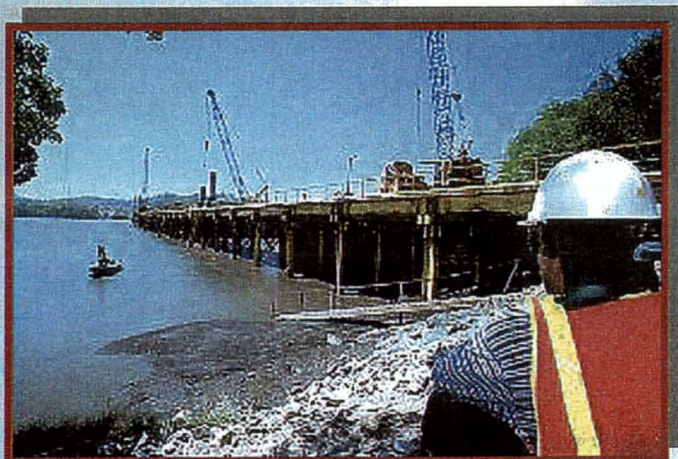




**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**

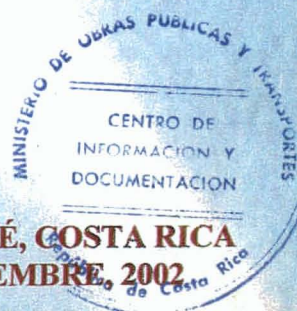
**“MANUAL DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS,  
CAMINOS Y PUENTES DE COSTA RICA”**

**MC-2002**



**IMNSA**  
INGENIEROS CONSULTORES S.A.

**SAN JOSÉ, COSTA RICA**  
**DICIEMBRE, 2002**



## **INTRODUCCIÓN**

*La información contenida en este manual constituye una guía para orientar a los profesionales en ingeniería y demás funcionarios relacionados con la construcción de carreteras y puentes, en la aplicación de las especificaciones generales y procedimientos constructivos. Asimismo, busca promover la aplicación uniforme de las normas y procedimientos en todas las regiones del país.*

*Este documento no debe entenderse como un instrumento rígido que limite, en la práctica, el empleo de nuevas y modernas técnicas que faciliten y hagan más eficiente la ejecución de las tareas de la ingeniería de carreteras. No obstante, ha de advertirse que, en todos los casos, debe prevalecer la obligación de aplicar correctamente las normas establecidas, para asegurar la calidad de la obra.*

*Los temas que se presentan en este manual deberán complementarse con las Especificaciones generales, CR-2002, también ejecutadas, revisadas y actualizadas por **IMNSA Ingenieros Consultores S.A.**, que en conjunto conforman un marco normativo, que regula la construcción de carreteras, puentes, túneles y aspectos administrativos, producto de una amplia consulta de fuentes especializadas en normas y especificaciones en el campo de las carreteras.*

*Especial énfasis se ha puesto en los controles mínimos que deberá observar el ingeniero para el recibo de los trabajos ejecutados por el Contratista.*

*En el capítulo 7, se ha incluido la aplicación del método de "evaluación estadística", complementado con ejemplos prácticos. Como parte del método se indica el procedimiento de muestreo aleatorio.*

*El tema de la construcción de túneles se desarrolla en el capítulo 10, en el cual se mencionan diferentes aspectos constructivos, uso de maquinaria y cuidados que han de tenerse en el proceso constructivo.*

*La construcción de muros de tierra armada ha sido también incluido, en el capítulo 10, como parte del conjunto de temas que conforman este manual.*

*Los demás temas se revisaron y actualizaron teniendo en cuenta el estado actual de la institución en cuanto a su organización y las disposiciones legales que regulan los aspectos relacionados con la contratación administrativa.*

***Lic. Javier Chaves Bolaños***  
***Ministro de Obras Públicas y Transportes***

# ÍNDICE GENERAL

		Página
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Organización y responsabilidades</b>	
Sección 1.01	Propósito y utilización del manual	1
Sección 1.02	Abreviaturas y definiciones	2
Sección 1.03	Organización general y funciones	3
Sección 1.04	Responsabilidades del Ingeniero de Proyecto	7
Sección 1.05	Oficina de campo o campamento	13
Sección 1.06	Indumentaria	14
Sección 1.07	Seguridad e informes de accidentes	15
Sección 1.08	Disposiciones generales y Memoranda de normas y procedimientos	16
Anexos		17
Anexo 1.01	Organización MOPT	18
Anexo 1.02	Organización del CONAVI	21
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Relaciones generales</b>	
Sección 2.01	Relaciones con el Contratista	28
Sección 2.02	Relaciones con el público	36
Anexo		39
Anexo 1.01	Sugerencias para acta de reunión de preconstrucción	40
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>Registros e informes</b>	
Sección 3.01	Generalidades	43
Sección 3.02	Correspondencia	44
Sección 3.03	Cuaderno de bitácora de obra	44
Sección 3.04	Diario de proyecto	45
Sección 3.05	Anotaciones de campo y libros de cálculo	46
Sección 3.06	Registro de materiales	48
Sección 3.07	Fotografías	49
Sección 3.08	Registros e informes de costos	50
Sección 3.09	Informe mensual del Ingeniero de Proyecto	51
Sección 3.10	Gráfico de progreso	51
Sección 3.11	Informe sobre proyectos suspendidos	52
Sección 3.12	Informe final de construcción	52
Sección 3.13	Planos finales de construcción	55
Sección 3.14	Archivo de los registros	55
Anexos		56
Anexo 3.01	Instrucciones generales para el uso de la bitácora de obra	57
Anexo 3.09	Ejemplo de informe mensual	59

<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>Órdenes de servicio, órdenes de modificación, orden de reajuste y adenda</b>	
Sección 4.01	Generalidades	63
Sección 4.02	Contenido de las órdenes de servicio y modificación	66
Sección 4.03	Formatos (machotes) de órdenes de servicio y modificación de obra	68
4.03.1	Órdenes de servicio	69
	• Orden de servicio tipo A-1 "Orden de Inicio"	69
	• Órdenes de servicio tipo A-2a "Orden de suspensión parcial de labores"	74
	• Órdenes de servicio tipo A-2b "Orden de suspensión total de labores"	81
	• Órdenes de servicio tipo A-3 "Orden de reanudación de labores"	87
	• Órdenes de servicio tipo A-4 "Ejecución de trabajos o servicios bajo el renglón de pago 109.04 —Trabajo a costo más porcentaje—"	92
	• Órdenes de servicio tipo A-5 "Orden para el suministro de personal o maquinaria adecuada para la ejecución de la obra"	100
4.03.2	Órdenes de Modificación de obra	106
	• Órdenes de modificación de obra tipo B-1 "Cambio en especificaciones que no cambian el monto, el plazo ni el objeto del contrato"	106
	• Órdenes de modificación de obra tipo B-2 "Cierre parcial que no origina cambio en el monto del Contrato"	113
	• Órdenes de reajustes tipo B-3	120
	• Órdenes de modificación de obra tipo C-1 "Orden de ampliación del plazo, la cual origina un addendum al contrato"	126
	• Órdenes de modificación de obra tipo C-2a "Aumento de cantidades"	134
	• Órdenes de modificación de obra tipo C-2b "Aumento del renglón de pago 109.04"	141
	• Órdenes de modificación de obra tipo C-3 "Cambio en el objeto del contrato"	149
4.03.3	Enmiendas a órdenes de servicio y órdenes de modificación de obra	159
	• Enmienda a una orden de servicio	160
	• Enmienda a orden de modificación de obra	165

<b>CAPÍTULO</b>	<b>5</b>	<b>Control de trabajo</b>	
Sección	5.01	Señalización de la zona de las obras	170
Sección	5.02	Equipos	170
Sección	5.03	Organización de los trabajos	171
Sección	5.04	Descubrimientos arqueológicos	171
Sección	5.05	Trabajos nocturnos	172
Sección	5.06	Limpieza del sitio de los trabajos	172
Sección	5.07	Disposición de desechos y sobrantes	172
Sección	5.08	Materiales	172
Sección	5.09	Transporte de materiales	174
Sección	5.10	Personal	174
Sección	5.11	Control	175
Sección	5.12	Controles mínimos que deberá observar el ingeniero para el recibo de los trabajos	175
<b>CAPÍTULO</b>	<b>6</b>	<b>Control de materiales</b>	
Sección	6.01	Generalidades	189
Sección	6.02	Fuentes de materiales	190
Sección	6.03	Muestreo y ensayos	192
Sección	6.04	Instrumentos de pesaje	199
Sección	6.05	Almacenamiento y apilado de materiales	199
Anexo			208
Anexo	6.01	Apilamiento de agregados	201
<b>CAPÍTULO</b>	<b>7</b>	<b>Control de calidad, evaluación estadística y determinación del factor de pago</b>	
Sección	7.01	Control de calidad	202
Sección	7.02	Fundamento de los métodos estadísticos del control de calidad	206
Sección	7.03	Muestreo para establecer un programa de control de calidad	212
Sección	7.04	Método de análisis de nivel de calidad-desviación estándar y determinación del factor de pago	221
Anexo			236
Anexo	7.04	Metodología de evaluación estadística para el control de calidad	237
<b>CAPÍTULO</b>	<b>8</b>	<b>Ejecución y avance de la obra</b>	
Sección	8.01	Subcontratos	248
Sección	8.02	Ejecución y avance de obra	248
Sección	8.03	Capacidad del personal y maquinaria asignada al proyecto	249
Sección	8.04	Plazo del contrato	249
Sección	8.05	Suspensión del trabajo	252

<b>CAPÍTULO 9</b>	<b>Medición y pago</b>	
Sección 9.01	Medición de cantidades	256
Sección 9.02	Trabajo a costo más porcentaje (trabajo por administración)	261
Sección 9.03	Pagos parciales	263
Sección 9.04	Trabajos preparatorios	265
Sección 9.05	Pago final	265
Anexos		267
Anexo 9.01A	Cifras recomendadas para el cálculo de cantidades para pago	268
Anexo 9.01B	Cálculo área de: excavación o relleno, de un corte transversal vuelto a medir, cualquier corte irregular	270
Anexo 9.01C	Guía para pruebas de pesaje en el campo con plataforma	273
Anexo 9.01D	Tablas de corrección por temperatura	282
Anexo 9.02A	Control de trabajos por administración	287
Anexo 9.03A	Guía para estimar (ponderar) avance de diferentes unidades de trabajo	288
<b>CAPÍTULO 10</b>	<b>Detalles de construcción</b>	
Sección 10.01	Desmonte y limpieza	290
Sección 10.02	Excavación y terraplenado	293
Sección 10.03	Acarreo adicional	317
Sección 10.04	Excavación para estructuras	317
Sección 10.05	Agregados para la subbase y base	319
Sección 10.06	Pavimentos rígidos	321
Sección 10.07	Pavimentos bituminosos mezclados en planta en caliente	380
Sección 10.08	Tratamientos superficiales bituminosos	417
Sección 10.09	Capa de liga	426
Sección 10.10	Capa de imprimación	426
Sección 10.11	Sello bituminoso	428
Sección 10.12	Pilotaje	429
Sección 10.13	Hormigón estructural	431
Sección 10.14	Varillas de acero para refuerzo	457
Sección 10.15	Alcantarillas de tubo	457
Sección 10.16	Subdrenajes	463
Sección 10.17	Estructuras de acero	464
Sección 10.18	Gaviones	476
Sección 10.19	Construcción de muros de tierra armada	482
Sección 10.20	Construcción de túneles	488
Anexos		495
Anexo 10.02A	Factores que han de tomarse en cuenta en las operaciones de barrenado y voladura	496
Anexo 10.13A	Método para evitar la segregación en la colocación del hormigón	509

# *Capítulo 1*

---

## *Organización y responsabilidades*

## **SECCIÓN 1.01 PROPÓSITO Y UTILIZACIÓN DEL MANUAL**

*El propósito de este manual es servir de guía al personal de ingeniería encargado de administrar contratos y de supervisar la construcción de proyectos de carreteras, puentes y túneles que realiza el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a través de la División de Obras Públicas y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).*

*Para lograr este propósito, es necesario que el personal usuario de este manual estudie y revise cuidadosamente su contenido.*

*Se ha procurado, en lo posible, que la información contenida ofrezca a los usuarios una orientación práctica para clarificar aquellos aspectos técnicos de mayor uso en la administración y supervisión de proyectos. Así, por ejemplo, se ha puesto especial énfasis en la exposición del tema sobre "evaluación estadística", que será un elemento fundamental en el control de la calidad.*

*Ha de advertirse, sin embargo, que su empleo correcto exigirá del personal responsable de la administración de proyectos, recurrir a otras fuentes de información, principalmente de organismos internacionales especializados en normas para la construcción de carreteras y puentes, como la AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto, etc., así como a otras publicaciones técnicas, con el fin de obtener instrucciones detalladas acerca de materiales, muestreos y ensayos. Será también necesario atender y aplicar las instrucciones que emita la Administración sobre aspectos inherentes a otras actividades y procedimientos.*

*Aparte de las indicaciones y aclaraciones que se detallan en los diferentes temas tratados en este manual, resulta de suma importancia el buen criterio que se tenga al enfrentar situaciones relativas a la construcción de carreteras. Cuando la información contenida en este manual no tenga el alcance o la profundidad necesarios sobre alguna situación específica, el ingeniero debe basar su decisión en experiencias anteriores o*

*asesorarse en los departamentos especializados o con algún funcionario que posea experiencia en el tema.*

## **SECCIÓN 1.02 ABREVIATURAS Y DEFINICIONES**

*Se incluyen, en esta sección, las abreviaturas de mayor uso referentes a la ejecución de proyectos de carreteras que promueve el Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Las abreviaturas que se detallan a continuación tendrán, dentro de este manual, el siguiente significado:*

<i>CONAVI:</i>	<i>Consejo Nacional de Vialidad</i>
<i>D.O.P.:</i>	<i>División de Obras Públicas</i>
<i>D.O.C.:</i>	<i>Director de Obras del CONAVI, superior inmediato del ingeniero de proyecto.</i>
<i>CR-2002:</i>	<i>Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica</i>
<i>I.N.S.:</i>	<i>Instituto Nacional de Seguros</i>
<i>MINAE:</i>	<i>Ministerio del Ambiente y Energía</i>
<i>M.N.P.:</i>	<i>Memorándum de normas y procedimientos</i>
<i>M.O.P.T.:</i>	<i>Ministerio de Obras Públicas y Transportes</i>
<i>N.C.A.:</i>	<i>Nivel de calidad aceptable</i>
<i>O.M.:</i>	<i>Orden de modificación de obra</i>
<i>O.R.:</i>	<i>Orden de reajustes</i>
<i>O.S.:</i>	<i>Orden de servicio</i>
<i>R.G.C.A.</i>	<i>Reglamento General de Contratación Administrativa</i>
<i>SETENA:</i>	<i>Secretaría Técnica Nacional Ambiental</i>

## **SECCIÓN 1.03 ORGANIZACIÓN GENERAL Y FUNCIONES**

- **General:** para información de los usuarios, se anexa a este manual (anexo 1.01), el organigrama más reciente (2002) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, y sus funciones, así como la ley de creación del CONAVI, y su organización (anexo 1.02).

