y realizarle a esa muestra el ensayo de Humedad superficial que se basa en calcular el volumen desplazado de agua por a arena. Este ensayo se realiza según las especificaciones que dicta la NC-184-2002 Arenas. Determinación de la Humedad Superficial.

En dependencia del resultado que brinde el ensayo se procede a restarle el porcentaje de agua a la dosificación de agua que se tiene sin que presente humedad la arena y ese mismo porcentaje se le suma a la dosificación de la arena.

Es responsabilidad del técnico de laboratorio verificar que el ajuste de la dosificación se realice correctamente. Ya que de esta depende la realización de una mezcla que presente la calidad requerida por los proyectos.

1.3.4. Mezclado del hormigón (PC 15)

Si el mezclado se efectúa en mezcladoras de acción gravitacional (caída libre). Garantizar el orden adecuado y la alimentación de la mezcladora es uno de los deberes del jefe de producción, lo cual debe hacer sistemáticamente además de. La forma en que debe ser alimentada la mezcladora debe ser; árido grueso + 1/3 de agua => árido fino + cemento => 2/3 de agua.

El operador del camión de hormigonera debe garantizar el tiempo adecuado de mezclado del hormigón, chequear el estado de limpieza de la tambora de la hormigonera previo al mezclado y al concluir el trabajo.

El técnico de laboratorio debe verificar visualmente el estado de homogeneidad de la mezcla una vez concluido el mezclado de la hormigonera, que la mezcladora tenga efectuado el ensayo de uniformidad de mezclado (K.U.M.). Tener el libro de registro o expediente de cada equipo. Además de efectuar el ensayo de consistencia de la mezcla al concluir el mezclado (cono de Abrams o consisto metro VeBe). Esto debe realizarlo todos los días cada vez que realicen una amasada.

1.3.5. Carga de equipos de transporte (PC 16)

El técnico también debe tomarle la temperatura al cemento y si esta es mayor de 50°C debe tomarle la temperatura a la mezcla de la primera amasada, la cual debe tener una temperatura menor de 35°C, según lo establecido en el Reglamento de hormigón/2003. También debe en el caso de que el transporte se efectúa por el usuario o terceros se realizara la toma de muestra para los ensayos de resistencia mecánicas u otros en planta, según lo establecido en la NC-167:2002 y llevar el registro de control R2-PI01.

El jefe de producción debe garantizar la limpieza del embudo de carga de los camiones hormigoneras sin afectar la relación agua- cemento de la mezcla. Además de chequear

que la carga corresponda con el volumen máximo de carga o con volumen solicitado de hormigón en el equipo de transporte. El despachador de hormigón debe expedir el vale de entrega con los datos de la mezcla según tabla de dosificaciones y el certificado de concordancia o calidad, lo cual debe realizar cada vez que se llene un camión hormigonera.

1.3.6. Transporte desde la planta hasta la obra (PC 17)

El operador del camión hormigonera debe garantizar que el hormigón llegue a la obra en el tiempo requerido.

El jefe de control de la calidad debe verificar el tratamiento de las muestras a pié de obra para los ensayos de resistencia, mecánicos y otros. Proteger del sol y de secamiento excesivo, garantizar el transporte adecuado de las muestras al laboratorio a las 24 horas excepto de que se cuente con tanques de curado a pié de obra para los ensayos de resistencia, mecánicos y otros, según lo establecido en la NC-167:2002

El jefe de control de la calidad debe tener en existencia un plan de muestreo aleatorio del hormigón, el cual lo debe actualizar sistemáticamente en el registro de control llevar registro R10-PI01.

Capítulo 2 Equipos para la colocación del hormigón.

2.1. Equipo para la colocación, distribución, compactación y terminado superficial

2.1.1. Equipo de pavimentación con moldes

En los casos en los que sea necesaria la utilización de reglas o rodillos vibratorios, los moldes laterales serán metálicos de altura igual o superior al espesor de los bordes de la losa, rectos, libres de toda ondulación y en su coronamiento no se admitirá desviación alguna. El dispositivo de unión entre las secciones sucesivas o unidades será tal que impida todo movimiento o juego en tales puntos de unión. Queda estrictamente prohibido el uso de moldes de madera debido a que sus irregularidades influyen desfavorablemente en la planicidad del pavimento.

Los moldes tendrán una superficie de apoyo o base, una sección transversal y una resistencia, que les permita soportar sin deformaciones o asentamiento las presiones originadas por el hormigón al colocarse y el impacto y vibraciones de los pisones, reglas vibratoras y equipo mecánico de distribución y terminación que pudieran emplearse.

La longitud mínima de cada sección o unidad de los moldes usados en los alineamientos rectos será de 3 metros. En las curvas se emplearán moldes preparados de manera que respondan al radio de aquellas.

Los moldes contarán con un sistema de fijación que permita colocarlos y mantenerlos firmemente asegurados al terreno mediante estacas de acero, de manera que no sufran movimientos o asientos durante las operaciones de hormigonado. Antes de su empleo, el Contratista someterá a examen del Inversionista los moldes a utilizar, la que los aprobará siempre que se encuadren en lo que se prescribe en esta especificación. Los moldes torcidos, averiados, etc., serán retirados de la obra y no se permitirá su empleo hasta que no hayan sido reparados a satisfacción del Inversionista.

Es necesario verificar una serie de componentes de la pavimentadora antes de comenzar con las operaciones de pavimentación.

- El equipo de pavimentación que incluye los colectores tiene que estar a escuadra y nivelado. El marco de pavimentación tiene que colocarse paralelo a la línea de control. De no ser así, la máquina no estará centrada, aún cuando las orugas de la misma parezcan estar en línea.

- Siguiendo con el posicionamiento de la pavimentadora, el colector debe estar alineado. Se deben verificar los bordes y la línea central. El coronamiento, pendiente transversal del pavimento, cuando se requiera, tienen que estar ajustados en el colector y en todos los demás componentes del tren de la pavimentadora tal como el DBI (insertador automático de pasadores), terminadora, máquina texturadora, etc.

2.1.2. Equipo para la distribución y compactación

2.1.2.1 Equipos para la distribución

El hormigón depositado sobre la subrasante o sub-base será distribuido uniformemente mediante máquinas distribuidoras, que dejarán el material envasado a la altura requerida por el equipo de compactación. El depósito de distribución podrá formar parte, justamente con el de compactación, de la misma máquina.

La distribución podrá efectuarse manualmente, cuidando que durante dicha operación el material no se segregue por manipuleo inadecuado

2.1.2.2 Equipo vibrador

El Constructor dispondrá, para la densificación del hormigón de un equipo vibrador adecuado.

El dispositivo vibrador deberá estar constituido por una o más unidades de manera que la amplitud de vibración resulte sensiblemente uniforme en todo el ancho de la calzada o faja que se va a hormigonar entre moldes.

Cuando se utilicen más de una unidad vibradora, las mismas se ubicarán espaciadas entre sí, siendo su superación no mayor que el doble del radio del círculo dentro del cual la vibración de la unidad es visiblemente efectiva.

En los casos en que se utilice una única unidad vibradora de tipo externo, la misma será mantenida sobre la regla enrasadora de manera de transmitir a ésta, y por su intermedio al hormigón, el efecto de vibrado, en forma uniforme en toda la longitud de la regla.

La utilización de más de una unidad vibratoria se permitirá solamente en el caso de que las mismas actúen sincrónicamente.

Cualquiera sea el tipo de vibración utilizado, el hormigón resultante, deberá quedar perfectamente compactado, y no producirá segregación de los materiales componentes de aquél.

Cuando las reglas vibratoras no forman parte de la máquina distribuidora, la misma estará provista en sus extremos de ruedas y patines que permitan su suspensión entre los moldes laterales y su deslizamiento sobre ellos.

El sistema de deslizamiento de la regla vibradora sobre los moldes podrá ser de tipo manual o mecánico y permitirá su avance a una velocidad uniforme.

El sistema vibratorio deberá contar con un mecanismo que permita variar la amplitud y frecuencia de la vibración para obtener la máxima eficiencia posible del equipo.

2.1.2.3. Elementos manuales para la compactación

El Constructor dispondrá de por lo menos un vibrador portátil de inmersión para la compactación del hormigón de cordones y en aquellos sitios en que no sea factible el uso de la regla o de unidades vibratoras independientes. Todo otro elemento manual como reglas, planchas, pisones, etc., serán de tipo vibratorio.

No se admitirá el uso de pisones o calibres-pisones no vibratorios. Solo se usarán con excepción en superficies de difícil acceso o por tiempo limitado y siempre que medie expresa autorización de la Inspección.

2.1.3.- Equipo para la terminación superficial del pavimento

2.1.3.1. Reglas

El constructor deberá tener en obra:

- a) Una regla con dos mangos, de 3,50 m a 4,00 m de largo y de 15 cm de ancho para allanar longitudinalmente el hormigón.
- b) Dos reglas de 3 m de largo de material no deformable, para el contraste de la superficie del firme.

- c) Una regla metálica de exactitud comprobada para el contraste de todas las reglas usadas en obra. Tendrá un largo mínimo de 3 m y será de una rigidez tal que impida su deformación

2.1.3.2. Frotas

El Constructor dispondrá en obra no menos de dos frotas destinadas al froteado de la superficie del pavimento. Tendrán un mango largo articulado que permita su manejo desde los puentes de servicio o fuera del pavimento y la hoja tendrá un largo de al menos 1,50 m, por 15 cm de ancho.

Queda prohibido el uso de frotas de madera debido a que su uso ocasiona deformaciones al hormigón. Las frotas deben ser metálicas, de aluminio o magnesio.

2.1.3.3.- Cepillo texturizador

El Constructor dispondrá en obra de al menos un cepillo texturizador aprobado por el inversionista. El cepillo será metálico de aluminio o magnesio, con dientes acerados. No se permitirá el uso de cepillos de plástico, escobas u otros implementos no especializados para el texturizado de pavimentos de hormigón de carreteras.

2.1.3.4.- Herramientas para redondear bordes de juntas y del pavimento

El Constructor dispondrá de no menos de 2 (dos) herramientas destinadas a redondear bordes de las juntas y del pavimento. Las mismas llevarán un mango adecuado para su manejo y serán metálicas.

2.2. Equipo para la construcción y sellado de juntas

2.2.1. Construcción de juntas

2.2.1.1. Método tradicional

El Constructor proveerá los siguientes elementos destinados a la construcción de juntas:

- a) Protector metálico de borde superior de los rellenos premoldeados.

- b) Dispositivos especiales para retener en su posición los rellenos premoldeados durante su colección, que se retirarán una vez producido el hormigonado.
- c) Listones y planchuelas de perfil adecuado para realizar las ranuras de las juntas de contracción.

Estos listones tendrán un largo igual a la distancia entre dos juntas sucesivas o a la que media entre bordes y juntas longitudinales, serán indeformables y perfectamente rectos.

El equipo para efectuar el corte de las juntas de contracción, puede estar constituido por cuchillas especiales fijadas a la máquina terminadora que se utilice o cualquier otro dispositivo con o sin vibración, previamente aprobado por la Inversión.

2.2.1.2. Aserrado de juntas

Cuando las juntas se ejecuten mediante aserrados, deberá disponerse de los siguientes elementos:

- a) Dos máquinas aserradas como mínimo
- b) Tanques de agua remolcados o autopropulsados con la capacidad requerida para proveer el agua necesaria para la refrigeración de los discos de sierra.
- c) Discos de sierra en la cantidad requerida por el rendimiento diario de la pavimentación.