*La administración y ejecución de contratos de obras viales (carreteras y puentes) compete al CONAVI y a la D.O.P. Para ello, el CONAVI cuenta con tres direcciones: Dirección de Ingeniería, Dirección de Obras, y Dirección de Conservación Vial. La D.O.P. mayoritariamente ejecuta la obra por administración, a través de trece direcciones regionales que cubren todo el país.*

- **Organización CONAVI:** la administración de contratos de construcción y conservación vial constituye la función sustantiva del CONAVI, que funge como entidad pública contratante.

*La formulación de proyectos, para la recuperación de la red vial nacional, así como la preparación de los documentos de licitación para ejecutar las obras y contratar servicios profesionales, son, entre otras, funciones específicas de la Dirección de Ingeniería del CONAVI.*

*La ejecución de las obras es atendida por la Dirección de Obras, o por la Dirección de Conservación Vial, según corresponda a las funciones de cada dirección.*

- **Dirección de Obras:** dentro de las funciones que corresponden a esta Dirección se incluyen, entre otras, las siguientes:
  - Garantizar la ejecución de los contratos de construcción, reconstrucción, mejoramiento y rehabilitación de las carreteras de la red vial nacional.

- *Establecer normas y procedimientos para aplicarlos en la supervisión de las obras.*

*La supervisión de las obras estará a cargo de profesionales calificados, con experiencia en la administración de contratos, aplicación de normas y procedimientos constructivos, para asegurarle a la Administración que las obras que recibe se han ejecutado dentro de las condiciones de calidad, plazo y demás requerimientos establecidos en el contrato.*

- ***Dirección de Conservación Vial:*** *dentro de las funciones que corresponden a esta Dirección se mencionan, entre otras, las siguientes:*
  - *Garantizar la ejecución de los contratos de conservación de la red vial nacional*
  - *Establecer normas y procedimientos para aplicarlos en la supervisión de las obras*

*La supervisión de los trabajos de conservación será atendida por profesionales calificados, con experiencia en administración de contratos, ejecución y supervisión de obras, con buen criterio para enfrentar situaciones que demandan soluciones inmediatas, propias de la actividad de conservación vial.*

- ***División de Obras Públicas:*** *es una dependencia subordinada directamente al nivel superior del MOPT: Ministro y Viceministro. Cuenta con direcciones especializadas, encargadas de atender las áreas de:*
  - *Equipo y maquinaria*
  - *Emergencias*
  - *Planteamiento y programación*
  - *Edificaciones*
  - *Ingeniería*
  - *Gestión municipal*

- Ayuda comunal*
- Obras fluviales, y*
- 13 direcciones regionales que cubren todo el país*

*La labor de campo la realiza a través de trece regiones del país, con recursos propios de la institución (maquinaria y personal), para atender trabajos de mantenimiento en carreteras y caminos prioritarios de la zona. Cada región está a cargo de un ingeniero responsable de la conservación de la red vial que corresponde al ámbito de su región. Además, las regiones deberán atender situaciones de emergencia que eventualmente surjan a causa de desastres naturales o de cualquier otra índole que afecte la operación de las carreteras.*

- **Supervisión de obras:** la supervisión de las obras estará a cargo de un profesional en ingeniería, denominado ingeniero de proyecto, quien tendrá la responsabilidad y autoridad descritas en el artículo 105.01 del CR-2002. El ingeniero de proyecto no puede delegar su autoridad o responsabilidad en su personal.*

*Los inspectores de obra tendrán autoridad para rechazar materiales o suspender el trabajo cuando consideren que los materiales o el trabajo no se ajusten a los requisitos del contrato. La decisión tomada por el inspector tendrá efecto hasta tanto el asunto no sea resuelto por el ingeniero.*

*El Contratista será informado sobre la autoridad y responsabilidad del personal encargado de supervisar el trabajo, incluyendo la designación del ingeniero que fungirá como Ingeniero de Proyecto. Este y otros aspectos relacionados con la ejecución del contrato serán comunicados al Contratista en la reunión de preconstrucción, tal como se describe en la sección 2.01 de este manual.*

*Dentro de los alcances de esta reunión, el Contratista deberá informar quiénes serán los profesionales responsables de atender la ejecución del proyecto (ingeniero residente y director técnico) y su organización.*

*En este sentido, es necesario y de suma importancia para la administración del contrato, que el Contratista, por escrito, informe a la ingeniería de proyecto las atribuciones que tendrán los profesionales designados para atender la ejecución del proyecto.*

*La obra se iniciará a partir de la fecha consignada en la orden de servicio, emitida por el Ingeniero de Proyecto.*

*Durante la construcción del proyecto, el Contratista deberá llevar a cabo el control de calidad de todos los materiales incorporados a la obra, así como de todos los procesos constructivos, para asegurarle a la Administración que la obra se realiza conforme con los requisitos del contrato. La Administración, a través de la unidad de supervisión encargada del control del cumplimiento de las obligaciones contraídas por el Contratista, efectuará las verificaciones necesarias para determinar que el Contratista esté cumpliendo con las especificaciones técnicas contractuales que definen la calidad de la obra.*

*El ingeniero responsable de la supervisión decidirá sobre todos los aspectos relacionados con la construcción del proyecto. Para ello deberá, oportunamente, preparar y tramitar todos los documentos que surjan de la necesidad de adecuar el contrato a las condiciones reales de campo, así como generar la correspondencia necesaria con el Contratista sobre todos aquellos aspectos técnicos y administrativos propios de una buena administración.*

*Concluida la obra, el Contratista lo comunicará a la Administración (Ingeniero de Proyecto) para que se establezca fecha y hora para la recepción. La Administración dispondrá de quince días hábiles para fijar la fecha. De esta recepción que tendrá carácter provisional, se levantará un acta que suscribirán el funcionario representante de la Administración y el Contratista, en donde se consignarán todas las circunstancias pertinentes, en orden, al estado de la obra, si el recibo es a plena*

*satisfacción de la Administración o si se hace bajo protesta, y toda observación relativa al cumplimiento de las partes. Efectuada la recepción provisional, no correrán multas por atraso en la entrega. La Administración dispondrá de un plazo de dos meses, contados a partir de la recepción provisional, para efectuar la recepción definitiva, salvo que en el cartel respectivo se haya contemplado un plazo diferente.*

*La Administración solo podrá recibir definitivamente la obra, después de contar con los estudios técnicos que acrediten el cumplimiento de los términos de la contratación, sin perjuicio de las responsabilidades correspondientes a las partes en general, y en particular las que originen vicios ocultos de la obra. Estos estudios forman parte del expediente, lo mismo que el acta a que se refiere el párrafo anterior.*

*Cuando surgiere discrepancia entre la Administración y el Contratista sobre el cumplimiento de los términos contractuales o sobre las condiciones de la obra, la Administración podrá recibirla bajo protesta, y así se consignará en el acta respectiva. La discrepancia podrá resolverse en los términos que determine el Cartel o mediante arbitraje, todo en conformidad con lo establecido en el inciso 67.6.3 del R.G.C.A.*

*Además del procedimiento aquí descrito para el recibo de obras, deberá observarse lo dispuesto en los incisos 67.6.2, 67.6.3 y 67.6.4 del Reglamento General de Contratación Administrativa (R.G.C.A.).*

#### **SECCIÓN 1.04 RESPONSABILIDADES DEL INGENIERO DE PROYECTO**

A) **Generalidades:** *el Ingeniero de Proyecto dirigirá todas las actividades de las cuales es responsable según la autoridad que ha recibido, de la manera que más se ajuste a los intereses de la Administración.*

*B) Planos y especificaciones:* el Ingeniero de Proyecto analizará cuidadosamente los planos, especificaciones, disposiciones especiales y todos los demás documentos que formen parte del contrato. Examinará todo el corredor de la construcción propuesta y comparará las condiciones existentes en el terreno con las que se indican en los planos. Cualquier divergencia material entre ambas deberá notificarse inmediatamente a la Dirección de Obras del CONAVI. Si alguna parte de los planos o las posiciones especiales no le resulta suficientemente clara, o a su criterio está errada, debe solicitar su esclarecimiento a la Dirección de Ingeniería del CONAVI.

*C) Reunión de preoferta:* es la reunión que promueve la Administración a través de la Dirección Técnica encargada para aclarar y evacuar consultas de los interesados sobre la información incluida en los documentos de la licitación del proyecto, referente a fuentes de materiales, derechos de vías, aspectos sobre el diseño del proyecto, vías de acceso al proyecto, así como sobre cualquier otra información relevante relativa al proyecto. No deberán hacerse declaraciones sobre posibles variaciones en los planos o especificaciones.

Los funcionarios de la Administración, asistentes a la reunión, consideren que alguna(s) consulta(s) requieran de un análisis más cuidadoso, o cuando no sea de su competencia responder sobre el tema de la consulta, se tomará nota de ellas y, posteriormente, se dará la respuesta por escrito al solicitante y a todos los demás interesados asistentes a la reunión. De esta reunión se levantará un Acta, en la que se consignará la lista de los asistentes, aclaraciones y comentarios sobre consultas, y las consultas que luego serán respondidas por escrito. Una copia de esta acta será enviada a cada uno de los asistentes y a los interesados que no asistieron a la reunión, con suficiente antelación a la fecha de apertura de las ofertas.

*D) Replanteo topográfico:* el Ingeniero de Proyecto hará todos los esfuerzos por efectuar los trabajos de replanteo o demarcaciones topográficas con la debida coordinación a las operaciones del Contratista. Especial atención deberá darse a este trabajo, para evitar atrasos injustificados en la ejecución de la obra, así como

*futuros reclamos por demoras o aumento de precios que se deriven de esta circunstancia. Cuando haya necesidad de un cambio en alguna parte del proyecto después de que se haya realizado la demarcación topográfica, el ingeniero comunicará de inmediato, por escrito, al Contratista la naturaleza del cambio y también dejará constancia de ello mediante una anotación en la bitácora.*

*Los cambios deberán informarse oportunamente a la D.O.C, con indicación de su naturaleza, extensión y el efecto consecuente que tendrá el cambio en la obra. Los trabajos de demarcación que implique el cambio deberán realizarse a la mayor brevedad posible, una vez que se cuente con las autorizaciones que correspondan, para evitar demoras en las operaciones del Contratista.*

**E) Plan de operaciones:** *será responsabilidad del Ingeniero de Proyecto familiarizarse plenamente con el plan de operaciones del Contratista, programa de trabajo, plan de control de calidad y demás tareas que le demande la administración del proyecto.*

*Particularmente, dará un seguimiento constante al avance de los trabajos y al control de calidad y realizará todas las verificaciones que considere pertinentes para asegurar el cumplimiento de los requisitos del contrato. Cuando surjan situaciones que requieran cambios o modificaciones al contrato, deberá oportunamente preparar y tramitar los documentos que correspondan, debidamente justificados para no ocasionar atrasos innecesarios en el avance de los trabajos.*

*Todas las operaciones del Contratista que no estén acordes con las buenas prácticas constructivas y que pongan en riesgo la calidad de los trabajos que ejecuta o la seguridad del personal, deberán señalarse por escrito, para que el Contratista tome las medidas correctivas a satisfacción del ingeniero.*

F) **Inspección:** constituye un deber primordial del Ingeniero de Proyecto velar para que el proyecto se construya de acuerdo con los términos del contrato, especificaciones e indicaciones en los planos de construcción. Para ello, deberá mantener una vigilancia permanente en todos los frentes de trabajo y llevar a cabo todas las verificaciones que considere necesarias de los trabajos ejecutados por el Contratista. Para cumplir cabalmente esta responsabilidad, la Administración debe proveerle los recursos necesarios para poder garantizar una inspección segura y permanente.

En cuanto a los métodos constructivos y fuentes de materiales, ha de señalarse que a menos que en el cartel o en los planos se indique de otra forma, el Contratista decidirá a su conveniencia la fuente por utilizar y los métodos constructivos por emplear. Sin embargo, el ingeniero tendrá la autoridad de rechazar la mano de obra y cualquier material o procedimiento constructivo que no sea satisfactorio para lograr el nivel de calidad aceptable de los trabajos. Dentro de sus atribuciones, el ingeniero puede sugerirle, pero no imponerle al Contratista, cómo mejorar los métodos de trabajo, o hacerle ver la inconveniencia sobre cualquier otro asunto relacionado con la ejecución de la obra.

El Ingeniero de Proyecto impartirá todas las órdenes necesarias para asegurar el cumplimiento de los términos. Las órdenes importantes dadas oralmente, deberán confirmarse por escrito.

La Administración colaborará con el Contratista, en un esfuerzo por lograr la máxima eficiencia al menor costo posible.

Una inspección adecuada no significa un escrutinio constante de los trabajos que realiza el Contratista. De hecho, es sabido que un procedimiento, de tal naturaleza, raras veces es necesario. El Ingeniero de Proyecto deberá familiarizarse con los métodos de construcción que se están llevando a cabo, e implementar procedimientos ocasionales para tomar medidas de inspección durante los períodos

*críticos u otras circunstancias, a intervalos razonables que le permitan cerciorarse de que el proyecto está siendo construido de manera apropiada.*

*No obstante, será necesario que en las inspecciones se exijan todos los requisitos del contrato, y no únicamente aquellos relacionados con aspectos de pago. En otra parte de este manual, sección 1.07, se analizan las disposiciones que guardan relación con las medidas de seguridad del personal y público en general.*

**G) Coordinación en la obtención de derechos de vía y eliminación de obstáculos:** *es deber de la Dirección de Ingeniería del CONAVI coordinar la obtención de derechos de vía pendientes y la eliminación o reubicación de obstáculos como: postería de alumbrado público, cañerías, sistemas de cloacas, monumentos, etc. Para ello, solicitará la intervención de la Dirección de Asuntos Legales o realizará gestiones con las respectivas instituciones del Estado encargadas de brindar esos servicios públicos. Para evitar atrasos en la etapa constructiva, la Dirección de Ingeniería levantará planos de las áreas a expropiar o marcará en los planos existentes, los obstáculos existentes y hará las gestiones que correspondan para solucionar oportunamente este tipo de inconvenientes.*

**I) Cambios:** *antes de la preparación de los planos de construcción, deberán haberse efectuado todos los estudios técnicos necesarios que permitan anticipar, en la medida de lo posible, condiciones especiales (no usuales) durante la ejecución de la obra. Sin embargo, por limitaciones propias de los estudios de investigación, no deberán estos entenderse como concluyentes de las verdaderas condiciones que se encontrarán durante el progreso de la obra. Por lo tanto, es justificable aceptar un margen normal de cambios en los planos o especificaciones que deberán soportarse en los documentos legales vigentes por su trámite respectivo. Cuando tales circunstancias ocurran, el Ingeniero de Proyecto deberá proceder con la mayor prontitud en la preparación y trámite de los documentos que correspondan.*

*J) **Personal:** el Ingeniero de Proyecto es responsable de las actividades oficiales de su personal de apoyo, en ejercicio de sus funciones. Las actuaciones de su personal fuera de servicio, no son de su responsabilidad, aunque tendrá la autoridad de reprender o recomendar la remoción de todo aquel personal que resulte culpable de mala conducta observada fuera del trabajo, siempre que esta resulte en descrédito de la institución.*

*Será deber, también, del Ingeniero de Proyecto instruir al personal sobre el desempeño de las tareas asignadas, así como de su entrenamiento para atender otras tareas de inspección. Deberá colaborar con todo programa de adiestramiento promovido por una autoridad superior, y recomendará el adiestramiento de su personal cuando lo considere necesario.*

*K) **Equipo:** el Ingeniero de Proyecto es responsable de todo el equipo a su cargo, propiedad de la Administración. Tomará las debidas precauciones para prevenir pérdidas por fuego o robo. Instruirá al personal sobre el cuidado de vehículos y equipo, y realizará personalmente la inspección de estos bienes con el fin de asegurarse que el mantenimiento es apropiado. Informará inmediatamente a la autoridad correspondiente sobre todo equipo dañado o no satisfactorio por cualquier motivo, y hará las recomendaciones para su reparación o reemplazo. No debe utilizarse u operarse ningún equipo que no ofrezca seguridad.*

*L) **Registros e informes:** el Ingeniero de Proyecto mantendrá al día, en forma ordenada y apropiada, todos los registros y la documentación relacionada con la ejecución del proyecto. En el capítulo 3, se incluyen las instrucciones detalladas sobre todo lo relacionado con los registros e informes que deben mantenerse en el proyecto.*

*M) **Costo del proyecto:** El Ingeniero de Proyecto debe mantener registros apropiados sobre el costo del proyecto, de tal forma que pueda, en cualquier momento, saber el costo acumulado de la obra ejecutada, incluyendo lo correspondiente a reajustes de*

*precio. Deberá, además, llevar controles que le permitan conocer el estado de avance del proyecto, es decir, la cantidad del trabajo terminado y de obra faltante, tomando en cuenta eventuales cambios o modificaciones por realizar. De esta forma, se tendrá un control adecuado sobre cantidades excedentes o insuficientes de los distintos renglones de pago. Periódicamente, deberán efectuarse los ajustes de cantidades que corresponda, por medio de órdenes de modificación de obra, cuando ello no implique un aumento en el monto del contrato, o por medio de addenda, cuando la modificación implique un aumento en el monto del contrato, aumento de plazo, o bien, modificación del objeto del contrato. En todos estos casos, deberá ajustarse a lo dispuesto en el artículo 14, incisos 14.1, 14.2, 14.3 y 14.4 del Reglamento General de Contratación Administrativa (R.G.C.A.).*

*Particular importancia deberá dársele al control de cantidades, en razón de su incidencia en el costo de la obra y, consecuentemente, en la obtención de recursos adicionales, para financiar la totalidad de la obra.*

### **SECCIÓN 1.05 OFICINA DE CAMPO O CAMPAMENTO**

*Una vez que se le haya asignado un proyecto, el ingeniero designado hará las gestiones correspondientes para disponer de una oficina de campo, e informará a su superior su localización para eventuales visitas al proyecto, así como la forma en que puede ser localizado (vía teléfono, etc.).*

*Para facilitar su labor, como responsable de supervisar la obra, es importante que haya una buena relación con las autoridades locales u otros interesados del lugar, con el fin de dar a conocer las características del proyecto, y sus diferentes fases constructivas, así como cualquier otro detalle que pueda ser de interés de los moradores del lugar.*

*La oficina de proyecto deberá estar lo más cerca posible del lugar del trabajo. El ingeniero deberá colocar algún tipo de rótulo informativo que la identifique como oficina del proyecto, con la siguiente información:*

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD (CONAVI)**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

*La oficina o campamento deberá mantenerse limpio y ordenado y disponer de servicios sanitarios adecuados, bien mantenidos, y de servicio de agua potable y electricidad.*

*Cuando el Ingeniero de Proyecto no resida en estas mismas viviendas o campamentos, ocupados por su personal, deberá designar un miembro del personal que resida en el campamento como su representante, para asegurar el mantenimiento de la disciplina durante las horas libres o ausencia del ingeniero.*

### **SECCIÓN 1.06 INDUMENTARIA**

*Todos los funcionarios que conforman el grupo de personal de inspección deben esforzarse por exhibir una presentación acorde con sus funciones y cargo que desempeñan.*

*En los sitios en que puedan presentarse circunstancias de peligro, al personal se le deberá proveer de la indumentaria apropiada para realizar las funciones de inspección. En general, en los proyectos de construcción se recomienda el uso de casco protector. Cuando se trabaja en áreas expuestas al tránsito, el personal deberá llevar algún tipo de indumentaria protectora, como por ejemplo chaleco amarillo reflectante. Todos los*

*artículos de indumentaria protectora especial serán proporcionados por la Administración.*

### **SECCIÓN 1.07 SEGURIDAD E INFORMES DE ACCIDENTES**

*El Ingeniero de Proyecto deberá procurar la seguridad del personal designado para la inspección, y tomará las precauciones necesarias para prevenir accidentes. Para tales efectos, deberá estar familiarizado con los formularios previstos para informe de accidentes, y reportar cualquier accidente de inmediato a su superior (D.O.C.), para el trámite que corresponda. Así mismo, deberá instruir al personal, mediante reuniones frecuentes, sobre la estricta observancia de las normas de seguridad, y hará énfasis especial en las áreas o actividades de peligro que se presentarán durante la ejecución del proyecto.*

*El ingeniero debe también conocer los reglamentos y disposiciones que se refieren al uso de vehículos propiedad de la institución, así como las leyes y reglamentos de tránsito.*

*Debe velar para que todo el personal a su cargo que opera vehículos oficiales, tenga la licencia de conducir al día.*

*Cuando haya tenido evidencia de prácticas de manejo inapropiadas o la inobservancia de las disposiciones reglamentarias o legales, por parte del personal autorizado para operar vehículos oficiales, deberá recomendar el retiro de la autorización, con el fin de evitar eventuales accidentes.*

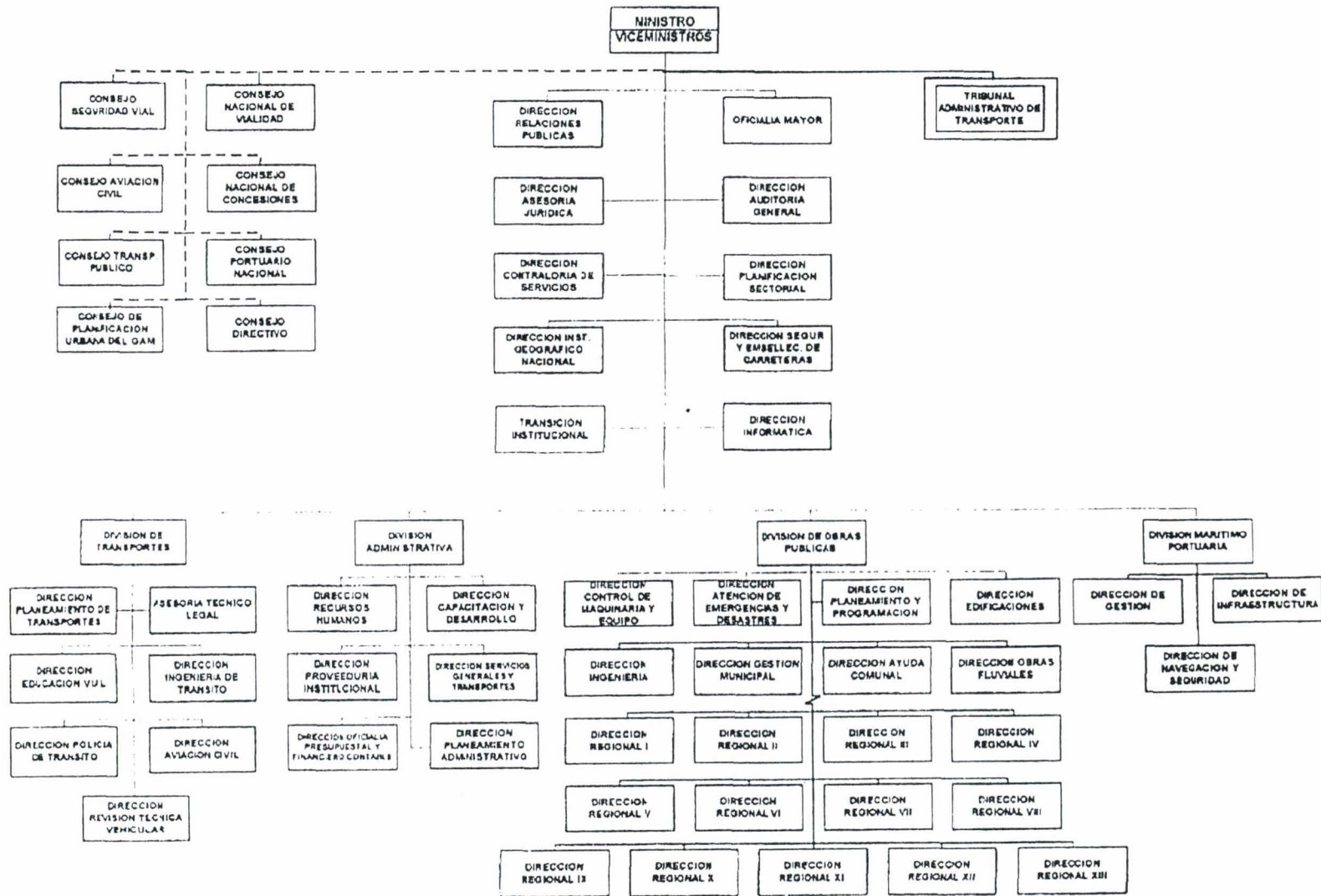
## **SECCIÓN 1.08 DISPOSICIONES GENERALES Y MEMORANDA DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS**

*Las “Disposiciones generales” y los “Memoranda de normas y procedimientos” (M.N.P.) son comunicados emitidos por la dependencia que corresponda, a través de los cuales se fijan directrices o se dan instrucciones al personal sobre temas técnicos específicos.*

*Existe otro tipo de comunicado que se denomina “reporte técnico” (R.T.), el cual reviste especial interés para los profesionales involucrados en la construcción de carreteras. Este tipo de reportes recoge experiencias documentadas sobre algún evento o experiencia específica, de algún tema, trabajo o actividad que se ha realizado de manera exitosa ante un problema complejo de ingeniería.*

# *Anexos*

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES  
2002



**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES**

**FUNCIONES:**

- 1- Determinar, con base en estudios y planes elaborados al efecto y conjuntamente con el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, el orden de prioridades en materia de construcciones viales, portuarias y aeroportuarias.
- 2- Planificar, construir y mejorar las carreteras y caminos. Mantener las carreteras y colaborar con las municipalidades en la conservación de los caminos vecinales. Regular y controlar los derechos de vía de las carreteras y caminos existentes o en proyecto. Regular, controlar y vigilar el tránsito, sus consecuencias ambientales y el transporte por los caminos públicos.
- 3- Planificar, construir, mejorar, mantener, operar y administrar los aeropuertos nacionales y sus anexos. Regular y controlar el transporte y el tránsito aéreo y sus derivaciones, por medio de un Consejo Técnico de Aviación Civil y por las dependencias administrativas que se estime convenientes.
- 4- Planificar, construir, mejorar y mantener los puertos de altura y cabotaje, las vías y terminales de navegación interior, los sistemas de transbordadores y similares. Regular y controlar el transporte marítimo internacional, de cabotaje y por vías de navegación interior.
- 5- Regular, controlar y vigilar los transportes por ferrocarriles y tranvías.
- 6- Regular y controlar el transporte continuo de mercaderías a granel.
- 7- Planificar, regular, controlar y vigilar cualquier otra modalidad de transporte no mencionado en este artículo.
- 8- Construir, mejorar y mantener las edificaciones y demás obras públicas no sujetas a disposiciones legales especiales y vigilar porque se les dé el uso adecuado. La planificación de estas obras se hará conjuntamente con los organismos a los cuales incumbe su funcionamiento, operación y administración.
- 9- Planificar, construir, mejorar y conservar obras de defensa civil, para controlar inundaciones y otras calamidades públicas.
- 10- Planificar y efectuar cartas geográficas, hidrográficas y mapas de la República. Estudiar, investigar y laborar sobre aspectos geográficos, hidrográficos y de otra índole que sean complemento de esas funciones.

### **RECURSOS HUMANOS:**

Para llegar al objetivo y fin de su mandato, el Ministerio cuenta con un total de 3824 personas entre funcionarios y empleados, según Ley de Presupuesto 2001.