2.2.2. Equipo para el sellado de juntas

El Constructor deberá contar con los siguientes elementos para la ejecución del sellado de juntas:

- a) Una compresora para la limpieza de las juntas a la que se puede conectar una hidrolavadora y conexión para limpieza con chorro de arena
- b) Aplicaderos o herramientas apropiadas para la colocación tanto de la tira de respaldo (backer rod) así como del material de sello, según recomendaciones del fabricante.

c) Equipo para el calentamiento, preparación y colocación del material de sello líquido vertido en caliente para sello de juntas.

d) Los equipos necesarios para la colocación del material de silicona para sello de juntas, tales como bombas operadas con aire, deben ser capaces de alimentar continuamente el compuesto a presión y de llenar completamente el espacio de la junta, sin discontinuidades ni formación de vacíos o aire atrapado. Se deben considerar las recomendaciones del fabricante.

e) Equipos necesarios para la correcta colocación de los materiales de sello preformados, según recomendaciones del fabricante.

2.3. Equipo complementario

El equipo precedentemente descrito para la construcción del pavimento deberá ser mínimamente complementado con los siguientes elementos:

a) Rociador mecánico que asegure que el compuesto de curado quede uniformemente distribuido sobre toda la superficie y costados del pavimento.

b) Gálbo destinado a verificar el perfil de la subrasante, usado para pavimentación con regla, formado por una viga rígida deslizable sobre los moldes laterales provista de puntas o dientes metálicos separados no más de 15 cm y que permita su ajuste en profundidad.

c) Dos o más puentes de servicio destinados a la ejecución de tareas sobre el hormigón ya colocado.

d) Herramientas menores como palas, picos, azadones, chapas, baldes, canastos, mazas, cucharas, frotas, regaderas, etc. en cantidad y estado admisible, de acuerdo con los trabajos a realizar.

e) Rastra de arpillera (yute) en cantidad suficiente para el curado del hormigón de ejecución reciente y su defensa contra la acción de las lluvias que eventualmente pudieran producirse.

f) Cañerías y mangueras en cantidad suficiente y de tipo adecuado para la provisión de agua durante el curado.

g) Señales, faroles, barricadas, barreras, etc. para señalar las zonas de obra y de peligro, así como para clausurar tramos.

h) Una bomba de agua para la extracción de agua estancada proveniente de lluvias, inundaciones, afloramientos, etc.

i) Medios de transporte adecuados para el traslado de elementos, herramientas, personal obrero, materiales sobrantes y recuperados, tierra del levantamiento de curado, etc.

2.4. Máquina extractora de testigos

El Constructor proveerá una máquina extractora de testigos de hormigón, adecuadamente montada y permitirá extraer testigos cilíndricos rectos de diámetro igual a 15 cm, con 1 cm de tolerancia en más o en menos.

2.5. Equipo para el laboratorio y control de las obras

A los fines de facilitar a la Inversión el cumplimiento de su misión, el Constructor proveerá en la obra los siguientes elementos mínimos:

1) Un juego de tamices circulares de 20 cm (8") de diámetro, armazón de bronce, altura normal, de aberturas cuadradas, especificaciones ASTM E. 11-58T compuesto así:

Tamices 63 mm (2 ½"); 38 mm (1 ½"), 25 mm (1"); 19 mm (¾"); 13 mm (0,530"); 9,5 mm (3/8"); 4,8 mm (No 4); 2,4 mm (No 8"); 1,2 mm (No 16); 840 u (No 20); 590 u (No 30); 297 u (No 50); 149 u (No 100); y 74 u (No 200), más dos tapas y dos fondos para ellos.

2) Una estufa para secado de agregados capaz de mantener una temperatura de 100°C a 110°C.

3) Una balanza tipo Roverbal capacidad hasta 20 kg, sensibilidad 1 g y el juego de pesas respectivo.

4) Una balanza de 500 g de capacidad y 0,1 g de sensibilidad.

- 5) Dos troncos de cono de chapa galvanizada para el ensayo de asentamiento de cono de Abrams, con sus correspondientes varillas de acero de 0,60 m de longitud y 16 mm de diámetro.
- 6) Moldes cilíndricos para confeccionar probetas de hormigón de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura torneados interiormente y con base metálica torneada o cepillada. Moldes prismáticos para vigas que permitan vaciar prismas de sección 15 por 15 cm y de por lo menos 55 cm de longitud.
- 7) Dos bandejas de plancha de acero de 50 cm x 70 cm de base y 5 cm de alto y bordes inclinados a 45° con juntas soldadas y dos manijas en sus extremos.
- 8) Un termómetro escala centígrada.
- 9) Dos probetas graduadas de vidrio con base, capacidad medio litro, graduadas cada 5 mililitros.
- 10) Dos probetas graduadas de vidrio con base capacidad 1 litro, graduadas cada 10 mililitros.
- 11) Dos baldes de hierro galvanizado de aproximadamente 10 litros de capacidad cada uno.
- 12) Un calentador preferentemente a gas (de garrafa u otro tipo).
- 13) Un recipiente de 5 litros de capacidad para calentar líquido.
- 14) Una cinta métrica metálica de 25 m controlada y sellada.
- 15) Un metro de varilla controlado y sellado.
- 16) Un nivel de anteojo con su trípode y miras correspondientes.
- 17) Un nivel de albañil 50 cm de largo.
- 18) Cucharas e implementos menores de laboratorio.
- 19) Un frasco de solución de hidróxido de sodio al 3 % para el ensayo colorimétrico de Abrams - Harder.

El constructor dispondrá los elementos arriba citados en un recinto situado en el obrador, de dimensiones adecuadas para los fines prescritos, el que contará con la aprobación previa del Inversionista. Todos los elementos destinados a control y fiscalización de los trabajos estarán a disposición del Inversionista en el momento en que ésta los solicite y el Constructor procurará que los mismos se hallen en perfectas condiciones de uso debiendo reparar aquellos que tuvieran desperfectos o reemplazar los que se rompieran por uso o accidente.

2.6. Presencia del equipo en obra

El Constructor podrá presentar en obra los distintos elementos que constituyen su equipo a medida que los trabajos los vayan requiriendo.

La inversión determinará, a su juicio exclusivo, en cada oportunidad y formulará al Constructor los requerimientos del caso.

El Constructor está obligado a satisfacer esos requerimientos de la inversión y su negativa o simple desobediencia de las órdenes que imparta a la Inversión facultan a ésta para tomar las medidas que considere oportunas hasta la paralización de los trabajos, por el lapso de tiempo en que aquel demore en cumplimentar lo exigido.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo para la colocación del hormigón en obra

3.1.- Perfilado y preparación de la subrasante

Comprende todas las operaciones necesarias para obtener una superficie de apoyo de la estructura del pavimento (base granular drenante y losa) lisa, compacta y homogénea, que responda a los perfiles y cotas de los planos del proyecto.

Una vez replanteados los paseos se comenzará su formación y compactación, escarificando primero las áreas que han de ocupar en los extremos laterales de la explanación, colocando suelos seleccionados de acuerdo con el proyecto, hasta la altura y el ancho que se requieran. Después de compactados los paseos se cortará y retirará de los extremos laterales de la subrasante la parte sobrante de la capa de suelos compactados dejando el borde interior de cada paseo formado por un plano vertical de la altura del pavimento terminado, que sirva de contén al material que se empleará en la construcción del pavimento.

No se procederá según lo señalado anteriormente en los casos en que la base o pavimento que se ha de construir sea de hormigón hidráulico, donde la subrasante comprenderá un ancho adicional de 0,50 m a cada lado de los bordes interiores de los paseos, los cuales serán formados y compactados después que se haya terminado de construir la base ó pavimento.

Antes de comenzar los trabajos de preparación de la subrasante, se deberá estacar cada 20 metros entre sí, y en los puntos intermedios que sean necesarios, el eje y los bordes de la plataforma a pavimentar.

En todo lugar en que después de terminada la conformación de la subrasante ésta se ablande o forme irregularidades o demuestre no estar debidamente compactada, los materiales que forman la misma serán removidos y sustituidos con suelos seleccionados y apropiadamente compactados.

La subrasante deberá compactarse de manera que, en los 30 centímetros superiores, se alcance como mínimo la densidad especificada en el proyecto. El control de compactación se realizará en todo el ancho de la plataforma a nivel de subrasante en sectores de corte, y hasta 50 centímetros de los bordes exteriores de la plataforma a nivel de subrasante, en sectores de terraplén.

3.2.- Construcción de la base y sub-base

Las bases y sub-bases son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la sub-rasante (Infraestructura).

3.2.1 Sub-base

Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base en pavimentos flexibles o rígidos y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella.

3.2.1.1 Materiales

Los materiales para sub-base suelen ser materiales granulares, que pueden ser naturales o triturados. Su estabilidad en términos de valor soporte CBR (*California Bearing Ratio*) varían entre 20 y 100. Estos materiales se usan generalmente como capas de protección de la sub-rasante (capas anticongelantes) y/o proporcionan drenaje por encima de la sub-rasante.

Se podrá usar partículas limpias, con suelos tipo grava arenosa, arenas arcillosas o suelos similares, que cumplan los siguientes requisitos:

- Inorgánicos.
- Libres de materia vegetal.
- Libres de escombros.
- Libres de basuras.
- Libres de material congelado.
- Sin presencia de terrones.
- Sin presencia de trozos degradables.

Además se debe cumplir las siguientes características:

Tabla 3.1

Limite liquido (LL)	25 %	Máy.
Índice de plasticidad (IP)	6 %	Máy.
Poder de soporte (CBR)	40 %	Min.
Desgaste de los Ángeles	60 %	Máy.
Finos que pasa malla N ^o 200	15 %	Máy.

3.2.1.2. Confección

La confección de la sub-base deberá ejecutarse en plantas procesadoras fijas o móviles, que aseguren la obtención de material que cumpla con los requisitos establecidos.

El material deberá acopiarse en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales.

3.2.2. Base

Capa sobre sub-base o sub-rasante destinada a sustentar la estructura del pavimento. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

3.2.2.1. Materiales

Los materiales a utilizar en la base deberán estar libres de residuos orgánicos, suelo vegetal, arcillas u otro material perjudicial. Además debe cumplir los siguientes requisitos:

Tabla 3.2

Pavimento Hormigón	40 %	Máx.
Limite liquido (LL)	25 %	Máx.
Índice de Plasticidad (IP)	6 %	Máx.
Poder de soporte (CBR)		
Pavimento Asfalto	80 %	Min.
Pavimento Hormigón	60 %	Min.

3.2.2.2. Condición que debe tener la Sub-base antes de colocar la base

Con anterioridad a la construcción de la base, deberá limpiarse y retirarse toda sustancia extraña a la sub-base o sub-rasante previamente aceptada. Los baches o puntos blandos deformables que se presenten en su superficie o cualquier área que

tenga una compactación inadecuada o cualquier desviación de la superficie, deberán corregirse.

3.2.2.3. Construcción de la base

La construcción de la base deberá ajustarse a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto y cubriendo un ancho mayor al que la calzada de a lo menos 10 cm a ambos costados. Se depositarán y se esparcirán los materiales por cordones, en una capa uniforme sin segregación de tamaños, de manera que la capa tenga el espesor requerido al ser compactada.

La colocación del material de base granular sólo se iniciará una vez que se haya dado cumplimiento a los requerimientos establecidos para la subrasante. La capa de base granular no deberá extenderse sobre superficies que presenten capas blandas, barroas, heladas o con nieve.

Los procedimientos de confección y colocación del material de base deberán asegurar que al perfilarse y compactarse según lo especificado, la base granular se ajustará a los perfiles del proyecto.

La base granular debidamente preparada se extenderá sobre la plataforma del camino, incluyendo las áreas de bermas, mediante equipos distribuidores autopropulsados, (motoniveladora, esparcidor mecánico u otro método aprobado) debiendo quedar el material listo para ser compactado sin necesidad de mayor manipulación para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado. Alternativamente, el material podrá transportarse y depositarse sobre la plataforma del camino, formando pilas que den un volumen adecuado para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado. En este último caso, los materiales apilados deberán mezclarse por medios mecánicos hasta obtener la homogeneidad y humedad necesaria, tras lo cual se extenderán uniformemente. Durante el tendido, deberá cuidarse de evitar cortes en la capa subyacente. La operación deberá continuar hasta que el material haya alcanzado por lo menos un 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye del Proctor Modificado.

La base granular deberá construirse por capas, de espesor compactado no superior a 30 centímetros ni inferior a 15 centímetros. El material extendido deberá tener la granulometría especificada.

3.2.2.4. Compactación

Después que el agregado haya sido esparcido, se le deberá compactar por medio de rodillado y riego. La compactación deberá avanzar gradualmente desde los costados hacia el centro de la vía en construcción. El rodillado deberá continuar hasta lograr la densidad especificada y hasta que no sea visible el deslizamiento del material delante del compactador.

La distribución y el rodillado continuaran alternadamente tal como se requiere para lograr una base lisa, pareja y uniformemente compactada. No se deberá compactar cuando la capa subyacente se encuentre blanda o dúctil, o cuando la compactación cause ondulaciones en la capa de la base.

Durante su construcción, se deberán tomar todas las precauciones para que la base granular no esté sometida al tránsito tanto de construcción como usuario de la ruta.

El área de compactación de la base debe contemplar un sobreaño de al menos 1.0 m a cada lado del pavimento de hormigón, para proporcionar un apoyo firme al equipo de pavimentación. En caso de que la sección transversal esté confinada con cunetas a ambos lados del pavimento, la base deberá extenderse hasta las mismas. De lo contrario, corresponderá al proyectista fijar el ancho mínimo de la base drenante, el mismo que en ningún caso será menor a 1.00 m.

El Constructor no podrá iniciar el hormigonado si la subrasante o la base granular no ha sido aprobada previamente por el inversionista, el que habrá constatado el cumplimiento por parte del Constructor de todas las exigencias especificadas (especialmente cotas de proyecto), así como la densidad y humedad requeridas en la base inmediatamente antes de ser cubierta por el pavimento.

3.3.- Colocación de moldes para pavimentación con regla o rodillo vibratorio

3.3.1.- Alineación y niveles de los moldes

El Constructor colocará los moldes para la ejecución de la calzada sobre la subrasante firme y compactada, conforme con los alineamientos, niveles y pendientes indicados en el pavimento.

3.3.2.- Firmeza y enclavamiento de los moldes

Los moldes se apoyarán perfectamente en sus bases, serán unidos entre si de manera rígida y efectiva y su fijación al terreno se realizará mediante clavos o estacas que impidan toda movilidad de los mismos.

Se permitirá, a los efectos de ajustarlos a los niveles y pendientes que correspondan, la ejecución de rellenos de tierra u otro material bajo sus bases, los que deberán realizarse dándoles la firmeza necesaria para evitar asentamientos.

Las juntas o uniones de los moldes se controlarán y no se admitirán resaltos o variaciones superiores a 2 mm tanto en el alineamiento como en la pendiente.

En las curvas el Constructor procurará asegurar al máximo la firmeza de los moldes, así como su ajuste al radio correspondiente a las mismas.

3.3.3.- Longitud de moldes colocados

No se permitirá la iniciación de los trabajos de hormigonado si el Constructor no tiene colocados todos los moldes correspondientes a la longitud de 100 m en caminos y de una cuadra en calles.

El Constructor deberá tener en obra la cantidad de moldes necesarios que permitan la permanencia de los colocados, por lo menos 24 horas después del hormigonado.

3.3.4.- Limpieza y aceitado de los moldes

Los moldes deberán estar bien limpios y una vez colocados y antes de hormigonar, serán perfectamente aceitados para facilitar su desmolde.

3.3.5.- Aprobación del Inversionista

El Constructor no hormigonará hasta tanto el inversionista no haya revisado y aprobado la colocación de moldes y comprobado el espesor del pavimento pasando un gálibo que asegure esta dimensión. Esta tarea se realizará a fin de determinar posibles defectos en la base.

En los casos en que resultare un mayor espesor de hormigón por existir depresiones o zonas bajas en la base, no se permitirá el relleno de las mismas con suelos sueltos o en capas delgadas. Podrá rellenarse con material aprobado para la capa de base (o en

su caso por una capa de arena) que debe compactarse adecuadamente, utilizando al menos una vibrocompactadora de plancha.

Por el contrario, en casos en que resultare un menor espesor de hormigón por zonas altas en la base, se deberá eliminar el material sobrante de manera manual o mecánica y recompactar la zona afectada.

3.4.- Construcción de las losas

3.4.1.- Colocación del hormigón

Sobre la base granular especificada en 3.2, se colocará el hormigón inmediatamente elaborado en la obra o recién llegado de la planta en camiones hormigoneras, en descargas sucesivas distribuyéndolo en todo el ancho de la calzada o faja a hormigonar y con un espesor tal que al compactarlo resulte el indicado para el firme en los planos del proyecto.

El hormigón no presentará segregación de sus materiales componentes, y si la hubiera se procederá a su remezclado a pala hasta hacerla desaparecer. Cuando el hormigón sea elaborado fuera de la obra, durante su descarga será debidamente guiado para evitar su segregación y facilitar su distribución uniforme sobre la subrasante.

El hormigón se colocará de manera que requiera el mínimo de manipulación y su colocación se llevará a cabo avanzando en la dirección del eje de la calzada y en una única capa. El hormigón se colocará firmemente contra los moldes, de manera de lograr un contacto total con los mismos, compactándolo adecuadamente, mediante el vibrado portátil de inmersión.

No se permitirá el uso de rastrillos en la distribución del hormigón y la adición del material, en los sitios en que hiciera falta, solo se hará mediante el uso de palas.

El hormigón deberá presentar la consistencia requerida de acuerdo con el tipo de compactación, quedando absolutamente prohibida la adición de agua al mismo.

Toda mezcla que presente signos evidentes de fragüe será desechada y no se permitirá su ablandamiento mediante la adición de agua y cemento.

El hormigón deberá estar libre de sustancias extrañas, especialmente de suelo. A este fin, los operarios que intervengan en el manipuleo del hormigón y sus operaciones

posteriores, llevarán calzado adecuado que permanecerá limpio, libre de tierra u otras sustancias y que pueda ser limpiado en los casos que arrastren tales elementos.

La distribución del hormigón la realizará el Constructor, coordinándola con las restantes tareas relativas a la construcción del firme, de manera que todas ellas se sucedan dentro de los tiempos admisibles y produzcan un avance continuo y regular de todo el conjunto.

Deberá tomarse previsiones en el proyecto en caso de que sea necesaria la construcción de sobreelevos en curvas. Cuando el trabajo de colocado del hormigón se lo realice con pavimentadora deslizante que no pueda ejecutar este trabajo, deberá dejarse barras de amarre para un posterior vaciado del sobreelevado especificado en proyecto, con la utilización de moldes.

3.4.2.- Distribución, enrasado y consolidación

Inmediatamente después de colocado el hormigón será distribuido, enrasado, y consolidado. Para ello se emplearán los métodos mecánicos especificados.

3.4.2.1.- Método mecánico con vibración

La distribución, enrasado y consolidación, se ejecutarán en forma tal que una vez realizadas estas operaciones y las de terminación, la superficie del pavimento presente la forma y niveles indicados en los planos y quede libre de zonas localizadas con depresiones o promontorios.

El equipo de vibración -regla o rodillos vibratorios- para la distribución, enrasado y consolidación del hormigón, deberá pasar sobre el material colocado tantas veces como sea necesario para compactarlo y borrar las imperfecciones que aparecieran. Idealmente, con una pasada el hormigón debe quedar bien vibrado y con una superficie de textura uniforme, sin embargo, si existen imperfecciones, para asegurar la compactación y terminación requerida se podrá realizar una nueva pasada a mayor velocidad corrigiendo los defectos en el hormigón fresco. Delante de la regla y para facilitar la operación de la misma, se usarán dos vibradores de inmersión, los cuales precompactarán el hormigón en todo el ancho de la losa, con especial cuidado en los bordes cerca de los moldes.

Durante la operación de distribución y enrase del hormigón, permanentemente se mantendrá, enfrente del equipo vibratorio y en toda su longitud, una capa de hormigón

que supere las dimensiones del equipo y garantice que no aparezcan depresiones en la superficie. Cualquiera fuere el equipo vibrador utilizado, el hormigón resultante, debe quedar perfectamente compactado, sin segregación de sus componentes.

El uso reiterado del equipo vibrador quedará supeditado a la obtención de resultados satisfactorios bajo las condiciones de trabajo en obra. Si el equipo demuestra afectar en forma desfavorable a la obra realizada, el equipo deberá ser cambiado por otro adecuado.

3.4.2.2. Método manual

En los casos previstos en estas especificaciones en que se permitirá la compactación a mano, el hormigón, una vez enrasado en forma aproximada, será apisonado con una regla-pisón, a un nivel tal, que una vez terminada la losa, la superficie presenta la forma y niveles indicados en los planos. La regla-pisón, avanzará, combinando movimientos longitudinales y transversales, de manera que cubra toda la superficie de la losa, apoyado siempre sobre los moldes.

3.4.3.- Pavimentadora deslizante

Es ideal para este tipo de proyectos el uso de maquinaria de alto rendimiento, es decir la pavimentadora deslizante. Dentro de las operaciones de pavimentación, se dará especial atención a los siguientes aspectos:

3.4.3.1.- Correcciones a la subrasante y/o base granular

Se prestará especial atención a la compactación de la zona en la cual se apoyarán las orugas de la pavimentadora para evitar problemas en su funcionamiento y los niveles del pavimento.

En caso de que la subrasante y/o base granular presente defectos o no se encuentre uniforme, el Constructor procederá a realizar las correcciones que ordene el proyectista.

La subrasante y/o base granular, incluyendo el sobrecancho necesario para la operación de la pavimentadora, deberán ser paralelo a la pendiente transversal del pavimento.

3.4.3.2.- Colocado de la cuerda guía

Posteriormente, el Constructor colocará la cuerda guía, la misma que servirá de referencia para la pavimentadora. Típicamente, la cuerda guía se coloca mediante el uso de una estación total, o al menos con el uso de un teodolito con distanciómetro. Cada varilla hincada para sostener la cuerda guía debe tener información del centro de la línea, información de la curva, distancia desde el borde de la losa. El registro de los datos es esencial. Los técnicos revisarán cuidadosamente la colocación de la cuerda guía, en presencia del equipo de topografía y el personal de pavimentación para evitar cualquier confusión al respecto.

El equipo de topografía calculará la elevación de los dos bordes de la losa a partir de los perfiles del proyecto y secciones transversales, trazará una línea imaginaria prolongando la sección transversal del pavimento a fin de determinar en cada sección la elevación de la cuerda guía de manera que la pavimentadora pueda repetir exactamente la sección deseada en cuanto a su bombeo, peralte, etc. Las secciones de transición se realizarán normalmente manteniendo fijo el eje de la carretera.

La cuerda guía puede ser un cable, cordón, hilo de nylon, cuerda de polietileno u otro material similar. Los soportes de la cuerda guía se colocarán típicamente en coincidencia con las juntas transversales a fin de servir de referencia adicional para la colocación de barras pasajuntas y corte de las juntas, a menos que existan curvas horizontales o verticales.

Dependiendo del equipo pavimentador, se puede utilizar una o dos cuerdas guía.

El tesado de la cuerda guía se realiza a mano mediante guinches manuales separados a no más de 300 m. Se tendrá especial cuidado con el tesado de la cuerda guía. El personal a cargo debe usar guantes previniendo cualquier accidente resultante de la rotura de la cuerda guía. Una vez colocada y tesada la cuerda, el equipo de topografía deberá revisar nuevamente toda la longitud. No se permitirá el ajuste de la cuerda a mano y sin la revisión del equipo de topografía. La temperatura y humedad relativa pueden influir en la longitud de la cuerda. Periódicamente puede ser necesario ajustar los guinches manuales.

No se permitirá el anudado de las cuerdas que sufran roturas, estas deberán necesariamente ser reemplazadas. La plataforma debe tener un sobrecancho que permita el tránsito de la máquina. Una de las claves para lograr un pavimento plano es la adecuada compactación de la zona por la cual transitará la pavimentadora, los hundimientos por falta de compactación se reflejarán en el pavimento afectando negativamente la lisura superficial y el perfil.