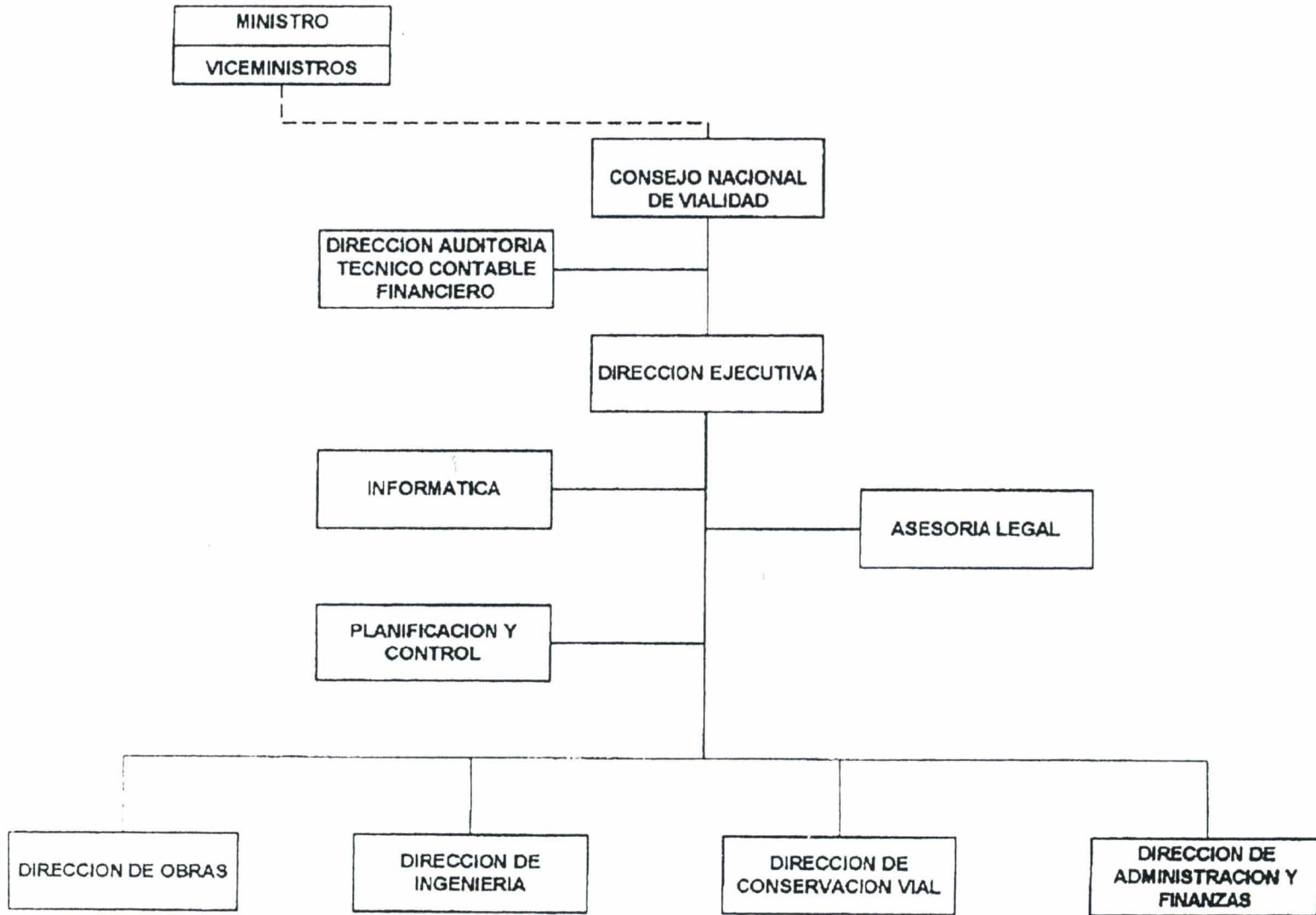
### **RECURSOS ECONÓMICOS:**

Sobre este aspecto, conforme lo dispone nuestra Carta Magna, mediante el presupuesto nacional, anualmente se le asignan las partidas en el Título 12° de dicha Ley.

### **FUNCIONARIO EJECUTIVO PRINCIPAL:**

<b>Título del cargo:</b>	Ministro de Obras Públicas y Transportes
<b>Método de nombramiento:</b>	Decreto Ejecutivo
<b>Vigencia del nombramiento:</b>	Cuatro años, pudiendo ser reelecto
<b>Requisitos:</b>	Ser ciudadano en ejercicio, costarricense por nacimiento o por naturalización con diez años de residencia en el país después de haber obtenido la nacionalidad, ser del estado seglar, haber cumplido 25 años.

CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
2001



## Ley de Creación del CONAVI

La Ley de Creación asigna a CONAVI los siguientes “objetivos”.

- “a) Planear, programar, administrar, financiar, ejecutar y controlar la conservación y la construcción de la Red Vial Nacional en concordancia con los programas que elabore la Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.*
- b) Administrar su patrimonio.*
- c) Ejecutar, mediante contratos, las obras, los suministros y servicios requeridos para el proceso de conservación y construcción de la totalidad de la red vial nacional.*
- d) Fiscalizar la ejecución correcta de los trabajos, incluyendo el control de la calidad.*
- e) Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en el campo de la construcción y conservación vial*
- f) Celebrar contratos o prestar los servicios necesarios para el cumplimiento de sus objetivos y funciones”.*

Para cumplir estos objetivos la misma Ley da una estructura básica que consiste en:

1.- **Un consejo de Administración**, con las siguientes atribuciones:

- “a) Aprobar la regulación interna de la organización y modificarla cuando sea conveniente.*
- b) Aprobar cada año el presupuesto de ingresos y egresos para el ejercicio presupuestario correspondiente.*
- c) Nombrar y remover al Director Ejecutivo y al Auditor de las auditorías técnica, contable y financiera, por mayoría de dos tercios de la totalidad de sus miembros, por lo menos.*
- d) Desarrollar estudios tendientes a establecer las condiciones mínimas en que convenga mantener la Red Vial Nacional.*
- e) Aprobar los planes quinquenales definitivos de las políticas generales de la Comisión Nacional de Vialidad, servirán de base para formular los presupuestos anuales.*
- f) Aprobar las vías que integran la Red Vial Nacional y las que operan mediante el sistema de peaje, y someter las tarifas a la aprobación de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.*

El producto de los peajes únicamente podrá ser utilizado en la carretera que generó el monto respectivo.

- g) Establecer las normas relativas a pesos y dimensiones máximos que deben tener los vehículos que circulen en la Red Vial Nacional.*
- h) Fiscalizar la ejecución correcta de los contratos suscritos con terceros particulares.*

- i) *Suscribir contratos y contraer empréstitos con entidades de crédito internas o externas. De requerirse el aval del Estado será necesaria la aprobación de la Asamblea Legislativa.*
- j) *Suscribir los contratos de trabajo y los de obra, suministros y servicios y ejercer la fiscalización que proceda.*
- k) *Propiciar la capacitación de su personal*
- l) *Promover la investigación y transferencia de tecnología en el campo de la conservación y construcción vial, con instituciones y organizaciones nacionales o internacionales.*
- m) *Promover medios de comunicación con el usuario, de manera tal que tenga acceso al funcionamiento del Consejo Nacional de Vialidad y pueda manifestarse al respecto, para crear así interrelación de conocimientos, experiencia y propósitos.*
- n) *Emitir criterios técnicos para actualizar, periódicamente, la clasificación de la Red Vial Nacional.*
- o) *Aprobar los informes que presente el Director Ejecutivo y el auditor general.*
- p) *Contratar una auditoría externa para que audite en forma periódica los estados financieros del Consejo. Al finalizar cada ejercicio económico, la auditoría externa presentará al Consejo de Administración un informe la opinión sobre el cierre contable-financiero del período y las recomendaciones que considere pertinente formular. Una copia de este informe será enviada a la Contraloría General de la República para los fines legales correspondientes”.*

**2.- Una Dirección Ejecutiva, cuyas atribuciones por ley son:**

- a) *Ejecutar los acuerdos y las demás resoluciones del Consejo de Administración y tomar parte en sus sesiones con voz pero sin voto.*
- b) *Representar judicial y extrajudicialmente al Consejo Nacional de Vialidad, con facultades de apoderado general sin límite de suma. Podrá otorgar poderes judiciales o especiales, cuando sea de interés comprobado para el Consejo Nacional de Vialidad.*
- c) *Administrar el Consejo Nacional de Vialidad según el inciso anterior y las leyes y normas correspondientes.*
- d) *Elaborar los programas y presupuestos del organismo y presentarlos al Consejo de Administración para su aprobación.*
- e) *Preparar los programas internos.*
- f) *Determinar, con base en los estudios técnicos que correspondan, las vías que integran la Red Vial Nacional y las que operan al peaje, conforme al inciso f) del artículo 5 de esta Ley.*
- g) *Presentar para la aprobación del Consejo de Administración los procedimientos de control de calidad y el cumplimiento de los servicios contratados con terceros o de su personal.*
- h) *Suscribir los contratos de trabajo y tramitar los de obra, suministros y servicios, así como ejercer la fiscalización que proceda.*
- i) *Presentar al Consejo de Administración informes trimestrales, como mínimo sobre el desarrollo de los programas y presupuestos.*

- j) *Ejecutar cualquier otra gestión expresamente encomendada por el Consejo de Administración.*”
- 3.- **Una Dirección de Auditoría Técnica y Contable-Financiera**, a la que le asigna las siguientes funciones:
- a) *Desarrollar su actividad de acuerdo con las normas legales y reglamentarias vigentes.*
  - b) *Examinar y evaluar los mecanismos y procedimientos técnicos.*
  - c) *Vigilar la técnica aplicada en los recursos asignados, según la práctica comúnmente aceptada.*
  - d) *Verificar que los contratos administrativos adjudicados se ajusten a las especificaciones señaladas.*
  - e) *Vigilar la oportuna y correcta inspección y supervisión de las obras.*
  - f) *Efectuar revisiones, exámenes, auditorías y evaluaciones en todas las áreas públicas o privadas relacionadas con el contrato respectivo necesarias para el fiel cumplimiento de sus funciones”.*

## **Estructura de Organización para el Consejo Nacional de Vialidad**

Aprobada por el Ministerio de Planificación, Oficio DM-158-99, del 29 de setiembre de 1999.

### **1.- DIRECCIÓN EJECUTIVA**

#### **Funciones Gerenciales:**

- Gerenciar las obligaciones, funciones y responsabilidades del CONAVI.
- Promocionar y divulgar la gestión del CONAVI.
- Organizar de actividades para involucrar a la Sociedad Civil en la gestión del CONAVI.

### **2.- DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS**

#### **Funciones Gerenciales:**

- Administrar los recursos humanos, financieros y materiales del CONAVI.
- Analizar financieramente las ofertas presentadas por interesados.

#### **a) DEPARTAMENTO FINANCIERO**

##### **Funciones**

- Formular y evaluar el presupuesto (Presupuesto).
- Registrar y controlar las actividades propias de la ejecución presupuestaria. (Presupuesto).
- Pagar oportunamente los compromisos contraídos (Tesorería).
- Registrar contablemente todas las actividades financieras y patrimoniales (Contabilidad).

#### **b) DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO**

##### **Funciones:**

- Administrar los recursos humanos
- Administrar los Servicios Generales
- Administrar los recursos materiales (Proveeduría)

### **3.- PLANIFICACIÓN Y CONTROL**

#### **Funciones:**

- Formular el plan anual y multianual de inversiones de obras.
- Controlar la ejecución del plan anual y multianual de inversiones en obras.

#### 4.- **INFORMÁTICA**

##### **Función Principal:**

- Establecer, mantener y actualizar los sistemas de información y control de las actividades técnicas, administrativas y financieras ejecutadas por el CONAVI.

#### 5.- **ASESORÍA LEGAL**

##### **Funciones:**

- Analizar legalmente las ofertas presentadas a la administración.
- Elaborar contratos, convenios y resoluciones.
- Asesorar legalmente al Consejo de Administración y dependencias del CONAVI (emisión de criterio jurídico cuando se requiera).

#### 6.- **AUDITORÍA TÉCNICA Y CONTABLE-FINANCIERA**

##### **Función Principal:**

- Realizar estudios de auditoría técnica y contable-financiera de la gestión del CONAVI.

#### 7.- **DIRECCIÓN DE INGENIERÍA**

##### **Funciones:**

- Formular los proyectos de obras necesarios para la recuperación y ampliación de la Red Vial Nacional.
- Obtener y confeccionar los documentos necesarios para la ejecución de proyectos de obras.
- Establecer y actualizar las normas, procedimientos y metodologías para la formulación de proyectos de obras.
- Establecer y actualizar las normas relativas a pesos y dimensiones vehiculares.
- Obtener y confeccionar los documentos necesarios para la contratación de obras y servicios.
- Promocionar la Conservación del Medio Ambiente para Proyectos de Obras.

#### 8.- **DIRECCION DE OBRAS**

##### **Funciones:**

- Garantizar la ejecución de los contratos y convenios de recuperación y ampliación de la Red Vial Nacional (rehabilitación, reconstrucción, mejoramiento y construcción de obras).
- Establecer las normas y procedimientos para la supervisión de obras.
- Tramitar la documentación generada durante la ejecución de las obras.

## **9.- DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL**

### **Funciones:**

- Garantizar la ejecución de contratos y convenios de mantenimiento rutinario y periódico de la Red Vial Nacional.
- Establecer las normas y procedimientos para la supervisión de obras.
- Tramitar la documentación generada durante la ejecución de las obras.

## *Capítulo 2*

---

# *Relaciones generales*

## SECCIÓN 2.01 RELACIONES CON EL CONTRATISTA

A) **Reunión de preconstrucción:** tan pronto como sea posible, después de que la adjudicación del contrato haya quedado en firme, el Director de Obras del CONAVI, convocará a una reunión de preconstrucción con el Contratista. Entre los asistentes a esta reunión, deberá estar el siguiente personal:

### 1) Personal MOPT-CONAVI

- El Director de Obras del CONAVI
- Ingeniero de Proyecto designado
- Personal especializado
  - Ingeniero de diseño de vías
  - Ingeniero del laboratorio de materiales
  - Ingeniero de diseño de puentes (si hubieren estructuras de puentes)

### 2) Personal del Contratista

- Director técnico
- Ingeniero residente

Además, deberán asistir los profesionales que se consideren necesarios (especialistas) para tratar problemas específicos complejos que se presentarán durante la ejecución del proyecto.

El propósito de la reunión de preconstrucción es tratar todos aquellos aspectos del proyecto en que haya dudas, omisiones, aclaraciones o cualquier otro asunto que deba ser definido o aclarado antes del inicio de los trabajos.