3.4.3.3.- Colocación con pavimentadora

Varios componentes de la pavimentadora deben ser revisados antes del inicio de los trabajos. El equipo de pavimentación debe estar a escuadra, de manera que el marco pavimentador se sitúe paralelo a la línea de control, aspecto que requiere de una revisión más minuciosa en máquinas de cuatro orugas.

Posteriormente se revisará que los encofrados laterales y la plancha inferior proporcionen los espesores requeridos.

La vibración apropiada produce una masa de hormigón bien consolidada, y deja una superficie de apariencia uniforme detrás de la pavimentadora, un exceso de vibración podría segregar la mezcla, mientras que vibración insuficiente deja aire atrapado y reduce la resistencia del hormigón. La posición de los vibradores de inmersión se ajustará a las recomendaciones del fabricante, se deberán realizar pruebas de vibración antes del inicio de las operaciones de pavimentación. Si los vibradores producen problemas como segregación de agregados y otros, se debe corregir el diseño de la mezcla.

Se revisarán periódicamente los vibradores para evidencia de escapes de aceite, el contratista deberá contar con al menos un vibrador de repuesto en todo momento.

El sistema de sensores debe ser constantemente revisado. Los sensores se deben instalar y operar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. El sensor debe colocarse lo más horizontalmente posible y para cada cuerda guía, estar colocado a la misma distancia en sus dos posiciones (adelante y atrás).

El equipo de pavimentación debe estar en constante comunicación por radio con la planta de producción de hormigón, a fin de realizar las correcciones en la mezcla sin pérdida de tiempo. Las operaciones de pavimentación se inician con la producción de dos mezclas, para las cuales se verifica el asentamiento y el aire incluido en la planta. La aceptación o rechazo de la mezcla se realiza en este punto, una vez aceptada la producción de hormigón, se inicia el transporte del mismo a la zona de pavimentación.

Una vez que las mezclas llegan a la cabecera de pavimentación, se debe considerar la trabajabilidad del hormigón en la zona de pavimentación, solicitar ajustes en la producción de hormigón y revisar la condición de la superficie del pavimento detrás de la pavimentadora. Es vital la uniformidad tanto en la producción así como en el colocado del hormigón. La velocidad de la pavimentadora debe ajustarse a la producción y transporte de hormigón, típicamente.

3.4.4.- Control de perfilado y espesores

El ejecutor controlará, a medida que adelanten los trabajos, el cumplimiento de los perfiles y espesores de proyecto. No se admitirán en este control espesores menores que los especificados, para lo cual el ejecutor procederá a los ajustes respectivos repasando la base granular drenante y eliminando los excedentes de material en aquellas zonas en que provoquen una disminución del espesor del firme.

Si se usan moldes, el constructor verificará que no se hayan producido asentamientos y en caso de que ello haya ocurrido, procederá a la reparación inmediata de esa situación.

3.4.5.- Terminación y control de la superficie del pavimento

Una vez consolidado el hormigón, el Contratista procederá a la terminación del mismo, dando a la superficie del firme, características de lisura y textura tales que al mismo tiempo que faciliten el rodamiento la hagan antideslizante, y ajustada, en todos los casos, a los perfiles del proyecto, que correspondan en cada progresiva del firme.

3.4.5.1.- Alisado

Tan pronto se termine el enrasado precedentemente indicado, se efectuará el alisado longitudinal. La superficie total de la losa será suavemente alisada con regla metálica y frotas metálicas. Mientras el hormigón esté todavía plástico, en forma paralela al eje longitudinal del afirmado, se pasará una regla fratás metálica, haciéndola casi "flotar" sobre la superficie y dándole un movimiento de vaivén, al propio tiempo que se la traslada transversalmente. Los sucesivos avances longitudinales de esta regla se efectuarán en una longitud máxima igual a la mitad del largo de aquella.

Todo exceso de agua o materias extrañas que aparecen en la superficie durante el trabajo de alisado, no se reintegrarán al hormigón, sino que se retirarán, empleando la regla y arrastrándolas hacia los costados y fuera de la superficie de la losa.

3.4.5.2.- Comprobación inicial de la lisura superficial en el hormigón fresco

Apenas se termine la operación descrita en 3.4.5.1, se procederá a confrontar la lisura superficial del pavimento. Se utilizará la regla especificada en 2.1.3.1, debidamente controlada con la regla-patrón. La regla se colocará en diversas posiciones paralelas al eje longitudinal del pavimento. Cualquier irregularidad superficial será corregida de

inmediato y la confrontación se continuará hasta que desaparezcan todas las irregularidades.

En esta operación no se permitirá agregar mortero para conseguir la lisura. Una vez terminada la superficie, con una regla de 3,0 m se procederá a medir la regularidad, no permitiéndose depresiones o abultamientos mayores de 3,0 mm. Los puntos altos que incumplan esta tolerancia serán eliminados mediante métodos abrasivos, una vez eliminados se volverá a pasar la regla, para comprobar las irregularidades.

3.4.5.3.- Terminación final con cepillo y rastrillo

Para la terminación mediante una microtextura longitudinal, se usará, una rastra de arpillera (yute), que consiste en el arrastre de una faja de ese material humedecida, sobre todo el ancho de la calzada para dar a la superficie una textura longitudinal arenosa. El ancho total de la arpillera será 0,60 m mayor que el ancho del pavimento y su longitud se establecerá durante la ejecución del trabajo, con el fin de lograr los resultados deseados. Se controlará constantemente la humedad de la arpillera.

Después de la operación anterior, se efectuará manual o mecánicamente un terminado con el empleo de un cepillo con púas de plástico, alambre o cualquier otro material que se apruebe. Las estrías que este cepillo produzca serán sensiblemente paralelas o perpendiculares al eje de la vía, según se trate de una textura longitudinal o transversal. El texturizado se realizará en cuando desaparezca el agua superficial (agua de sangrado) del pavimento.

Cuando la textura superficial se obtenga por ranurado será transversal a la vía. Las ranuras serán paralelas entre sí y con una profundidad y anchura entre 5 mm y 7 mm. La distancia entre sus ejes será variable y comprendida entre 10 mm y 35 mm. La profundidad de la textura se comprobará mediante el método del círculo de arena.

3.4.5.4.- Comprobación final de la lisura superficial

La lisura superficial del pavimento se controlará con la regla de 3 (tres) metros de longitud especificada en 2.1.3.1. tan pronto el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que se pueda caminar sobre él.

Para efectuar esta confrontación, el Contratista hará limpiar perfectamente la superficie del pavimento. La regla se colocará sobre líneas paralelas al eje de la calzada, de acuerdo con las indicaciones de la Supervisión. No se admitirán depresiones o resaltos superiores a 5 (cinco) mm.

3.5.- Construcción de juntas

3.5.1.- Generalidades

Las juntas a construir serán del tipo y dimensiones indicadas en los planos y demás documentos del proyecto. La junta longitudinal se construirá sobre el eje del pavimento, las juntas transversales formarán ángulos rectos con dicho eje.

Las juntas terminadas y controladas en la superficie del pavimento, deben ser rectas no admitiéndose desviaciones mayores de 3 mm, en 3 m de longitud.

La ubicación de las juntas será la que se indica en los planos, o bien la que surja de aplicar los criterios y especificaciones de este pliego a las superficies especiales que se pavimenten.

3.5.2.- Juntas transversales de expansión en contacto con estructuras fijas

Las juntas transversales de dilatación o expansión se construirán solamente en contacto con estructuras fijas (puentes y alcantarillas), según se indique en los planos de proyecto.

El material de relleno para las juntas transversales de expansión será relleno premoldeado o moldeado especificado en 1.1.6.1. Se colocará en su lugar antes de hormigonar y se lo mantendrá perpendicular a la superficie del pavimento y rígidamente fijo en su posición, mediante dispositivos adecuados que se retirarán una vez realizado el hormigonado.

El borde superior del relleno se protegerá mediante un elemento adecuado para ello, que se retirará una vez concluido de compactar el hormigón. Si la colocación de pasadores es difícil por estar construido el elemento, se preparará la base de manera que se tenga un sobre-espesor de al menos 3 cm en contacto con el puente o alcantarilla, dimensión que se repartirá al menos en los últimos 30 cm del borde de la losa.

3.5.3.- Juntas transversales de contracción

Las juntas de contracción del tipo denominado de plano de debilitamiento, se construirán distanciadas entre sí, de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto, estarán constituidas por una ranura aserrada en el hormigón, de una profundidad de un tercio del espesor de la losa.

En cuanto el hormigón pueda soportar la cuchilla de la cortadora sin desportilladuras, se ejecutará el aserrado, inicialmente se cortarán las juntas cada dos losas y posteriormente se cortarán las intermedias. El tiempo estimado para realizar el corte varía de acuerdo con el clima y el tipo de hormigón usado, generalmente el período de corte estará entre las 4 y las 8 horas posteriores al hormigonado.

Primeramente se realiza un corte inicial cuando el hormigón tiene un cierto grado de endurecimiento y las contracciones son inferiores a aquellas que causan el agrietamiento, este corte inicial proporciona un plano de debilidad donde se iniciará el agrietamiento. El corte deberá ser de al menos un tercio del espesor de la losa ($D/3$) y tener un ancho mínimo de $1/8$ de pulgada (3mm). Elegir bien el momento para entrar a realizar este corte es crítico, ya que un corte temprano ó prematuro provoca desportillamientos y desmoronamientos a lo largo de la cara de la junta, mientras que un corte tardío provoca agrietamientos en otras partes de la losa.

Para la correcta construcción de la junta con cordón de respaldo (backer rod), se deberá realizar una ampliación de la caja del sellador en la profundidad y ancho especificados en los planos. La tira de respaldo deberá ser apropiada para el tipo de sellador especificado (en frío o caliente).

El tiempo para el aserrado de las juntas, el modo de ejecutarlo, el tipo y número de las sierras, así como otros requisitos, deberán ser previamente aprobados por la Supervisión, a solicitud del Contratista, sin embargo bajo ningún punto de vista se aceptará que el Contratista tenga menos de dos equipos en perfecto estado de funcionamiento, para prevenir la posibilidad de que un equipo falle y se produzca una fisuración sin control.

Las condiciones ambientales como lo son la temperatura ambiente, el cambio ó gradiente de temperatura, el viento, la humedad y la luz del sol directa tienen una gran influencia en el desarrollo de la resistencia del concreto y por lo tanto en el tiempo óptimo para realizar el corte. Además el diseño de la mezcla de hormigón también influye, por ejemplo mezclas con agregados suaves requieren menos desarrollo de resistencia para realizar el corte que los agregados más duros.

3.5.4.- Juntas transversales de construcción

Estas juntas solo se construirán cuando el trabajo se interrumpa por más de treinta minutos y al terminar cada jornada de trabajo y siempre que la distancia que la separe de cualquier otra junta transversal no sea inferior a 3 m.

No se permitirá la construcción de losas de largo inferior a 3 m. Se tratará en lo posible de evitar la ejecución de juntas de construcción dentro de la longitud establecida en los planos para cada losa. Los bordes de estas juntas serán redondeados con una herramienta especial para tal fin.

Las juntas de fin de día se programarán de manera que coincidan con la ubicación de una junta transversal, en esta junta se deberán dejar las espigas correspondientes a las canastillas del acero de las juntas transversales perfectamente niveladas. No se permitirá el uso de manguitos de PVC.

Para este último tramo se recomienda el uso de una regla vibratoria, vibradores de inmersión y equipo manual, el remate se realizará contra un encofrado de madera o metálico que permita que la mitad de las barras pasajuntas queden libres a manera de "espigas".

El método más común de construir una junta transversal de construcción es terminando los trabajos de pavimentación en una cimbra cabecera. Sin embargo como la colocación de esta cimbra requerirá de mano de obra, esto puede provocar que en esa zona la superficie del pavimento quede un poco más áspera, por lo que se recomienda un cuidado especial a los trabajos de terminado en esta zona para asegurarnos de tener una superficie suave.

Los Pasajuntas se colocan a través de la cimbra en unos agujeros previamente perforados en la cimbra y se recomienda dar una consolidación adicional al concreto para asegurar un satisfactorio encajonamiento de las pasajuntas. Antes de reanudar los trabajos de pavimentación se deberá quitar la cimbra cabecera. Las juntas transversales de construcción que caigan en donde originalmente se planeó construir una junta de contracción ó de aislamiento se deberán sellar de acuerdo a las especificaciones de la junta originalmente planeada, con la excepción de que las juntas transversales de construcción no requieren de un corte inicial. Para junta de construcción de emergencia (endientada y amarrada) se realiza y se sella un corte de 1" (25mm).

3.5.5.- Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales podrán ser de dos tipos diferentes, coincidirá con el eje del pavimento y se ajustará a las siguientes especificaciones.

a) Junta aserrada: En caso de pavimentar en ancho completo, se ejecutará de manera similar a la junta transversal de contracción, mediante aserrado del hormigón, esta junta tendrá la forma y dimensiones que indiquen los planos.

b) Junta de construcción: En caso de que el vaciado de hormigón se realice carril por carril, la junta longitudinal de construcción deberá ser plana (sin machihembrado). Este acabado puede obtenerse tanto en pavimentación con moldes fijos o mediante el empleo de la pavimentadora deslizante.

En el caso de pavimentación con moldes fijos, se debe prever las perforaciones necesarias para el paso de las barras de amarre. En el caso de pavimentadora deslizante, se podrá insertar las barras en forma lateral.

Las juntas longitudinales de construcción como ya se mencionó anteriormente son las empleadas en el medio de los carriles ó franjas de construcción y generalmente son juntas endientadas. Una junta endientada se forma en el borde de la losa ya sea por una protuberancia con una pavimentadora de cimbra deslizante ó uniéndole a la cimbra una cuña ó diente de metal ó madera de la forma, dimensiones y profundidad adecuada. Las formas más comunes del endientado son en forma de un medio círculo y en forma trapezoidal con las dimensiones mostradas.

Las juntas longitudinales de contracción cortando con disco en el hormigón endurecido ó formando una ranura en el concreto fresco, de una manera muy similar al caso de las juntas transversales de contracción, sin embargo la profundidad del corte ó de la ranura deberá ser de un tercio del espesor ($D/3$) y el tiempo ó el momento para hacer el corte inicial no es tan crítico como en el caso de las juntas transversales de contracción ya que el movimiento de contracción longitudinal no es tan grande como la contracción transversal.

El corte de las juntas longitudinales deberá realizarse antes de 48 horas y antes de que cualquier equipo pesado ó vehículo circule sobre el pavimento. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, como una fuerte caída en la temperatura ambiente durante la primera ó segunda noche, se pueden presentar agrietamientos longitudinales más

temprano, por lo que es una buena práctica el realizar el corte tan pronto como sea pueda hacer.

3.5.6.- Terminación de las juntas

Antes de su sellado, de acuerdo a los materiales de sello especificados en el diseño del pavimento, el Constructor procederá a un repaso general de todas las juntas rectificando aquellas deficiencias que por su naturaleza impidan un correcto funcionamiento de las mismas y realizará una limpieza exhaustiva con compresora. No se permitirán partículas de tierra o restos de hormigón en el interior de las mismas.

3.6.- Pasadores, su colocación

Los pasadores se dispondrán de manera que queden paralelos entre sí y perpendiculares al eje de la calzada.

Previa a la colocación del hormigón, la longitud total del pasador será recubierta con una capa de pintura anticorrosiva del tipo epóxica y posteriormente engrasada con una película delgada de modo tal que se impida la adherencia entre el hormigón y el acero para permitir el libre movimiento de las losas contiguas, en los casos de dilatación o contracción.

El pintado y engrasado de los pasadores, precedentemente exigido, será especialmente cuidado por el Constructor, que utilizará para ello material de características adecuadas capaz de formar alrededor de la barra de acero una película consistente y de una resistencia suficiente que impida su eliminación por compactación del hormigón fresco.

En la colocación de los pasadores, el Constructor dispondrá de canastillas o armaduras subsidiarias que permitan afirmarlos cuidadosamente, e impedir que la posición en que se exige sean colocados, sufra la menor variación durante el moldeo, compactación y vibrado del hormigón de las losas.

Se recomienda la fijación mediante broches de plancha de acero o aluminio, los mismos que se pueden fijar al piso mediante clavos fijados por disparo (Hilti, Ramset o similar) o mediante hincado manual de clavos.

En el caso de las juntas de dilatación previstas, se colocará el manguito correspondiente para la expansión de las barras.

3.7.- Barras de amarre y pasajuntas

Las barras de amarre se deben utilizar en las juntas longitudinales para amarrar o ligar dos losas contiguas, con la finalidad de que se mantengan juntas y de que se asegure una buena transferencia de carga.

Los pasajuntas son barras de acero liso y redondo colocadas transversalmente a las juntas para transferir las cargas del tráfico sin restringir los movimientos horizontales de las juntas. Además mantienen a las losas alineadas horizontal y verticalmente. Dado que las pasajuntas llegan de un lado a otro de la junta, las aperturas diarias y de temporadas no afectan la transferencia de carga a lo largo de las juntas con pasajuntas como si lo hace en el caso de las juntas que no cuentan con pasajuntas. Las pasajuntas reducen las deflexiones y los esfuerzos en las losas de hormigón, así como el potencial de diferencias de elevación en las juntas, bombeo (expulsión de finos a través de las juntas) y rupturas en las esquinas.

3.7.1. Colocación

Las barras de amarre, se colocarán distanciadas entre sí de acuerdo con lo que indique el proyecto, en el medio del espesor de las losas y estarán empotradas la mitad de su longitud, en cada una de las losas adyacentes. Se colocarán en perforaciones dispuestas en los moldes o se hincarán automáticamente con el uso de la pavimentadora deslizante.

Los casquillos de metal para los pasajuntas cubrirán los extremos de estas en una longitud no menor de 5 cm ni mayor de 7.5 cm; el otro extremo del casquillo estará cerrado. Las barras pasajuntas deben ser recubiertas con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto. Los espesores recomendados de la película de lubricante son del orden de 0.013 cm ya que con este espesor el concreto puede acomodarse alrededor de manera adecuada. El contratista deberá lubricar todos los pasajuntas. Las barras pasajuntas podrán ser instaladas por medios mecánicos o por medio de canastas metálicas de sujeción las cuales deben asegurar las pasajuntas en las posición correcta de proyecto. En la colocación de pasajuntas se debe garantizar su alineamiento vertical y horizontal a fin de evitar restricciones en los movimientos de las losas en sus extremos. Las pasajuntas deben colocarse paralelas a la superficie de apoyo y en planta deben

también ser paralelas al eje del camino. Deben estar libres de irregularidades, de tal manera que las losas puedan moverse libremente. El concreto alrededor del acero deberá compactarse correctamente evitando la presencia de bolsas de aire o segregaciones.

3.8.- Relleno y sellado de las juntas

3.8.1.- Ejecución del relleno y sellado

El Constructor realizará el relleno y sellado de las juntas en cuanto el estado del hormigón lo permita, para obtener un perfecto vaciado del material asfáltico.

No se permitirá el relleno y sellado de las juntas en los casos en que las mismas no se hallen limpias, secas, libres de restos de material y de toda otra obstrucción, cualquiera sea su naturaleza. Se utilizará una compresora para la correcta limpieza de la perforación antes de proceder al relleno de la junta.

Para la correcta utilización de la tira de respaldo o backer rod, se deberá ampliar la caja de sellador de acuerdo con las dimensiones especificadas en los planos, se colocará la tira de respaldo y posteriormente se verterá el sellador, de manera que quede remetido dentro de la junta, para lo cual se puede utilizar la propia tira de respaldo o una varilla de acero liso de 12 mm.

En ningún caso se aceptarán protuberancias en el material de sello, las que siendo arrastradas por los vehículos ocasionan manchas en el pavimento. La temperatura mínima para el colocado del sellante debe ser de 10° C. Previo a la ejecución de estos trabajos, el Constructor recabará la conformidad del proyectista acerca de las condiciones particulares y terminación de las juntas.

El objetivo del sellado de juntas es minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles al interior de la junta del pavimento y por ende al interior del pavimento y de su estructura. Otra de las características que deben satisfacer las juntas selladas es la capacidad de resistir las repeticiones de contracción y expansión, al contraer y expandirse el pavimento debido a los cambios de temperatura y humedad.

El problema que puede presentarse con la infiltración de agua al interior del pavimento es el efecto conocido como “bombeo”. El bombeo es la expulsión de material por agua a través de las juntas. Mientras el agua es expulsada, se lleva partículas de grava, arena, arcilla, etc, resultando una progresiva pérdida de apoyo del pavimento.

Los materiales contaminantes incompresibles causan presiones de apoyo puntuales, que pueden llevar a desportillamientos y desprendimientos. Además al no permitir la

expansión de las losas de concreto se pueden presentar levantamientos de las losas de concreto en la zona de la junta.

3.8.2. Limpieza Previa

Previo al sellado, la abertura de la junta deberá ser limpiada a fondo de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente la adherencia del sellante al concreto. Una limpieza pobre reduce la adherencia del sellador a la interfase con la junta, lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Por lo tanto la correcta limpieza es esencial para obtener una superficie de junta que no perjudicará el lazo ó adhesión con el sellador.

La limpieza se puede hacer con sand-blast, agua, aire a presión, cepillado de alambre ó de varias otras maneras, esto dependiendo de las condiciones de la junta y las recomendaciones del fabricante del sellador.

3.8.3.- Tipos de selladores

Según el punto 1.1.6.1., existen dos tipos de selladores, los líquidos, que pueden ser colocados en frío o en caliente. Están también los selladores a compresión.

3.8.3.1. Selladores líquidos de colocación en caliente

En el caso de mezclas bituminosas en caliente, el agregado tendrá una temperatura comprendida entre 160° y 200°C en el momento de ser mezclado con el asfalto, el que también se habrá calentado previamente para fluidificarlo suficientemente, a temperatura que en ningún caso excederá de 200°C. La mezcla será homogénea y tendrá en el momento de verterla en las juntas, una temperatura mínima de 165°C. No obstante lo anterior, se deberán cumplir con las especificaciones detalladas en 1.1.6.

3.8.3.2- Selladores líquidos de colocación en frío

En caso de que se especifique el uso de selladores de colocación en frío, del tipo silicona, o asfálticos especiales para sello de juntas, se utilizará el aplicador especial y especificaciones del fabricante. Para este tipo de selladores se debe utilizar la tira de respaldo de espuma de poliuretano para aplicación en frío. No obstante lo anterior, se deberán cumplir con las especificaciones detalladas en 1.1.6.

3.8.3.3. Selladores a compresión

El diseño del depósito y la selección del sello a compresión deberán asegurar que el sello se mantenga siempre a un nivel de compresión entre el 20 y el 50%. La profundidad del depósito debe exceder de la profundidad del sello a compresión, pero no se relaciona directamente con el ancho del depósito. En general, el ancho del sello pre-moldeado puede ser de aproximadamente el doble del ancho del depósito, si el sello le queda chico, la apertura puede ser muy ancha y se perderá la compresión.

Una correcta instalación del sello a compresión depende exclusivamente de la recuperación de la compresión del sellador. A diferencia de los sellos líquidos que sufren tanto de compresión como de tensión, los sellos pre-moldeados ó a compresión son diseñados para estar a tensión durante toda su vida. Estos sellos requieren de un lubricante que aunque cuenta con algunas propiedades adhesivas, su principal función es lubricar durante la instalación. El mejor comportamiento de sellos pre-moldeados es con aquellos que cuentan con al menos 5 celdas.