Específicamente, deben tratarse y discutirse al menos los siguientes temas:

- 1) *Identificación de los profesionales que tendrán a cargo la supervisión y construcción del proyecto.*
- 2) *Explicación general, por parte de la Administración, de los aspectos más relevantes del proyecto, forma en que se llevará a cabo la supervisión, obligación del Contratista sobre el control de calidad que deberá realizar para cumplir los términos del contrato pactados con la Administración.*
- 3) *Exigencias sobre control, mantenimiento y seguridad del tránsito usuario, cuando se trate de intervenciones (o trabajos) en vías existentes.*
- 4) *Fuentes de materiales: por la trascendencia que este tema tiene respecto al plazo de ejecución del proyecto y la calidad de los materiales por emplear en la obra, debe dársele la mayor importancia. Debe indicarse, prioritariamente, el estado en que se encuentran los permisos de explotación de las fuentes por utilizar, así como discutir los resultados de los ensayos previos que haya realizado el Contratista a las fuentes propuestas.*

*La Administración podrá según sea el caso planteado en el Cartel, colaborar en las gestiones que realice el Contratista, ante el MINAE y la SETENA, para agilizar la obtención de los permisos de explotación.*

*Al respecto, cabe señalar que el Regente Ambiental designado o contratado, velará para que el Contratista no incumpla los términos en que se le concede la explotación en la resolución emitida.*

- 5) **Programa de trabajo:** *este será el instrumento que le permitirá al Ingeniero de Proyecto dar seguimiento al progreso de la obra, y a la permanencia en la obra de los recursos necesarios para ejecutar, cada una de las actividades dentro del plazo establecido en el programa de trabajo.*

*Por la importancia que reviste en el desarrollo de la obra, el programa de trabajo debe estar bien conceptualizado, ser realista y complementado con las brigadas de equipo y personal necesarios para asegurar la viabilidad de su ejecución. Además, debe incluir un “flujo de caja mensual” para efectos de la asignación oportuna de los recursos financieros, de manera que no surjan atrasos innecesarios por falta de recursos.*

*Con el fin de poder aprobar el programa de trabajo original, el Contratista deberá presentarlo a la oficina a cargo del proyecto, cinco días hábiles antes de la reunión de preconstrucción, para su respectivo análisis previo. El programa de trabajo deberá contener toda la información establecida en el artículo 108.03 del CR-2002.*

*Una vez que el programa de trabajo sea aprobado, será el instrumento que servirá de base al Ingeniero de Proyecto para evaluar el avance de la obra y para el pago de reajuste de precios o del congelamiento de la tasa de cambio (¢/U.S.A. \$), cuando se prevea en el contrato el pago en dólares U.S.A.*

- 6) ***Plan de control de calidad:*** *el Contratista debe explicar, con amplio detalle el plan que llevará a cabo durante la construcción para asegurar el control de calidad de los materiales incorporados a la obra y los procesos constructivos sujetos a evaluación.*

*De igual forma, explicará cómo enfrentará la ejecución del proyecto, haciendo referencia a su organización y al personal con que contará para llevar a cabo la obra.*

*Respecto a la calidad de la obra, el Contratista deberá tener claro que ha adquirido una obligación contractual para ejecutar una obra conforme con los términos pactados con la Administración. Esto significa que el Contratista está obligado a construir la obra con la calidad pactada. Por tal razón, la*

*responsabilidad de la calidad de la obra siempre será del Contratista, aun cuando haya situaciones en donde se requiera de la aprobación del ingeniero.*

*Así entonces, la responsabilidad del ingeniero estará circunscrita a verificar la calidad de la obra ejecutada por el Contratista, cuando lo estime pertinente, o cuando tenga duda sobre algún trabajo ejecutado.*

*En todo caso, el control de calidad debe entenderse como uno de los aspectos fundamentales que requieren esfuerzo y la atención necesaria para la adecuada supervisión de un proyecto.*

- 7) **Derechos de vías:** se harán los comentarios, aclaraciones e indicaciones que correspondan relativos a situaciones de conflicto con los derechos de vías, en caso de que los hubiere. En este caso, el ingeniero deberá procurar normalizar, a la mayor brevedad posible, los derechos de vías, con el fin de evitar atrasos en el desarrollo de la obra.*
- 8) **Adelantos y/o anticipos:** cuando esté previsto en el contrato conceder un adelanto o anticipo, en esta reunión deberá determinar la forma en que se considera este beneficio. En forma parcial o de una sola vez.*
- 9) **Definición de orden de inicio:** de común acuerdo entre las partes y una vez refrendado el contrato por la Contraloría General de la República, emitida la correspondiente orden de compra o solicitud de mercancía, obtenidos los permisos de fuentes de materiales, si corresponde a la Administración darlos y cumplidas todas aquellas obligaciones de parte de la Administración, el Ingeniero de Proyecto ordenará, mediante la respectiva orden de servicio, el inicio de los trabajos.*

*No debe permitirse el inicio de los trabajos al Contratista, si no se cuenta con el respectivo refrendo de la Contraloría General de la República.*

*A partir de la fecha de la orden de inicio, empezará a contarse el plazo del contrato.*

**10) *Presentación de documentos:*** *para esta reunión, el Contratista deberá entregar, al Ingeniero de Proyecto, los siguientes documentos:*

- *Programa de trabajo (deberá entregarse cinco días hábiles antes de la reunión)*
- *Plan de control de calidad*
- *Cuaderno de bitácora de obra o documentación de los trámites en proceso ante el C.F.I.A.*
- *Libro de diario del proyecto para la inspección*

*Para procurar un desarrollo ordenado de la reunión y abordar todos los temas de interés, el Ingeniero de Proyecto elaborará previamente una agenda con los puntos por tratar (el anexo 2.01 incluye un modelo de agenda).*

*De todos los aspectos tratados en esta reunión, se preparará un documento denominado “Acta de preconstrucción”, en donde se consignarán los asuntos de mayor relevancia discutidos, así como las aclaraciones y decisiones tomadas en esta reunión.*

*Además, deberá quedar constancia de la explicación del Ingeniero de Proyecto sobre la autoridad y obligaciones del personal a cargo de la inspección, así como de lo expuesto por el Contratista sobre su organización y el nombramiento del representante autorizado para actuar por él.*

**B) *Conducta de los empleados en el desempeño de sus funciones:*** *todos los encargados de la inspección deberán tener presente, en todo momento, que son representantes de la Administración y, como tales, en el desempeño de sus funciones deberán mantener un comportamiento amigable, cortés y formal.*

*La rectitud en su proceder y el apego absoluto a los principios éticos y morales son metas que deben privar en el personal de inspección. No debe favorecerse la fraternidad con los empleados del Contratista, ni aceptar regalos ni favores de parte del Contratista. El personal de inspección no debe contraer obligaciones con el Contratista. Todo ofrecimiento de regalías u otro tipo de acciones del Contratista, o de su representante, que pueda ser interpretado como intento de soborno, deberá denunciarse de inmediato a la autoridad superior que corresponda.*

*Los inspectores deben mantener una actitud justa e imparcial y sin ostentaciones. No deben enfrascarse en discusiones con ninguno de los miembros del Contratista. En caso de divergencias o desacuerdos que no puedan ser resueltos de manera satisfactoria en el momento, el asunto deberá ser comunicado a una autoridad superior. Los inspectores no tienen autoridad para no exigir el cumplimiento de las disposiciones del contrato, ni para aceptar condiciones contrarias a los planos y especificaciones del contrato. Tampoco pueden actuar como capataz del Contratista, pero sí tendrán autoridad para rechazar materiales o suspender los trabajos mientras el asunto pueda ser resuelto por el Ingeniero de Proyecto. En general, todas las órdenes al Contratista deben provenir del Ingeniero de Proyecto, y transmitirse al Director Técnico o al Ingeniero Residente del Contratista.*

*Las discusiones sobre la organización del Contratista, maquinaria, métodos de trabajo, progreso de la obra, etc., deben realizarse entre el Ingeniero de Proyecto y Director Técnico. No es conveniente que los funcionarios de apoyo a la ingeniería entren en discusiones con empleados del Contratista, porque esto podrá conducir a inconsistencias, confusión y relaciones inconvenientes, en perjuicio de la supervisión.*

*Para tratar los diferentes aspectos que surjan durante el desarrollo de los trabajos y de todos aquellos que puedan anticiparse, deberán efectuarse reuniones con el*

*Director Técnico o el Ingeniero Residente del Contratista. Los acuerdos o decisiones que se tomen en estas reuniones deben registrarse en la bitácora del proyecto.*

- C) **Reclamos y divergencias:** *durante la construcción, es normal que se presenten divergencias de criterios entre el Contratista y la supervisión, sobre interpretación de las disposiciones del contrato, aumento de costos, prórrogas en el plazo, etc. En tales casos, las especificaciones generales le conceden derecho al Contratista de manifestar su inconformidad, cuando considere que las órdenes impartidas han sido injustas y lesionan sus intereses. Cuando así lo estime, el Contratista podrá firmar las órdenes de modificación o de servicio indicando su protesta, con lo cual anunciará la respectiva reclamación. Sin embargo, tendrá la obligación ineludible de devolverla dentro de los tres días hábiles siguientes a su recibo, conforme con lo establecido en el artículo 104.02 del CR-2002.*

*En general, el ingeniero debe procurar, hasta donde las circunstancias se lo permitan, resolver la divergencia, por medio de la negociación, de tal forma que se emitan las órdenes apropiadas de común acuerdo entre las partes. Es necesario actuar con prontitud y hacer los ajustes oportunos, tomando en cuenta los términos del contrato, los planos y las especificaciones aplicables en cada caso. El Ingeniero de Proyecto debe mantener informado, a su superior inmediato, de todos los pormenores y circunstancias que originan la reclamación.*

*La respuesta a estos reclamos debe fundamentarse en criterios del ingeniero, tomando en consideración todos los hechos, resultados de investigaciones, aspectos legales, registros del proyecto y cualquier otro elemento relacionado con el problema. Toda la información recopilada deberá evaluarse conjuntamente por el Ingeniero de Proyecto y su inmediato superior (D.O.C.). Dentro de este análisis, debe valorarse si se dispone de toda la información necesaria para apoyar la respuesta, o bien, si el reclamo contiene aspectos de carácter legal, en cuyo caso*

*debe buscarse la asesoría legal del CONAVI o el MOPT, o de ambos, según corresponda.*

*El Ingeniero de Proyecto debe revisar cuidadosamente la bitácora del proyecto, el libro de diario de la inspección y cualquier otro registro o documento que contenga información útil para evaluar todos los aspectos incluidos en el reclamo. Es importante hacer notar el valor que tiene la información que se genera durante la construcción del proyecto, para casos de reclamaciones o litigios; de ahí la importancia de mantener registros, archivos y demás documentos del proyecto en forma ordenada y al día.*

*El diario del proyecto (bitácora) constituye un documento esencial del historial del proyecto; debe contener información detallada y completa de todas las operaciones del Contratista, incluyendo comentarios relativos a la maquinaria (cantidad, estado, tiempo en reparación, producción, etc.), materiales, progreso de la obra, estado del tiempo, etc.*

*El ingeniero debe hacer uso de su buen criterio y prudencia en las anotaciones que realice en el diario, debido a la trascendencia legal que tiene este documento.*

*Ningún funcionario representante de la institución debe advertir al Contratista acerca de la conveniencia de presentar una reclamación, ni exteriorizar de ningún modo su opinión sobre una acción posible, favorable o desfavorable de una autoridad superior.*

*En cualquier asunto en discusión que no haya sido resuelto a satisfacción del Contratista, este tendrá derecho de presentar un reclamo formal por escrito, en el que fundamente las razones por las cuales no está de acuerdo con la decisión del ingeniero.*

## SECCIÓN 2.02 RELACIONES CON EL PÚBLICO

*Por el contacto con el público, propietarios de terrenos colindantes, residentes de comunidades cercanas, etc., es necesario que el personal de inspección, como representantes de la institución, exhiban un buen comportamiento en el ejercicio de sus funciones y fuera de ellas.*

*El Ingeniero de Proyecto debe mantener buenas relaciones con los grupos representantes de las comunidades locales, y proporcionar información de interés relacionada con el proyecto cuando estos lo soliciten. Deberá tenerse especial cuidado en el manejo de información que pueda ser tergiversada, malentendida o no interpretada correctamente. Cuando tales circunstancias puedan ocurrir, deberá tenerse como inapropiado brindar este tipo de información.*

*Como guía, a continuación se suministran algunas directrices útiles para el manejo de información que puede ser de interés para el público.*

- 1) Una vez iniciado el proyecto, el ingeniero juzgará la conveniencia de informar a los dirigentes de la comunidad y al público en general y municipalidades interesadas, sobre las características principales del proyecto que se construirá. Resaltará situaciones de conflicto, como por ejemplo derechos de vía, descarga de las aguas, construcción de cercas, permisos, etc., en donde la colaboración de los dirigentes resulte importante para resolver oportunamente este tipo de situaciones y cualesquiera otras que afecten el desarrollo normal de los trabajos.*
- 2) Se informará anticipadamente, a los interesados, la terminación de las etapas más importantes de la obra, según lo previsto en el programa de trabajo, así como datos importantes sobre el proyecto, tales como:*

- *Costo del proyecto*
  - *Financiamiento*
  - *Longitud del proyecto*
  - *Estructuras (puentes) por construir, si los hubiere*
  - *Plazo del contrato*
  - *Contratista, etc.*
- 3) *Se proporcionará información relacionada con cierre de caminos, desvíos, restricciones de velocidad, aspectos de seguridad de interés general de los conductores de la zona, y presencia de equipo de construcción en caminos aledaños.*
- 4) *Deberá evitarse dar la impresión de que se busca publicidad personal.*
- 5) *Cuando sea hecha pública alguna declaración infundada o errónea, debe valorarse en trascendencia. De no ser que esta sea importante, no deberá presentarse queja o inconformidad con la publicación. En caso contrario, y para evitar críticas y polémicas malinfundadas, es conveniente solicitar una rectificación al responsable de la publicación.*
- 6) *Sin afán de subestimar la capacidad de los miembros de la prensa, de los dirigentes comunitarios o de cualquier otra persona o grupo, se debe estar seguro de la claridad de las declaraciones o comentarios ofrecidos.*
- 7) *Es necesario abstenerse de emitir opiniones o comentarios sobre asuntos de incumbencia local que no tienen ninguna relación con el proyecto.*
- 8) *Toda la relación con el público debe hacerse a través del Ingeniero de Proyecto.*
- 9) *Cuando se trate de información relativa a asuntos de mayor trascendencia de interés público y de competencia de otros niveles superiores, deberá canalizarse ante el jefe inmediato superior, para su debida respuesta.*

*Sobre el tema de manejo de información dirigida al público, deberán tomarse las medidas de precaución pertinentes e instruir a los ingenieros de proyecto en cuanto a su responsabilidad que les corresponde.*

*Como regla general, en cualquier circunstancia, debe advertirse la conveniencia de no ir más allá en declaraciones que puedan suscitar críticas o malentendidos.*