3.9.- Curado del hormigón

El curado consiste en propiciar y mantener un ambiente de apropiada temperatura y contenido de humedad en el hormigón recién colocado, de modo que éste desarrolle el potencial de las propiedades que se esperan de él. Un hormigón curado adecuadamente alcanzará su máxima resistencia y durabilidad, será más impermeable y tendrá menor riesgo de fisuración.

Garantizar un contenido mínimo de humedad en el hormigón durante el período de curado es fundamental en el desarrollo de su estructura. Algunas investigaciones han comprobado que, por ejemplo, la resistencia se ve seriamente comprometida cuando la humedad relativa del hormigón es inferior a 80%. Por ello, el curado debe prevenir durante las primeras edades la evaporación del agua superficial, manteniendo el hormigón en una condición saturada o cercana a ella.

Sin embargo, en ciertos casos mantener el contenido de humedad en el hormigón no es suficiente. Se ha comprobado que en hormigones de baja relación agua-cemento (menor a 0.40) no sólo se debe evitar la evaporación de agua superficial, sino se requiere además proveer cantidades adicionales de agua de modo de asegurar la hidratación del cemento.

Es fundamental tener presente que el curado afectará especialmente la primera capa del elemento, probablemente los primeros centímetros de profundidad. Su importancia radica en que justamente esta parte del elemento es la expuesta a evaporación y cambios de humedad, fisuración por retracción plástica, acción de la intemperie, abrasión (desgaste), ataque de químicos y carbonatación, y a su vez esta misma zona es la que debe proveer de impermeabilidad al hormigón y protección a sus armaduras.

Aunque dentro del curado su papel es de menor incidencia que el contenido de humedad, mantener la temperatura del hormigón en valores cercanos a 20°C (en todo caso superiores a 10° C e inferiores a 30°C) permite que la tasa de desarrollo de resistencia permanezca en niveles normales. La temperatura del hormigón puede influir además en la pérdida de humedad superficial, dado que diferencias térmicas entre el elemento y el ambiente pueden aumentar la tasa de evaporación.

3.9.1.- Curado inicial

Se recomienda el uso de un compuesto de curado de marca aprobada que sea colocado con un rociador mecánico en cuanto desaparezca el brillo (agua de sangrado) de la superficie del hormigón, se homogeneizará en forma adecuada el compuesto de curado y se colocará en una capa uniforme en toda la superficie y los bordes de la losa.

Se debe determinar la dosis promedio aplicada, calculando el volumen de compuesto utilizado y la superficie tratada, verificando que dicha cantidad corresponda a lo especificado. La tasa de aplicación del compuesto deberá ser como mínimo la recomendada por el fabricante, en todo caso ésta no deberá ser inferior a 0.27 lt/m². El procedimiento de aplicación deberá asegurar la correcta aplicación de la dosis, aceptándose una tolerancia de $\pm 5\%$.

Alternativamente, la losa podrá ser protegida cubriéndola con arpillera humedecida, tan pronto el pavimento haya endurecido lo suficiente como para que aquella no se adhiera. La arpillera protectora se colocará en piezas de un ancho no menor de 1 (un) metro, ni mayor de 2 (dos) metros y de una longitud adecuada, en forma de que cada pieza se superponga con la contigua en unos 15 (quince) centímetros, rodándola con una fina lluvia de agua, para asegurar su permanente humedad, hasta el momento de iniciar el curado final.

3.9.2.- Curado final

Una vez obturadas y selladas las juntas, quedará el pavimento en condiciones de ser sometido al curado final, mediante cualquiera de los métodos corrientes que se señalan a continuación:

a) Inundación: Logrado el estanco de la superficie del firme, mediante pequeñas represas de tierra o arena se inundará el mismo con una capa de agua que se mantendrá 10 días como mínimo.

b) Tierra inundada: Distribuyendo uniformemente una capa de tierra que se mantendrá mojada por un plazo no menor de 10 días. La tierra mojada cubrirá también bordes del pavimento y se prohibirá la circulación vehicular sobre el pavimento.

c) Otros métodos: El Contratista podrá emplear cualquier método de curado, siempre que compruebe su eficacia, previa autorización de la Supervisión.

3.9.3.- Plazo de curado

Los plazos mínimos son los indicados en el inciso precedente, cuando las condiciones de temperatura durante el tiempo de curado resulten favorables. En caso de jornadas extremadamente frías, el período de curado será prolongado en un número igual de días.

3.9.4.- Levantamiento de la tierra de curado

Cumplido el plazo exigido para el curado y antes del momento en que debe habilitarse el firme, el contratista procederá a levantar la tierra de curado, que remitirá al destino que le fije el proyectista.

Dicho levantamiento se hará con elementos que no ocasionen daños al pavimento recientemente construido.

3.10.- Protección del pavimento

3.10.1.- Durante la ejecución

El Constructor tomará las provisiones necesarias para proteger el pavimento mientras se esté construyendo, así como los trabajos de base o subrasante sobre los que se ha de construir de inmediato.

A tal fin dispondrá de barreras, letreros, obstáculos, faroles, señales, etc., que impidan el tránsito de vehículos y personal en la zona de obra y sobre el firme de construcción reciente. En caso de lluvia mientras se está hormigonando, se protegerá las superficies concluidas mediante arpilleras, plástico o una capa de arena de espesor suficiente extendidas sobre las mismas.

3.10.2.- Después de la construcción

Una vez concluidos los trabajos de ejecución del firme y hasta tanto corresponda habilitar el pavimento, el Constructor tendrá colocadas barreras u obstáculos que impidan el tránsito sobre el mismo, al tiempo que ejercerá una vigilancia efectiva para lograr que los medios dispuestos resulten eficaces.

Capítulo 4: Muestras y testigos

4.1.- Las muestras y testigos

4.1.1.- Generalidades

Las determinaciones en que se fundamentarán los estudios de recepción de los trabajos, se realizarán sobre muestras obtenidas del hormigón fresco y sobre testigos extraídos del firme. Las muestras obedecerán al plan general de control de hormigones, tomando como base la resistencia a la tracción por flexión y su correlación con probetas ensayadas a tracción por hendimiento (tracción indirecta).

Los testigos corresponden a probetas extraídas del pavimento de hormigón endurecido, y su extracción obedecerán a un plan general de control de calidad del pavimento, mediante perforaciones realizadas con máquinas caladoras especiales para tal fin especificadas en 2.4., las cuales serán ensayadas a tracción por hendimiento. Su valor equivalente en resistencia a tracción por flexión, se obtendrá aplicando un coeficiente de corrección por altura, según lo especificado en 4.2.2.2., obtenida entre ambas resistencias a partir del ensayo de probetas confeccionadas con hormigón fresco.

4.1.2.- Extracción de los testigos para el control del pavimento

Las muestras o testigos se extraerán a distancia aproximadamente iguales entre sí, y tratando de cubrir el ancho total de la calzada.

Antes de la extracción deben estar definidas las zonas de los elementos estructurales, dé forma tal que sea representativo del hormigón que se investiga. Además deberá estar identificada la posición de las armaduras de acero, para evitar el corte de estas, no se afecte la estructura objeto de estudio y no sea dañada la broca de la máquina extractora.

Se debe verificar que la superficie del elemento este sana y que el hormigón haya endurecido lo suficiente para que permita su extracción sin perjudicar la adherencia entre el mortero y el árido grueso.

Antes de iniciar la extracción de los testigos, el proyectista fijará en un plano, los límites de los tramos o zonas y la ubicación de los testigos con su espesor teórico determinado de acuerdo con el perfil transversal de la calzada.

Una copia de este plano se entregará al Constructor o su representante técnico, quienes presenciarán el acto de la extracción y firmarán conjuntamente con el Inversionista, el acta que con este motivo se elabore y asiente en el respectivo libro de órdenes. La máquina, el personal y los elementos necesarios para la extracción de las muestras, serán provistas por el Constructor.

La extracción de los testigos se realizará en la oportunidad adecuada de manera que sea factible el ensayo de las mismas a los 28 (veintiocho) días de la fecha en que se realizó el hormigonado. Caso contrario se corregirá por edad y altura.

Las muestras extraídas se signarán con un número para su identificación y serán remitidas a laboratorio donde, serán mantenidas en ambiente húmedo hasta el momento de su ensayo.

Las perforaciones resultantes de la extracción de testigos, serán cerradas por el Constructor con hormigón de la misma dosificación que la utilizada para construir el pavimento, pero, utilizando aceleradores de fraguado.

4.1.3.- Forma y dimensiones de los testigos

El testigo que se va a obtener para determinar la resistencia a compresión del hormigón deberá tener un diámetro de por lo menos 3 veces el tamaño máximo del árido grueso utilizado en la confección del hormigón, y en ningún caso deberá ser menor que el doble de la dimensión del tamaño nominal del árido grueso.

Siempre que sea posible los testigos cilíndricos deben tener una longitud tal que garanticen después de su preparación para el ensayo, una relación altura diámetro (h/d) igual a dos.

En caso de no poderse cumplir esta condición se admitirán probetas de altura mínima igual al diámetro, aplicando a los resultados de ensayos los coeficientes de corrección

4.1.4.- Características de los testigos

Los testigos para poder ser ensayados deberán presentar aspecto compacto, y sin grietas ni planos de fractura, producidos aparentemente por el equipo de extracción.

Los testigos defectuosos serán desestimados y reemplazados con otros de características aceptables.

4.1.5.- Extracción de las muestras de hormigón fresco

Se considera la elaboración de probetas prismáticas para ensayos de tracción por flexión y probetas cilíndricas para ensayos de tracción por hendimiento (tracción indirecta). Por cada jornada de trabajo se tomarán como mínimo las siguientes muestras:

- Se tomarán seis probetas prismáticas gemelas, para ensayos de **tracción por flexión**.

- Se tomarán seis probetas cilíndricas gemelas, para ensayos de **tracción por Hendimiento**

4.1.6.- Forma y dimensiones de las muestras

Los moldes de las probetas para ensayos serán de acero, plásticos o de otro material rígido no absorbente y que no reaccione con los álcalis del cemento. Conservaran su estanqueidad y sus dimensiones con el uso, dentro de los límites especificados para cada tipo de molde.

Los moldes cilíndricos serán verticales y el plano del borde será perpendicular al eje, estos moldes serán de diámetro d y altura $2d$. Los diámetros de los moldes no diferirán en mas de 1.5 mm, ni sus alturas en mas de 6.5 mm con relación a las dimensiones nominales.

Los moldes prismáticos serán rectangulares. Las superficies interiores estarán exentas de irregularidades. Las caras laterales, las externas y el fondo serán planas y perpendiculares entre sí. La variación máxima con respecto la sección transversal nominal no excederá de 3 mm.

Para la toma de muestras para los ensayos de compresión, tracción indirecta y permeabilidad se utilizaran moldes cilíndricos preferiblemente de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura nominal.

Para los ensayos de flexión se utilizaran moldes prismáticos, preferiblemente de dimensiones nominales internas de 150x150x500 mm (dimensiones internas), siempre

que el tamaño máximo del árido grueso no sea superior a 40 mm. Cuando la fracción del árido grueso es superior a 40 mm, se realiza un tamizado con una malla con aberturas de 40 mm, retirando las partículas que queden retenidas en la misma y tomando la muestra con el material tamizado.

4.2 Ensayos que se le realizan a los testigos y a las muestras

4.2.1 Ensayo de Resistencia a la compresión de los testigos

La resistencia media a compresión del hormigón de un lote, se expresará como f_{cm} y la característica como f_{ck} , utilizando probetas cilíndricas de acuerdo con la NC 244.

Se limpian las placas de la máquina y las superficies del testigo que estará en contacto con ella. Se centra el testigo sobre la placa original o sobre la placa auxiliar. El error del centrado no será superior a 1/100 del diámetro del testigo. Se aplica la carga de forma continua y uniforme, sin choques bruscos, de forma que se obtenga un incremento uniforme en la tensión de 0.6 ± 0.4 N (mm².s)

La resistencia a la compresión de un testigo ensayado, en MPa, se calcula por la fórmula:

$$R't = 10 F/A$$

Donde:

F: Carga de rotura, en kN

A: Área de la sección transversal del testigo, en cm².

4.2.2 Ensayo de resistencia a la compresión en probetas

A menos que se especifique otro requisito, la resistencia a compresión se determina sobre probetas ensayadas a los 28 días de edad. Para usos particulares puede ser necesario especificar la resistencia a compresión a edades más tempranas o posteriores a los 28 días (por ejemplo, para grandes elementos masivos), o después de un curado bajo condiciones especiales (como por ejemplo, el tratamiento térmico).

En general deberán refrentarse de acuerdo con las regulaciones establecidas, las probetas que presenten las siguientes condiciones:

- irregularidades en su superficie superiores a 0.1 mm.
- desviaciones con el eje, superiores a 0.5°.

Cuando se trata de probetas testigo cilíndricas, su dimensión transversal se tomará como la media de las medidas realizadas, con una precisión de 0.1 mm, de dos diámetros aproximadamente perpendiculares, tomados en los puntos de mínima sección. La altura de las probetas en las que se incluirá el refrentado se determinará con una precisión de 1 mm.

4.2.2.1. Procedimiento

Las probetas no deben perder la humedad antes de realizarles el ensayo, por eso se debe procurar que estas mantengan la humedad y no deben ser retiradas del depósito donde son curadas más de 3 horas antes de ensayarlas.

Para el ensayo las probetas se colocaran centradas en el plato inferior de la prensa y se moverá el plato superior de la prensa hasta la cara superior de la probeta.

Luego se aplicara la carga de forma continua y sin choques bruscos, de manera que el aumento de tensión media sobre la probeta sea de $5 \pm 2 \text{ kgf/cm}^2/\text{s}$ ($0.5 \pm 0.2 \text{ MPa/s}$).

La carga se aplicará sin variación de las condiciones indicadas en 3.3, hasta que la probeta se deforme rápidamente antes de la rotura. A partir de ese momento, no se modificarán las posiciones de los mandos de la máquina, tomándose como carga de rotura la máxima alcanzada.

4.2.2.2 Factores de corrección por esbeltez

El ensayo de compresión se realizará exactamente a los 28 d de edad del hormigón, salvo que la extracción de los testigos se haya producido por excepción y por motivos muy bien fundados, después de ese lapso o sin la suficiente anticipación para practicar el ensayo.

No obstante, bajo ningún concepto se ensayará testigos cuyas edades sean superiores a 50 d.

En caso de que los testigos no hubieran podido ser ensayados a la edad de 28 d, la resistencia obtenida a la edad del ensayo será reducida para obtener la resistencia a 28 d. A tal efecto se considerarán que entre las edades de 28 d y 50 d la variación de resistencia es lineal y que la resistencia a la edad de 50 d es un 8% superior a la resistencia del mismo testigo a la edad de 28 d.

Para probetas cilíndricas de hormigón con relación altura/diámetro inferior a 2 se le aplicarán los factores de corrección. Las dimensiones se habrán determinado de acuerdo con el apartado 4.1.7.1.

Los valores obtenidos en los ensayos de la comprensión serán corregidos por el factor correspondiente a su esbeltez (relación entre la altura y el diámetro) según la tabla siguiente:

Tabla 4.1

Relación entre la altura y el diámetro	Coficiente de corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.94
1.10	0.90

Los valores indicados en la Tabla 4.1 para relaciones entre 2.0 y 1.1 pueden calcularse por interpolación.

4.2.2.3. Criterios de conformidad para la resistencia a compresión

La evaluación de la conformidad se hará sobre los resultados de los ensayos efectuados durante un período determinado de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a compresión del hormigón es evaluada sobre las probetas ensayadas a 28 días (o cualquier otra edad especificada) de acuerdo con lo establecido en el punto 4.2.3. para:

- La media o promedio de series de “n” resultados de ensayos consecutivos no solapados f_{cm} (criterio 1)
- Cada valor individual de ensayo f_c (criterio 2)

Los criterios de conformidad son desarrollados sobre la base de resultados de ensayos no solapados con resultados ya evaluados en un período de tiempo anterior. La aplicación del criterio con el solape de los resultados de ensayo incrementa el riesgo de rechazo. La conformidad es confirmada si ambos criterios dados en la Tabla 4.2, ya sea para la producción inicial o continua, son satisfechos.

La desviación típica del lote (S_n) será calculada para no menos de 6 resultados consecutivos de ensayos en el período de producción durante el cual ha de comprobarse la conformidad y preferiblemente para no menos de 15 resultados consecutivos de ensayos en un período no mayor de 3 meses. Este valor se tomará como una estimación de la desviación típica de la población (σ). La validez del valor adoptado tendrá que verificarse para los siguientes períodos de producción.

Tabla 4.2 — Criterio de conformidad para la resistencia a compresión

Producción	Número mínimo series de probetas resistencia compression evaluadas	Criterio 1	Criterio 2
		Media (o promedio) de los resultados, f_{cm} en MPa	Cualquier valor individual de los resultados de ensayo f_c en MPa
Inicial	6	$\geq f_{ck} + t.S_n$	$\geq f_{ck} - 3,5$ para $f_{ck} \leq 35$ MPa y $\geq 0,9 f_{ck}$ para $f_{ck} > 35$ MPa
Continua	15	$\geq f_{ck} + 1,34.S_n$	$\geq f_{ck} - 3,5$ para $f_{ck} \leq 35$ MPa y $\geq 0,9 f_{ck}$ para $f_{ck} > 35$ MPa

4.2.3. Ensayo a flexión de probetas

Las dimensiones se comprobarán para determinar si cumplen con los requisitos así como el paralelismo de las caras.

La muestra de ensayo deberá voltearse sobre un lado con respecto a su posición durante el moldeo y colocarse centrada sobre los bloques de apoyo, el bloque de aplicación de carga se pondrá en contacto con la superficie superior en la línea central entre apoyos o en los puntos tercios de la distancia entre apoyos según el caso.

Si no se obtiene un pleno contacto entre la muestra, los bloques de aplicación de carga y los apoyos, debido a que la superficie de la muestra no sea completamente plana, la misma en los puntos de contacto con los bloques o apoyos, se pulirán o colocarán suplementos de cuero.

La carga se aplicará a una velocidad uniforme y de tal manera que no se produzca impacto, incrementándose de 0.9 a 1.2 MPa/min.

Se deben ensayar tres probetas por edad a 3, 7 y 28 días y promediar los resultados. Métodos para el cálculo, carga en los puntos tercios. Si la rotura ocurre dentro del tercio central de la luz, el método deberá calcularse como sigue

$$R = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R = Módulo de rotura (MPa)

P = Carga máxima aplicada (Kg)

l = Distancia entre centros de apoyos (cm)

b = Ancho promedio de la muestra (cm)

d = Altura promedio de la muestra (cm)

Si la rotura ocurre fuera del tercio central de la luz, pero no más del 5% de la longitud de la misma, la rotura se calculará como sigue:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Donde:

a = Distancia entre la línea de rotura y el apoyo cercano medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, (cm)

Si la rotura ocurre fuera del tercio central de la luz por más del 5% de la longitud de la misma, los resultados del ensayo serán descartados.

El método para el cálculo, carga en el punto medio será:

$$R = \frac{3P \cdot i}{2b \cdot d^2}$$

4.2.4. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta

A menos que se especifique otro requisito, la resistencia a la tracción indirecta del hormigón (Método brasileño) se determinará sobre probetas ensayadas a la edad de 28 días, según la NC 329.

La resistencia característica obtenida a la tracción indirecta del hormigón será igual o mayor que la resistencia característica especificada a la tracción indirecta (**f_{tsk}**).

4.2.4.1 Procedimiento

Antes de someter las probetas al ensayo, se trazan líneas diametrales de las superficies extremas utilizando un aditamento adecuado. Se determinan las dimensiones del diámetro de las probetas mediante el promedio de las mediciones de tres diámetros, tomados cerca de los extremos y en el medio de cada probeta y se determinan las dimensiones del largo promediando dos dimensiones tomando, como referencia, las líneas diametrales trazadas en las superficies extremas.

Luego se coloca la probeta sobre el plato inferior de la prensa ajustándola bien con dispositivos alineadores. Después se apoya el plato superior de la prensa operando el dinamómetro de la prensa sin aplicar carga. Se aplica entonces la carga de manera

continua sin interrupciones a la velocidad constante de 50-100 KN/min. para los ensayos de probetas cilíndricas normalizadas de Ø150x300mm.

Registre la carga máxima aplicada al alcanzar la rotura y calcule la resistencia a la tracción indirecta empleando la siguiente expresión:

$$R_{tm} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot d \cdot l}$$

Donde:

R_{tm} es la tensión de rotura a tracción expresada en MPa

P es la carga de rotura determinada en N (newton)

L es la longitud promedio de la probeta determinada en milímetros

d es el diámetro promedio de la probeta determinado en milímetros

4.2.4.2. Criterio de conformidad para la resistencia a la tracción indirecta

Cuando se especifica la resistencia a la tracción indirecta del hormigón **f_{tsk}**, la valoración de la conformidad se hará sobre los resultados de los ensayos efectuados durante un período de evaluación que no excederá de los últimos 12 meses.

La conformidad de la resistencia a la tracción indirecta del hormigón es evaluada sobre probetas ensayadas a 28 días a menos que se especifique otra cosa de acuerdo con el punto 4.2.4. para:

- grupos de “n” resultados de ensayo consecutivos no solapados **f_{tsm}** (Criterio 1);
- cada resultado de ensayo individual **f_{ts}** (criterio 2).

La conformidad con la resistencia característica a tracción indirecta **f_{tsk}** se confirma si los resultados de los ensayos satisfacen los dos criterios dados en la Tabla 4.3 para la producción inicial o continua, según corresponda.

Tabla 4.3. — Criterio de conformidad para la resistencia a tracción indirecta

Producción	Número mínimo series de probetas resistencia compression evaluadas	Criterio 1	Criterio 2
		Media (o promedio) de los resultados, f_{tsm} en MPa	Cualquier valor individual de los resultados de ensayo f_{ts} en MPa
Inicial	6	$\geq f_{tsk} + t.S_n$	$\geq f_{ts} - 0,5$
Continua	15	$\geq f_{tsk} + 1,34.S_n$	$\geq f_{ts} - 0,5$

4.3.- Comprobación de espesores

4.3.1.- Forma de medir los espesores

El control de espesores se efectuará a través de los mismos testigos extraídos para evaluar la resistencia mecánica. Se determinará el espesor de cada muestra, para lo cual se tomarán cuatro mediciones: una, sobre el eje del testigo, y las otras tres según los vértices de un triángulo equilátero inscrito en un círculo de 10 cm de diámetro, concéntrico con el eje mencionado.

El promedio de esas cuatro alturas medidas, será la altura del testigo, o sea el espesor individual.

4.3.2.- Espesor medio de la obra

El Espesor Medio del tramo resultará de promediar las alturas individuales de los testigos que se consideren para su recepción.

$$e_{mo} = (1/n) \times (\sum_{i=1}^n e_i)$$

Donde:

e_{mo} = Espesor Medio de Obra

n = Número de Espesores obtenidos de Obra.

e_i = Espesor individual de obra ($i=1$ a n)

Cuando se presentan valores superiores al 110 % del espesor teórico exigido, intervendrán en el promedio reducidos a ese valor como máximo.

Para que el tramo sea susceptible de recepción, el espesor medio del mismo no deberá ser menor que el espesor teórico exigido, menos 1,2 cm.

Cuando el espesor medio obtenido resulte menor que el indicado precedentemente, se considerará que el tramo no cumple con esa exigencia por lo que corresponderá el rechazo del mismo por falta de espesor.