# *Anexo*

## **SUGERENCIAS PARA ACTA DE REUNIÓN DE PRECONSTRUCCIÓN (Esquema-modelo)**

### **I) INTRODUCCIÓN**

A) *Tomar lista de los presentes, a quiénes representan y sus títulos*

### **II) ORGANIZACIÓN**

A) *Dirección de Obras (o de Conservación), CONAVI*

- *Canales de autoridad*
- *Instrucciones*
- *Órdenes*
- *Comunicaciones*

B) *Organización del Contratista*

- *Canales de autoridad*
- *Representante en el proyecto, con autorización escrita para actuar en representación del Contratista*
- *Responsabilidad del Contratista con los subcontratistas*

C) *Relaciones con otras instituciones o empresas*

- *Ministerio del Ambiente y Energía*
- *Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA)*
- *Sistema Nacional de Áreas de Conservación del MINAE*
- *Empresas de servicio público*
- *Otros contratistas*

### **III) PLANOS, ESPECIFICACIONES Y CONTRATO**

A) *Revisión de planos*

- *Interpretación y aclaraciones de la información contenida en ellos*
- *Consideraciones de interés sobre tipos de trabajo*
- *Indicaciones especiales sobre materiales*
- *Detalles de construcción*
- *Otros*

B) *Revisión de especificaciones*

- *Consideraciones sobre especificaciones especiales, aplicables*
- *Previsiones especiales por tener en cuenta en la construcción*
- *Otros*

C) *Contrato*

- *Disposiciones del contrato (aclaraciones)*
- *Adelanto, anticipo*
- *Subcontratos*

- *Cumplimiento de disposiciones ambientales (Sección 110 CR-2002)*
- *Otros*

#### **IV) MATERIALES**

##### *A) Fuentes de materiales*

- *Ubicación y calidad de los materiales*
- *Obtención de permisos y cumplimiento de los requisitos para su explotación*
- *Uso de las fuentes en el proyecto*
- *Otros*

#### **V) CONSTRUCCIÓN**

##### *A) Programa de trabajo*

- *Plan de operaciones del Contratista*
- *Frentes de trabajo*
- *Equipo y maquinaria*
- *Plantas de producción*
- *Actividades críticas*
- *Otros*

##### *B) Demarcación topográfica*

- *Replanteo de línea de centro*
- *Toma de secciones*
- *Colocación de estacas de talud*
- *Otros*

##### *C) Controles en voladuras (explosivos)*

- *Aplicación de reglamentación vigente, restricciones, etc.*
- *Disposiciones del artículo 107.09 del CR-2002 (uso, transporte, almacenamiento)*
- *Otros*

##### *D) Coordinación con empresas de servicio público*

##### *E) Señalamiento de tránsito (cuando sea necesario)*

- *Plan de señalamiento para advertir y orientar al tránsito*
- *Desvíos por utilizar*
- *Otros*

#### **VI) MEDICIÓN Y PAGO**

##### *A) Estimaciones de obra*

- *Estimaciones sobre trabajo realizado*
- *Fecha de estimación*
- *Retenciones*

##### *B) Estimaciones de ajuste de precios*

*El detalle de temas contenido en este modelo de acta, constituye una simple guía, que puede ayudar al ingeniero de proyecto a estructurar el acta de una reunión de preconstrucción. De ninguna manera debe entenderse que estos sean todos los temas por tratar. La definición de temas dependerá de lo que cada ingeniero considere importante discutir y aclarar en esta reunión y de las condiciones y complejidad del proyecto. No obstante, en este modelo se ha procurado cubrir los temas que normalmente se tratan en las reuniones de preconstrucción.*

## *Capítulo 3*

---

### *Registros e informes*

### SECCIÓN 3.01 GENERALIDADES

*La administración de contratos para la construcción de carreteras constituye una labor compleja y de gran responsabilidad. El profesional responsable de la administrar un contrato debe tener amplia experiencia en el área administrativa y técnica (materiales, procesos constructivos y aplicación de normas). Parte esencial de la administración de un proyecto se relaciona con la elaboración de informes y generación de gran cantidad de documentos que en suma han de contener todo lo relacionado con la ejecución del proyecto. Usualmente, esta documentación constituye un volumen importante que debe organizarse en forma ordenada y clasificarse en archivos debidamente identificados para facilitar la búsqueda de la información.*

*Por la importancia que ello representa en la administración de contratos, este capítulo hace referencia a los informes y registros de uso más frecuente en la supervisión de proyecto de carreteras.*

*Como práctica generalizada en oficinas a cargo de la supervisión de proyectos,, se debe mantener un sistema de archivo uniforme, que facilite el acceso a la información. Este sistema, en el tanto sea utilizado en las oficinas de proyectos, contribuirá también a evitar inconvenientes en el manejo de la información, cuando sea necesario trasladar personal entre oficinas de proyectos.*

*Actualmente, con los medios electrónicos disponibles es aconsejable que una gran parte del volumen de información que se genera en los centros de trabajo (oficinas), se mantenga en archivos electrónicos, para aprovechar las ventajas que el uso de estos medios ofrece al personal de oficina en el manejo y trasiego expedito de la información.*

*Para seguridad de la información contenida en estos archivos, se deberá respaldar en medios magnéticos apropiados.*

### **SECCIÓN 3.02 CORRESPONDENCIA**

*La correspondencia física (documentos) que se maneja en oficinas de proyecto se clasifica como correspondencia enviada, recibida y correspondencia interna. De toda la correspondencia enviada e interna, se conservará copia en los archivos de la oficina, clasificada según su destino. Igualmente, la correspondencia recibida se archivará en forma clasificada según su procedencia. Toda la correspondencia debe contener un número apropiado y la fecha de su emisión, que permitan su identificación para referirse a ella y para facilitar su localización cuando se requiera.*

*El funcionario que genere la información debe advertir la necesidad o conveniencia de cursar copia a las personas que considere deban estar informadas del asunto que se trata.*

*Cuando el trasiego de información se haga a través de medios electrónicos, se deberá mantener una copia impresa en los archivos del proyecto, igualmente clasificada, según su destino o procedencia. Preferiblemente, este tipo de información debe mantenerse en archivos separados.*

*El Ingeniero de Proyecto debe tomar las medidas que correspondan para asegurar que toda la información contenida en los archivos o en el equipo de cómputo de la oficina del proyecto, permanezca custodiada y protegida de la mejor forma.*

### **SECCIÓN 3.03 CUADERNO DE BITÁCORA DE OBRA**

*El “cuaderno de bitácora de obra” será adquirido por el Director Técnico del Contratista y entregado al Ingeniero de Proyecto el día de la reunión de preconstrucción.*

*El uso de este cuaderno será exclusivo para los profesionales incorporados al C.F.I.A. que laboran para la Administración, consultora (si la hubiere) y Contratista, destacados o relacionados con el proyecto.*

*La bitácora se mantendrá en el sitio de construcción del proyecto. El Ingeniero de Proyecto hará las anotaciones que correspondan para girar instrucciones al Contratista, comunicar modificaciones, variaciones o cambios en los planos, y cualquier otra indicación que considere pertinente. Las anotaciones deberán realizarse con la mayor frecuencia posible, de modo que se lleve un historial completo del desarrollo de la obra. Cada anotación que se registre debe consignar la firma del Ingeniero de Proyecto o del profesional autorizado que haga la anotación. En ausencia del Ingeniero de Proyecto, las anotaciones deben ser efectuadas y firmadas por el profesional a cuyo cargo queda la obra.*

*El cuaderno de bitácora constituye uno de los documentos de registro más importantes de todo lo acontecido durante la ejecución del proyecto. Por tal razón, las anotaciones que se consignan deben ser claras, concisas, completas y legibles.*

*En situaciones de controversia o litigio, la bitácora constituye un documento con fuerza legal comúnmente utilizado para dirimir conflictos o reclamaciones del Contratista.*

*La bitácora de obra se considerará como un documento oficial de la Administración, el cual será entregado, junto con otros documentos del proyecto (libretas de topografía, libro de actas, archivos, estudios realizados, etc.), al finalizar su ejecución, a la dependencia superior que corresponda. El original del cuaderno será entregado en las oficinas del C.F.I.A., según lo dispuesto en el punto 6 de las "Instrucciones generales para uso de bitácora de obra" (ver instrucciones en el anexo 3.01).*

### **SECCIÓN 3.04 DIARIO DE PROYECTO**

*Como complemento al cuaderno de bitácora, reservado para uso de profesionales autorizados, cada inspector llevará un diario de proyecto con anotaciones diarias firmadas por él. Las anotaciones deben iniciarse con la indicación de fecha, condiciones de clima existentes, y una descripción diaria de los trabajos que ejecuta el Contratista, maquinaria, personal, ubicación del trabajo ejecutado (de estación "X" a*

estación “Y”) y cualquier otra observación de interés, como desperfectos de la maquinaria, condiciones de los materiales (húmedos, contaminados, compactación deficiente, derrumbes, etc.). Además, deberá anotarse toda la actividad realizada por el personal de topografía y de laboratorio, así como las visitas al proyecto de personas o funcionarios importantes.

El “diario de proyecto” constituye un documento oficial de la Administración, cuya información será considerada como complementaria del cuaderno de bitácora.

Cada información que se registre diariamente deberá incluir, entre otros, los siguientes aspectos:

1. Fecha y condiciones de clima
2. Correspondencia (memorandos entregados o recibidos del Contratista, sobre los trabajos que se ejecutan)
3. Trabajo de la cuadrilla de topografía (Administración y Contratista)
4. Trabajo del personal de laboratorio (Contratista, Administración o Consultora)
5. Nombre de personas o funcionarios importantes que visitan el proyecto
6. Actividad que realiza el Contratista, ubicación del trabajo, maquinaria y personal utilizado
7. Observaciones sobre condiciones de riesgo en el trabajo, y las medidas correctivas
8. Información relacionada con accidentes en el trabajo
9. Cualquier otra información que sea considerada de interés, que pudiera tener relación con eventuales desacuerdos o divergencias, tales como dificultades encontradas en la construcción y sus posibles causas, atrasos provocados por desperfectos (o fallas) en la maquinaria que afecten las operaciones normales del Contratista, etc.

### **SECCIÓN 3.05 ANOTACIONES DE CAMPO Y LIBROS DE CÁLCULO**

**A) Generalidades:** durante la construcción del proyecto, la inspección debe llevar toda la información documentada en cuadernos, libros, libretas, bitácoras, archivos, etc.,

de manera que sirvan de soporte para las estimaciones del trabajo mensual realizado por el Contratista o para cualquier otra eventualidad. Toda la información será registrada (anotada) en libros encuadernados o en libretas de topografía debidamente identificadas de acuerdo con su contenido (tránsito, niveles, secciones, etc.).

Las anotaciones deben ser claras, completas y cuando sea necesario, complementadas con croquis (o esquemas), para hacerlas fácilmente comprensibles. Cuando haya que corregir anotaciones originales, debe pasarse una línea sobre ellas, y escribir la anotación corregida, preferiblemente encima. En caso de que la corrección implique la eliminación de una parte considerable del texto, la corrección se hará tachando en cruz el texto, y se anotará el registro y número de página en donde se encontrarán las notas revisadas.

Todas las libretas de apuntes y demás registros deben tener las páginas numeradas. En toda anotación deben indicarse siempre la fecha y la firma del que realiza la anotación.

Todos los documentos del registro deben ser marcados (o titulados) de manera simple, para que puedan ser identificados con facilidad. Ejemplo:

<b>DIRECCIÓN DE OBRAS DEL CONAVI</b>
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> _____
<b>CONTENIDO DEL REGISTRO:</b> _____
<b>NOMBRE DEL INGENIERO DE PROYECTO:</b> _____
<b>FECHA (MES Y AÑO):</b> _____

Cuando haya varios registros o cuadernos de una misma tarea de trabajo, deberán numerarse secuencialmente. Ejemplo: Libreta de niveles N° 1, N° 2, etc.

**B) Anotaciones y registros:** como guía, se enumeran a continuación los libros de anotaciones y cálculo que generalmente, y como práctica aconsejable, deben llevarse durante el proceso de construcción. Las anotaciones que fueren necesarias relativas a conceptos o actividades menores o secundarias, deberán registrarse, hasta donde sea posible, en libros titulados como "varios".

- *Bitácora del proyecto*
- *Diarios del proyecto*
- *Libretas de tránsito*
- *Libretas de niveles*
- *Libretas de nivelación*
- *Cálculo de nivelación*
- *Niveles de "taco azul" (subrasante)*
- *Libretas de estacas de talud*
- *Libretas de alcantarillas y cabezales*
- *Libretas de subdrenajes*
- *Pilotaje*
- *Acero de refuerzo (cálculo)*
- *Acero estructural*
- *Libreta de secciones de corte para préstamo*
- *Sobreexcavaciones y derrumbes (cálculo)*
- *Libreta de cambios de canales*

*De ser necesario, se habilitará(n) otro(s) registro(s) para documentar las cantidades y cálculos de cualquier otra actividad o renglón importante, no incluido en este listado.*

### **SECCIÓN 3.06 REGISTRO DE MATERIALES**

*Todos los materiales estarán sujetos a inspección, muestreo, ensayos y rechazo en cualquier momento antes de la aceptación del trabajo.*

*El Ingeniero de Proyecto mantendrá registros e informes de las evaluaciones de los materiales, de los procesos constructivos y de todos los cálculos para la determinación del factor de pago, cuando sea aplicable el método estadístico en el control de calidad.*

*En el capítulo 9 “Medición y pago”, del presente manual, se expone con amplio detalle el procedimiento de aplicación del método estadístico.*

### **SECCIÓN 3.07 FOTOGRAFÍAS**

*Las fotografías constituyen una parte importante de los registros y archivos del proyecto. El uso de fotografías en los informes, utilizando medios electrónicos, sirve para documentar los registros respecto a deslizamientos, hundimientos, inundaciones y otros fenómenos inusitados; las condiciones reales, cuando un Contratista alega “alteración de las condiciones del terreno”; aspectos y prácticas de construcción poco comunes; accidentes causantes de muerte, lesiones, o daños a la propiedad, invasión al derecho de vía, y otras situaciones y condiciones semejantes. Son también para ilustrar informes sobre aspectos experimentales y prácticas de construcción poco usuales, informes finales de construcción y otros reportes afines. Su valor es de gran importancia como evidencia en caso de que surjan controversias durante la construcción, que puedan luego convertirse en litigios.*