4.4.- Lisura superficial

Cuando se verifique mediante el uso de una regla adecuada, no obstante las comprobaciones realizadas según 3.4.5.2. y 3.4.5.4, la existencia de resaltos o depresiones que excedan los límites admisibles (5 mm), el Constructor procederá a la regularización de la superficie en la zona defectuosa. Dicha regularización, la logrará el Constructor, mediante desgaste del resalto en sí, o de las zonas adyacentes a las depresiones, hasta obtener una superficie dentro de las tolerancias admisibles. Las operaciones de desgaste se realizarán de manera tal que la superficie resultante no presente características resbaladizas y se ajuste a las exigencias sobre textura establecidas en 3.4.5.

No se permitirá el uso de martillos o herramientas de percusión para la ejecución de esos trabajos. Todos estos trabajos serán por cuenta exclusiva del Constructor, quién no percibirá por ello compensación alguna.

4.5.- HABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

4.5.1.- Habilitación del pavimento

4.5.1.1.- Habilitación a la puesta en servicio

El Inversionista decidirá el momento en el que se abrirá el pavimento al tránsito vehicular. El pavimento no estará abierto al tránsito hasta que los especímenes de ensayo moldeados y curados de conformidad con AASHTO T 23 no hayan alcanzado

la resistencia a tracción por flexión de 3.8 MPa. Si no se realizan estos ensayos, el pavimento será habilitado al uso público una vez transcurridos no menos de 14 días de la finalización de su ejecución en el tramo correspondiente.

4.5.2.- Reparaciones, Deficiencias

El Constructor verificará la existencia de deficiencias menores y visibles como bordes de juntas, sellado de juntas, etc. y procederá a su reparación inmediata.

Conclusiones

1. Se establece un procedimiento constructivo para la colocación del hormigón, que va desde el perfilado y preparación de la subrasante, colocación de los moldes para la pavimentación, construcción de la losa, construcción de las juntas, pasadores, la colocación de estos, barras de amarre, sellado, curado del hormigón, hasta la protección del pavimento, según las normas cubana y las regulaciones constructivas.
2. Se establece un procedimiento o criterios de aceptación de la obra, que contempla la extracción de testigos, formas, dimensiones y características de los mismos, la extracción de muestras y los ensayos que se le realizan a ambos, hasta la comprobación del espesor medio de la obra, la lisura superficial, la habilitación y conservación de las obras y reparaciones y deficiencias encontradas, según las normas cubana y las regulaciones constructivas.
3. En cuanto a la elaboración del hormigón, se dan especificaciones, según las normas cubana y las regulaciones constructivas, sobre el cemento Portland, almacenamiento, transporte y calidad en el momento de usarlo, origen, naturaleza, características, granulometría, almacenamiento y tomas de muestras y métodos de ensayos para áridos finos y gruesos, agua para el hormigón, materiales para juntas y sellado de las mismas, barras de transferencia de carga etc.
4. En cuanto a los equipos de colocación del hormigón, se dan especificaciones sobre los equipos para la pavimentación con moldes, la distribución y compactación del hormigón, equipos para la terminación superficial como reglas, frotas cepillos texturizados y herramientas para redondear bordes de juntas y pavimentos y equipos para la construcción y sellado de juntas. También se dan especificación sobre algunos equipos complementarios, maquina extractora de testigos, equipos para el laboratorio y control de las obras, además de especificaciones de la presencia de los equipos en obra.
5. Por todo lo anterior expuesto, este trabajo constituye una herramienta vital para la construcción de Pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo

Recomendaciones

1- Continuar investigando:

- El comportamiento de los pavimentos rígidos, sus leyes de deterioros, causas que provocan el fallo y deficiencias en los materiales y procedimientos constructivos que los aceleren.
- EL Método de diseño y evaluación de los factores que motivan y aceleran los deterioros en los pavimentos rígidos de carreteras, tales como: tránsito, calidad del hormigón, resistencia de la subrasante y las condiciones climáticas.
- Las condiciones constructivas: En relación con los materiales componentes del hormigón, el proceso de fabricación, colocación y curado.
- Las condiciones de conservación: En cuanto a las actividades de mantenimiento preventivo y las tareas de rehabilitación a partir de la evaluación del pavimento.

Bibliografía

1. AIPCR-PIARC. Colección de documentos del XXI Congreso Mundial de Carreteras. Kuala, Lumpur, Malasia (1999).
2. AIPCR-PIARC. Colección de documentos del XX Congreso Mundial de Carreteras en Montreal.
3. Arlington Heights, OD. Sub-bases and Sub grades for Concrete Pavements`. American Concrete Pavement Association. Portland Cement Association, TB-011, IL, 1991
4. Dahlhaus Parkman E. Experiencias en México en la Construcción de pavimentos rígidos 1er Congreso Interamericano de pavimentos rígidos Argentina 1996.
5. Kraemer C. Pavimentos de hormigón hidráulico, materiales y métodos para la construcción Agosto-Sept. 1969.
6. Linder Strauss L. Práctica Nacional para la Construcción de pavimentos rígidos México. 1999
7. MICONS NC 7:2002 Barras de acero para refuerzo de hormigón. Especificaciones
8. MICONS NC 95-2001 Cemento Portland. Especificaciones
9. MICONS NC 100-2001 Cemento Portland de Alta Resistencia Inicial. Especificaciones.
10. MICONS NC 120-2007 Hormigón Hidráulico — Especificaciones.
11. MICONS NC 167-2002 Hormigón Fresco. Toma de Muestras.
12. MICONS NC 178-2002 Áridos. Análisis Granulométrico.
13. MICONS NC 182-2002 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074 mm (No. 200).
14. MICONS NC 184-2002 Arena. Determinación de la Humedad superficial.
15. MICONS NC 221-2002 Hormigón. Elaboración de probetas para ensayos.

16. MICONS NC 244-2005 Hormigón Endurecido. Determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.
17. MICONS NC 251-2005 Áridos para Hormigón Hidráulico—Requisitos.
18. MICONS NC 259-2005 Carreteras—Pavimentos de Hormigón Hidráulico--Losas—Código de Buenas Prácticas.
19. MICONS NC 353-2004 Agua para el amasado y curado de hormigón y morteros—ESPECIFICACIONES.
20. MICONS NC 412-2005 Guía para la Preparación, Mezclado, Transporte y Vertido del Hormigón.
21. MICONS NC 318-2003 Hormigón Endurecido. Extracción y Preparación de Testigos Cilíndricos.
22. MICONS RC 3020 Pavimentación. Preparación de la Subrasante.
23. MICONS RC 3024 Losas de Pavimento de Hormigón Hidráulico. Especificaciones constructivas.
24. Torres Vila, J.A Acero de refuerzo en los pavimentos de hormigón hidráulico. Ing. Civil No.1-83.
25. Torres Vila, J.A Construcción de pavimentos rígidos, ISPJAE.

Anexo 1 Fotos

1.1. Utensilios para el ensayo de humedad superficial



1. probetas graduadas de vidrio con base, capacidad medio litro, graduadas cada 5 mililitros.
2. probetas graduadas de vidrio con base capacidad 1 litro, graduadas cada 10 mililitros
3. Frasco de vidrio aforado con volumen de 2 a 3 veces el volumen de la muestra, con una precisión de 0,5 cm

1.2. Tamices para la granulometría fina



Juego de tamices circulares de 20 cm (8") de diámetro, armazón de bronce, altura normal, de aberturas cuadradas.

1.3. Balanza



Balanza de 500 g de capacidad y 0,1 g de sensibilidad.

1.4. Estufa



Estufa para secado de agregados capaz de mantener una temperatura de 100°C a 110°C.

1.5. Prensa para ensayo de probetas a compresión



1.6. Estanque para el curado de probetas



1.7

Pesa



Balanza tipo Roverbal capacidad hasta 20 kg, sensibilidad 1 g

1.8. Moldes cilíndrico para confeccionar probetas



Moldes cilíndricos para confeccionar probetas de hormigón de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura torneados interiormente y con base metálica torneada o cepillada

1.9. Hormigonera estacionaria



1.10. Cubículo de almacenamiento de árido grueso de Zona 2



1.11. Cubículo de almacenamiento de árido grueso Zona1



1.12. Cubículo de almacenamiento de Arena Zona 2



1.13. Cubículo de almacenamiento de Arena Zona 1



1.14. Tolvas del diario



1.15. Silos de almacenamiento de Cemento



1.16. Dosificador y mezclador de la planta



1.17. Utensilio para determinar el asentamiento



Cono de chapa galvanizada para el ensayo de asentamiento de cono de Abrams

1.18. Planta



1.19. Canal por donde se transporta el árido fino y grueso hacia el cubo que los transporta hacia el mezclador.



Cuando se dosifican los áridos, estos caen de las tolvas a esta canal que los transporta hacia el cubo.

1.20. Cubo que transporta los áridos dosificados a la mezcladora



Anexos 2 Registros de control en la planta

- 2.1. Modelo de Registro de Ajustes de Dosificaciones **(R1-PI01)**
- 2.2. Modelo de Registro de Resistencias Mecánicas **(R2-PI01)**
- 2.3. Modelo de Registro de Vale de Recepción **(R3-PI01)**
- 2.4. Modelo de Registro de Control de Muestras de Áridos **(R4-PI01)**
- 2.5. Modelo de Registro de Control de Muestras de Cemento **(R5-PI01)**
- 2.6. Modelo de Registro de Muestras de Aditivos **(R6-PI01)**
- 2.7. Modelo de Registro de temperatura de Cemento **(R7-PI01)**
- 2.8. Modelo de Registro de Corrección de Humedad **(R8-PI01)**
- 2.9. Modelo de Registro de Ensayos a Mezcladora **(R9-PI01)**
- 2.10. Modelo de Registro de Plan de muestreo Aleatorio **(R10-PI01)**
- 2.11. Modelo de Registro de Ensayo del Tamiz No 200 **(R11-PI01)**
- 2.12. Modelo de Registro de Humedad Superficial **(R12-PI01)**

2.3. Modelo de Registro de Vale de Recepción (R3-PI01)

Producto: _____	No. doc.: _____	Chapa : _____
Fecha de arribo: _____	Cód. producto : _____	Factura : _____
Calidad : _____	Procedencia : _____	
Ubicación del material _____	Fecha de vencimiento: _____	
Peso cargado _____	Estado del sello: _____	
Peso descargado _____		
OBSERVACIONES:		
Nombre y Apellidos del Almacenero	Firma	

2.7. Modelo de Registro de temperatura de Cemento (R7-PI01)

FECHA	PLANTA Nº 1		PLANTA Nº 2		OBSERVACIONES	FIRMA
	SILO Nº 1	SILO Nº 2	SILO Nº 1	SILO Nº 2		

2.9. Modelo de Registro de Ensayos a Mezcladora (R9-PI01)

Denominación	Fecha	Resultado	Observación	Elaborado Por :

2.10. Modelo de Registro de Plan de muestreo Aleatorio (R10-PI01)

Muestras (n)	Volúmenes del plan de producción diario (Lotes)															
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Numero del m³ a tomar la muestra																
1	9	6	12	16	3	9	2	4	14	16	10	5	11	3	9	8
2	24	27	26	38	30	24	27	32	27	37	29	25	24	25	23	31
3					45	43	54	48	43	42	45	45	43	43	49	43
4									64	58	66	66	62	68	70	70
5													83	86	85	89

2.11. Modelo de Registro de Ensayo del Tamiz No 200 (R1I-PI01)

Identificación de la muestra	fecha de Arribo	materia	procedencia	Chapa del vehículo	Peso de la muestra original seca	Peso de la muestra seca después de lavada	% pasado	Realizado por Técnico:	firma

2.12. Modelo de Registro de Humedad Superficial (RI2-PI01)

FECHA	MATERIAL	PROCEDENCIA	MAÑANA	TARDE	FIRMA

Anexo 3 FLUJOGRAMA DE LA PRODUCCIÓN Y ENTREGA DEL HORMIGÓN HIDRÁULICO EN LA PLANTA