*Es recomendable que las fotografías se tomen en etapas apropiadas de la construcción, inmediatamente después de acontecidos los fenómenos y antes de que las condiciones extraordinarias se alteren. La claridad y la buena composición son de gran importancia, además de una identificación adecuada. El registro de identificación de cada fotografía debe incluir el sitio exacto en que fue tomada (incluyendo referencias a las estaciones del proyecto), fecha y hora de la toma, condiciones climáticas del lugar fotografiado, nombre y firma del fotógrafo. Esta información es de particular importancia en el caso de fotografías que pudieran servir como elementos de prueba en caso de conflictos legales.*

*El registro de identificación del material fotográfico deberá organizarse de manera que todas las fotografías puedan localizarse con facilidad, e incorporarse al sistema de archivos del proyecto.*

### **SECCIÓN 3.08 REGISTROS E INFORMES DE COSTOS**

- A) Registros:** *como se estableció en el capítulo 1, el Ingeniero de Proyecto debe conocer, en todo momento, los costos acumulados de construcción, así como el probable costo total de la obra. Para lograr esto, es necesario llevar registros de todos los costos de construcción, a medida que estos se acumulan conforme avanza el proyecto.*
- B) Resúmenes de costos de construcción:** *los resúmenes de los costos de construcción deben elaborarse como parte de los cálculos de avance mensual.*

*Los resúmenes intermedios de costos de construcción acumulados permiten a la Oficina del Proyecto mantener al día las condiciones y el estado del trabajo realizado a la fecha, en cada concepto o ítem del contrato, así como las cantidades y costos probables de la obra. [Esta información es necesaria para ejercer un adecuado control administrativo de los fondos durante la construcción.*

*Terminada la obra, debe procederse al cierre de cantidades finales ejecutadas, para preparar la orden de modificación final (finiquito). Además de la conveniencia de llevar estos registros durante la construcción, ayudan como información base ya procesada, en la preparación de los documentos finales para el finiquito del contrato.*

*Es recomendable mantener estos registros en hojas electrónicas Excel, con el fin de manejar y procesar la información más expeditamente o generar informes relativos a cantidades y costos de obra.*

### **SECCIÓN 3.09 INFORME MENSUAL DEL INGENIERO DE PROYECTO**

*El Ingeniero de Proyecto debe presentar un informe mensual sobre el avance del proyecto. Estos informes han resultado ser de inmenso valor para mantener a la Dirección de Obras del CONAVI y otras dependencias involucradas, constantemente informadas sobre las actividades en los proyectos.*

*Los informes deben contener fechas importantes del proyecto, datos sobre el avance, plazo transcurrido, monto pagado a la fecha, adelantos, descripción breve de los trabajos ejecutados por el Contratista, y Consultora si la hay. Además deben comentarse situaciones de excepción ocurridas durante el período.*

*Los informes mensuales deben ajustarse al formato vigente que se muestra en el anexo 3.09, de este capítulo, excepto que se disponga lo contrario.*

### **SECCIÓN 3.10 GRÁFICO DE PROGRESO**

*Resulta conveniente llevar, en cada proyecto, un gráfico de progreso para mostrar las relaciones entre el tiempo transcurrido del contrato y los montos pagados los cuales serán incluidos como parte del informe mensual (ver anexo 3.09).*

*Este gráfico no debe confundirse con el “Programa de trabajo” que debe presentar el Contratista según lo dispuesto en el artículo 108.02 del CR-2002. Sin embargo, la comparación del progreso real con el progreso programado por el Contratista, servirá para determinar la necesidad de solicitar al Contratista que realice los ajustes en el “Programa de trabajo”, cuando existan desviaciones entre lo programado y lo ejecutado.*

### **SECCIÓN 3.11 INFORME SOBRE PROYECTOS SUSPENDIDOS**

*Cuando una obra se suspende durante períodos de tiempo prolongados por malas condiciones de tiempo o por otras causas justificadas, el Ingeniero de Proyecto preparará, inmediatamente después de suspender las obras, un informe con una descripción resumida de los motivos de la suspensión, así como las sugerencias o recomendaciones más importantes que, a su juicio, deban ponerse en conocimiento del jefe inmediato superior. Es importante que estos informes hagan referencia al estado del proyecto antes de la suspensión y a cualquier otra situación o condición particular del proyecto.*

### **SECCIÓN 3.12 INFORME FINAL DE CONSTRUCCIÓN**

**A) Generalidades:** *cuando se concluya una obra, es necesario que el Ingeniero de Proyecto prepare un informe final que refleje todos los aspectos relevantes ocurridos durante su construcción, incluyendo datos, fechas o períodos importantes, para ubicar en el tiempo los eventos sucedidos.*

*La inserción de fotografías con notas descriptivas al pie, constituye una forma de ilustrar convenientemente aspectos puntuales del desarrollo de los trabajos, así como de cualquier otra situación de interés que se quiera documentar.*

*El “informe final” debe presentarse en forma de libro, convenientemente empastado o con tapas (cubiertas) de protección debidamente rotuladas, que den apariencia al documento. Además deberá presentarse, conjuntamente con el documento, una copia en soporte magnético en formato electrónico Word, Excel 97 u otras versiones más recientes, o cualquier otra similar compatible con el equipo disponible en la Administración.*

**B) Contenido del informe:** *el informe final debe redactarse en forma narrativa, haciendo referencia únicamente a información pertinente al proyecto. En lo*

posible, deberá evitarse la repetición de datos y ser reiterativo en la descripción de temas. Sin embargo, debe consignarse una descripción completa de las principales actividades de la construcción y de cualquier otro suceso ocurrido que, a juicio del Ingeniero de Proyecto, sea relevante incluir. El informe debe complementarse con documentos anexos que contengan información procesada (tablas, gráficos, cuadros resúmenes y otros documentos a los que se ha hecho referencia en la parte narrativa).

Al inicio del informe, debe incluirse una hoja con el título y las firmas del Ingeniero de Proyecto y del jefe inmediato superior.

Además de la descripción de las actividades principales de construcción, deben incluirse otros aspectos del proyecto que normalmente se describen en el informe final, tales como los que se detallan en la siguiente guía:

- *Antecedentes*
- *Descripción del proyecto*
- *Labor de la inspección*
  - *Laboratorio de materiales*
  - *Topografía*
  - *Cálculo*
  - *Inspección*
- *Descripción actividades principales*
  - *Actividad A*
  - *Actividad B*
  - *Actividad C*
- *Problemas presentados durante la construcción (derechos de vía, falta de pago, lluvia, atrasos, etc.)*
- *Cambios (modificaciones) en el contrato*
  - *Addenda*
  - *Órdenes de modificación*
  - *Órdenes de servicio*

- *Labor del Contratista*
  - *Organización*
  - *Idoneidad del personal*
  - *Desempeño del Contratista*
  - *Equipo asignado (estado, producción, etc.)*
- *Control de calidad*
  - *Incumplimientos, si los hubo (describir con detalle castigos, rechazos, multas etc.)*
  - *Certificados extendidos por el Contratista (incluirlos)*
- *Anexos*
  - *Adenda aprobados (adjuntar órdenes de modificación que dan sustento)*
  - *Órdenes de modificación aprobadas*
  - *Órdenes de servicio aprobadas*
  - *Control de calidad*
    - *Información relativa a resultados de laboratorio (tablas, cuadros, gráficos, etc.)*
    - *Subrasante*
    - *Capa de subbase*
    - *Capa de base (granular, estabilizada)*
    - *Capa de mezcla asfáltica*
    - *Tratamiento superficial bituminoso*
    - *Hormigón estructural*
  - *Otros documentos*
    - *Estudios especiales (estabilidad de taludes, deslizamientos, etc.)*
    - *Información fotográfica*

**C) Distribución:** la Dirección de Obras instruirá, al Ingeniero de Proyecto, sobre el número de ejemplares requeridos para su distribución.

*El documento (original) debe elaborarse con un formato normal, logrado con versión Word y Excel 97 u otras más recientes. Debe procurarse una buena presentación y organización de la información contenida.*

*El “Informe final de construcción” constituye un documento de gran valor por su contenido relativo a la construcción del proyecto, que puede ser de utilidad como referencia a otros ingenieros o servir de base para dirimir conflictos. Por tal razón se recomienda que exista un lugar adecuado donde puedan disponerse estos documentos y su respectiva copia electrónica, como información histórica de la institución.*

### **SECCIÓN 3.13 PLANOS FINALES DE CONSTRUCCIÓN**

*Terminada la obra, se deben incorporar a los planos originales, todas las modificaciones ordenadas durante la construcción, de manera que, al final, se tenga una versión de planos constructivos tal y como se construyó el proyecto (planos actualizados). Los planos actualizados, así como el “informe final” del proyecto, son especialmente útiles para el Área de Conservación Vial. Ambos documentos contienen toda la información relativa a cómo quedó construido el proyecto.*

*En términos generales, los planos actualizados deberán incluir: todos los cambios de alineamiento y nivelación, subbase, base y superficie de rodamiento, estructuras, incluyendo alcantarillas, ampliaciones del derecho de vía, ubicación de monumentos en referencia, cantidades corregidas, puntos de acceso, y cualquier otra información relativa al proyecto terminado.*

### **SECCIÓN 3.14 ARCHIVO DE LOS REGISTROS**

*Una vez concluido el proyecto, y después de preparar y verificar el comprobante final (estimación final), todos los cuadernos de apuntes de trabajo, libros de cálculo, diarios y demás documentos relativos al proyecto deberán ser conservados y archivados apropiadamente, de tal manera que sean de fácil acceso para cualquier consulta.*

# *Anexos*

**“INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL USO DE LA BITÁCORA DE OBRA**

(TOMADO DEL REGLAMENTO ESPECIAL DEL CUADERNO DE BITÁCORA EN OBRAS)

(APROBADO EN SESIÓN #66-91-G.E DE LA J.D.G EL 23 DE JULIO DE 1991)

1. El cuaderno de Bitácora en obras, debe permanecer en el sitio de la construcción debidamente protegido, para evitar su deterioro (Artículo #7).
2. Solo miembros activos del C.F.I.A., podrán hacer anotaciones técnicas en el Cuaderno de Bitácora en obras. La única excepción es el propietario de la obra o su representante legal, si este es miembro activo del C.F.I.A. Además, funcionarios de la Fiscalía, debidamente acreditados y autorizados al efecto, en funciones propias de su cargo. (Artículo #9, 10, 11 y 12).
3. Ninguna obra podrá dejar de visitarse como mínimo una vez cada ocho días hábiles. En cada visita el profesional deberá firmar el Cuaderno de Bitácora y hacer las anotaciones pertinentes. (Artículo #9).
4. Las anotaciones en el Cuaderno de Bitácora se deberán iniciar con una leyenda que incluya entre otros aspectos los siguientes: fecha en que comienza la construcción, nombre y firma de los profesionales que participarán en la obra, indicando cuál de ellos actúa como Profesional Responsable; nombre del personal principal encargado de la obra con indicación de su respectiva posición, etc. Si durante el proceso de construcción se produjeran cambios en cuanto al personal indicado, tales cambios deben ser consignados en la Bitácora de Obra por el Profesional Responsable. Si el Profesional Responsable cambia, deberá anotarse en la Bitácora, e inscribir el nuevo Contrato en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (Artículo #17).

Todas las anotaciones en el cuaderno de Bitácora deberán indicar la fecha en que se hacen, al inicio de las mismas y finalizar cada anotación con la firma del Profesional y número de carné. Además se considera obligatorio por parte del Profesional Responsable dejar constancia o descripción de por lo menos los siguientes aspectos o incidentes si se presentaran:

- a) Constancia de que se respetaron los retiros municipales y estatales.
- b) Normas municipales sobre el uso de zonas comunales.
- c) Descripción de las clases de suelos encontrados, en relación con el tipo de obra (cimientos, muros, rellenos, presas, pavimentos, etc.).
- ch) Constancia de la calidad de los materiales utilizados.
- d) Resultados de las pruebas realizadas con los materiales de construcción, procesados o sin procesar, que se utilicen (bloques, maderas, tuberías, acero, agregados, cemento Pórtland o asfáltico, concreto, etc.). La descripción puede ser omitida, pero en todo caso deben darse las referencias del laboratorio que realizó las pruebas donde obran los resultados para la consulta específica.
- e) Descripción de los métodos constructivos empleados.
- f) Modificaciones, variaciones, ampliaciones o cambios que se produzcan en los planos y especificaciones originales, conforme se describe en los artículos #9 y 10. Si las modificaciones superan un 10% tanto el monto tasado o en el área de construcción aprobada los planos deberán ser presentados nuevamente al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, para tasar los cambios realizados, adicionales a lo aprobado originalmente.
- g) Constancia de que se realizaron las pruebas hidrostáticas de presión en las tuberías que conforman el sistema mecánico.

- h) Constancia de la medición de aislamientos, resistencia a tierra de los sistemas eléctricos. (Artículo #18).

Las anotaciones del Cuaderno de Bitácora deberán concluir con las siguientes indicaciones:

- a) Fecha de conclusión.
  - b) Constancia de habersele entregado al propietario un juego de planos conteniendo todos los cambios efectuados durante la construcción, de tal forma que los mismos reflejan el estado final de la obra.
  - c) Deberá dar constancia del correcto funcionamiento en todos los equipos y sistemas electromecánicos que forman parte de la obra.
  - d) Área o características principales de la construcción y su costo final. (Artículo #19).
5. El Cuaderno de Bitácora en obra tendrá un original y dos copias, el original permanecerá en la obra y será obligación del Profesional Responsable, presentarlo en las oficinas del C.F.I.A. una vez concluida la obra, donde se sellará el último folio usado, quedando bajo custodia del Profesional Responsable durante cinco años. La primera copia será para el Profesional Responsable, la que deberá guardar en su archivo personal conforme se vaya llenando cada folio y la segunda para el Propietario. (Artículo #6).
6. A más tardar treinta días naturales después de terminada la obra o de practicarse el cierre correspondiente, el Profesional Responsable debe presentar el original del Cuaderno de Bitácora en las oficinas del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica para el registro de su finalización. El Profesional Responsable conservará por un período no menor de cinco años el original del Cuaderno de Bitácora y deberá presentarlo al C.F.I.A. cuando sea requerido para ello en un plazo que no debe exceder de diez días hábiles. Cualquier persona legitimada como parte interesada, tendrá acceso al estudio del Cuaderno de Bitácora en presencia de un funcionario del Colegio Federado y no se permitirá su salida, salvo disposición expresa de autoridad competente, que para ello deberá hacer la solicitud por escrito al C.F.I.A. (Artículo #14).

INFORME GERENCIAL MENSUAL Mes: Año: 200\_ Fecha del informe: \_\_\_\_\_

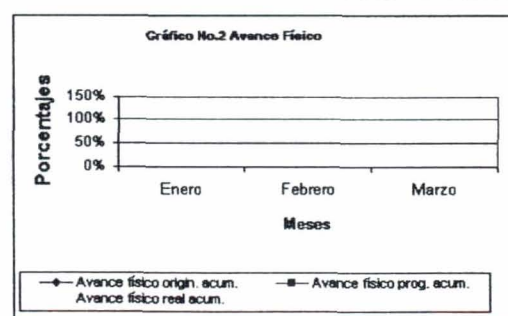
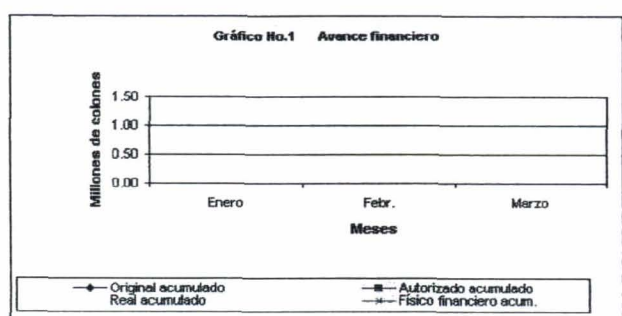
PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 Tipo de trabajo: \_\_\_\_\_

RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
Número de licitación _____	UBICACIÓN: _____ _____ Longitud: <input type="text"/> Km Trabajo a realizar: _____ _____
Fecha firma de contrato _____	
Contratista : _____	
Fecha de inicio _____	
Fecha terminación original _____	
Fecha terminación autorizada _____	
Estado del proyecto _____	
Vencimiento de la garantía de cump. _____	

Ingeniero inspector del proyecto : \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_  
 Director responsable : \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_  
 Director Ejecutivo del CONAVI : \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

INFORMACIÓN FINANCIERA (Miles de colones)						INFORMACIÓN DEL AVANCE FÍSICO
CONCEPTO	OBRA	109.04	REAJUSTE	DELANTOS	TOTAL	
Original					-	Fecha término probable: _____
Autorizado					-	
Probable					-	
Este mes					-	Avance físico real acumulado %: _____
Acum. a la fecha monto					-	Avance fis.respecto cronogr. origin %: _____
Acum. a la fecha %	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!	

Opinión del Ing. Inspector sobre el avance físico, avance financiero y calidad de la obra:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**CUADRO DE RESPALDO N° 1**  
(Información original y autorizada del proyecto)

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES DEL PROYECTO (Renglones de pago)	MONTO ORIG. CONTRATO (Colones)	MONTO AUTORIZ. CONTRATO (Colones)	PESO ACTIV. RESPECTO AL MONTO AUTORIZADO (%)	MONTO PROBABLE (Colones)	DURACIÓN ACTIV. AUTORIZADA (Días naturales)	PESO ACTIV. RESPECTO A LA DURACIÓN TOTAL AUTORIZADA (%)	DURACIÓN ACTIV. SEGÚN CONTRATO ORIG. (Días naturales)	PESO ACTIVIDAD RESPECTO A DURACIÓN TOTAL DEL CONTRATO ORIGINAL (%)
<b>1) OBRA</b>								
1.1) Desmonte y limpieza								
1.2) Excav. no clasif. (A)								
1.4) Excav. no clasif. (B)								
1.5) Excav. para puentes								
1.6) Hormigón clase B 280								
1.7) Hormigón clase B 250								
1.8) Acero estructural								
1.9) Apoyos oleodinámicos								
1.10) Varilla para refuerzo								
1.11) Baranda para puentes								
<b>A) SUBTOTAL OBRA</b>								
<b>2 OTROS</b>								
2.1) Renglón 109.04								
2.2) Adelantos								
2.3) Reajustes								
<b>B) SUBTOTAL OTROS</b>								
<b>TOTAL (A+B)</b>								
<b>3 PLAZO DEL CONTRATO</b>					Autorizado ( )	Original ( )		

**Notas:**

- a) La duración total del proyecto, según contrato es menor que la suma de las duraciones de las actividades, debido a los traslapes que se dan entre ellas.
- b) El peso de cada actividad, se obtiene de dividir la duración (o monto) de cada actividad entre la sumatoria de las duraciones (o montos individuales, multiplicado por 100.

**CUADRO DE RESPALDO N° 2**  
(Situación actual de avance financiero y físico del proyecto)

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES DEL PROYECTO (Renglones de pago)	MONTO CONTRATO ORIG. (Colones)	MONTO AUTORIZ. ACUM. PREVIO (Colones)	MONTO AUTORIZ. A PAGAR ESTE MES (Colones)	MONTO ACUM. PAGADO A LA FECHA (Colones)	MONTO PAGADO RESPECTO AL TOTAL DEL ITEM (%)	AVANCE FÍSICO ACUMULADO PREVIO (%)	AVANCE FÍSICO ESTE MES (%)	AVANCE FÍSICO ACUMULADO A LA FECHA (%)	AVANCE FÍSICO ACUMUL. DEL ITEM RESPECTO AL TOTAL (%)
1) OBRA									
1.1) Nombre del ítem									
1.2) Nombre del ítem									
1.4) Nombre del ítem									
1.5) Nombre del ítem									
1.6) Nombre del ítem									
1.7) Nombre del ítem									
1.8) Nombre del ítem									
1.9) Nombre del ítem									
1.10) Nombre del ítem									
1.11) Nombre del ítem									
A) SUBTOTAL OBRA									
2 OTROS									
2.1) Renglón 109.04									
2.2) Adelantos									
2.3) Reajustes									
B) SUBTOTAL OTROS									
TOTAL (A+B)									

**CUADRO DE RESPALDO N° 3**  
(Avance físico y financiero del proyecto por meses)

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ITEM	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
<b>A AVANCE FÍSICO %</b>										
<b>1.1) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.2) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.3) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.4) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.5) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.6) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.7) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.8) (Nombre del ítem)</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										
<b>1.9) Otros</b>										
- Avance físico prop. orig.										
- Avance físico autorizado										
- Avance físico real										

TIPO DE AVANCE	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
<b>A) AVANCE FÍSICO (%)</b>										
A.1) Original acumulado										
A.2) Program. Acum.										
A.3) Real acumulado										
A.4) Avance físico original										
A.5) Avance físico autorizado										
A.6) Avance físico real este mes										
<b>B) AVANCE FINANCIERO (millones de colones)</b>										
B.1) Original acumulado										
B.2) Autorizado acumulado										
B.3) Real acumulado										
B.4) Físico financ. Acum.										
B.5) Original mensual										
B.6) Autorizado en el mes										
B.7) Real en el mes										
B.8) Físico financiero en el mes										

## Capítulo 4

---

*Órdenes de servicio, órdenes de  
modificación, orden de reajuste  
y adenda*

## SECCIÓN 4.01 GENERALIDADES

*Aunque la oferta, el contrato de obra, los planos y especificaciones, constituyen el marco técnico-legal fundamental para la construcción de un proyecto de carretera, debe advertirse que son obras lineales que se desarrollan sobre el terreno natural, donde siempre estarán presentes los imponderables de la naturaleza que hacen necesario, en determinadas circunstancias, realizar cambios en los planos o especificaciones del proyecto.*

*Por este motivo, tanto las Especificaciones Generales CR-2002 (artículo 104.02), como el Reglamento General de Contratación Administrativa (artículo 14), contemplan que la Administración podrá, en cualquier momento, efectuar cambios dentro del alcance general del contrato, mediante adenda, cuando se trate de modificaciones en el monto, el objeto o el plazo del contrato. Cuando no se esté en ninguna de estos casos, la modificación se realizará mediante órdenes de modificación u órdenes de servicio, según corresponda.*

*Como parte de una sana práctica administrativa, se advierte al Ingeniero de Proyecto la inconveniencia, por las consecuencias que de ello se derivan, de ordenar trabajos no contemplados en el contrato original, a menos que hayan sido autorizados mediante el documento respectivo, debidamente aprobado y comunicado por la Dirección de Obras del CONAVI.*

*Para ordenar la ejecución de un trabajo no contemplado en el contrato, el Ingeniero de Proyecto debe preparar previamente, para su aprobación, alguno de los documentos siguientes:*

- A) **Órdenes de servicio:** son órdenes expedidas por el ingeniero para la ejecución de un trabajo, o servicio, u ordenar la suspensión total o parcial de alguna de las etapas del proyecto, así como la reanudación de labores del Contratista.*

*Las órdenes de servicio constan de dos partes: la primera parte contiene el articulado de la orden que se gira al Contratista, que incluye número y fecha de la orden, nombre del proyecto, fecha y firma del contrato, una breve y concisa descripción del trabajo, servicio o instrucción que se da (suspensión, reanudación, etc.), base para el pago, costo de la orden, renglones de pago bajo los cuales se pagará el trabajo, firmas con indicación de fecha de los ingenieros responsables de la administración del proyecto, firma y fecha de aceptación por parte del Contratista.*

*Todos los trabajos que se ordenen o servicios que se soliciten con cargo al renglón de pago 109.04, deben tramitarse mediante órdenes de servicio.*

*La oficialización de una orden de servicio requiere la aprobación del Ingeniero de Proyecto (o Consultor), Director de Obras, Coordinador (si hay) y del Contratista.*

*En ningún caso la Orden de Servicio debe utilizarse como instrumento para modificar condiciones del contrato.*

*Cuatro tipos de órdenes de servicio son los que usualmente debe confeccionar el Ingeniero de Proyecto.*

*A-1) Orden de inicio*

*A-2) Orden de suspensión de labores*

*A-3) Orden de reanudación de labores*

*A-4) Órdenes de servicio para ejecutar trabajos bajo el renglón 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" (alquileres, servicios de luz, agua, teléfono, mantenimiento de vehículos, compra de estacas, etc.)*

*A-5) Órdenes de servicio para suministro de personal o maquinaria adecuada o sustitución de personal o maquinaria inadecuada*

**B) Órdenes de modificación de obra:** *las órdenes de modificación constituyen el instrumento administrativo para efectuar modificaciones al contrato. Por razones de*

*tipo legal, se distinguen dos tipos de orden: aquellas que no modifican aspectos sustanciales del contrato y aquellas que sí modifican aspectos sustanciales del contrato.*

*Se define como aspecto sustancial toda modificación que produce un aumento en el monto del contrato, aumento en el plazo y/o cambio en el objeto del contrato.*

- **Órdenes que no modifican aspectos y/o sustantivos del contrato:** entre estas, se mencionan como típicas las siguientes:

*B-1) Órdenes de cambio en especificaciones o en los planos pero que no cambian el objeto, el monto (aumento), ni el plazo del contrato*

*B-2) Órdenes de ajuste y cierres parciales de cantidades que no cambian el objeto, el monto (aumento), ni el plazo del contrato*

*B-3) Órdenes de reajustes*

- **Órdenes que afectan aspectos sustantivos del contrato:** por disposición de la Contraloría General de la República, toda modificación al contrato, que afecte el monto (aumento), el objeto o el plazo del contrato, debe realizarse mediante un *addendum* al contrato. Como sustento al *addendum*, deberá prepararse una orden de modificación que contenga, de manera clara y debidamente justificada, el aspecto a modificar. Una vez confeccionada la orden, se deberán consignar las firmas del Ingeniero de Proyecto, Contratista y Director de Obras; cuando se disponga de servicios de consultoría, las firmas por consignar serán las del Consultor, Contratista, Coordinador (si lo hubiere) y Director de Obras.

*En estos casos, la firma del Contratista debe entenderse como una manifestación de conformidad con el contenido de la orden, que servirá de base para la preparación del *addendum*, quedando mutuamente convenido que la misma no tendrá efecto, hasta tanto no quede debidamente aprobado el *addendum* respectivo.*

*Esta indicación será incluida en el formato (machote) de las órdenes que dan origen a adenda al contrato.*

*Dentro de este tipo de órdenes se mencionan, como típicas, entre otras, las siguientes:*

*C-1) Orden de ampliación de plazo*

*C-2) Orden de aumento de cantidades que implican aumento en el monto del contrato*

*C-3) Cambio en el objeto del contrato*

**C) Enmiendas a órdenes de servicio y órdenes de modificación de obra:** *ver inciso 4.03.3 más adelante.*

## **SECCIÓN 4.02 CONTENIDO DE LAS ÓRDENES DE SERVICIO Y MODIFICACIÓN**

*Todas las órdenes de servicio y de modificación de obra, independientemente de su tipo, constarán de dos partes:*

**Primera parte:** *es la parte del articulado de la orden que se gira al Contratista, incluye: fecha y número de la orden, nombre del proyecto, fecha de la firma del contrato, una breve y concisa descripción del trabajo, servicio o de la instrucción que se da (suspensión, reanudación, etc.); base para el pago, costo de la orden, renglones de pago bajo los cuales se pagará el trabajo; firmas, con indicación de fecha, de los funcionarios de la Administración; firma y fecha de aceptación por parte del Contratista.*

**Segunda parte:** *la segunda parte de las órdenes de servicio y modificación consta de una descripción del trabajo que se ordena, y de una razón justificativa.*

*En esta segunda parte el Ingeniero de Proyecto deberá incluir:*

- a) una descripción detallada del trabajo o servicio que se ordena*
- b) la razón que la Administración tiene para emitir la orden respectiva, la cual deberá ser amplia y clara, y aportará la documentación de respaldo, cuando se estime necesario.*

*Adicionalmente, se deberá adjuntar a la orden:*

- a) Órdenes de servicio:*
  - Cuadro de control de órdenes de servicio*
  - Cuadro de control del tiempo (órdenes de suspensión y órdenes de reinicio)*
- b) Órdenes de modificación:*
  - Cuadro de variación de cantidades y montos*
  - Cuadro de control de órdenes de modificación*
  - Cuadro de control financiero*

*Las órdenes enviadas al Contratista para su aceptación y firma, deberán ajustarse a lo dispuesto en el artículo 104.02, incisos d) y e) del CR-2002.*

*Todas las órdenes de servicio, modificación y sus respectivas enmiendas, si las hay, deberán estar enumeradas consecutivamente con referencia a la fecha de emisión; por ejemplo:*

*OS-1, OS-2, OM-1, OM-2, E-1 a OM-1, E-2 a OM-1, etc.*

### ***SECCIÓN 4.03 FORMATOS (MACHOTES) DE ÓRDENES DE SERVICIO Y MODIFICACIÓN DE OBRA***

*De acuerdo con lo descrito anteriormente, a continuación se presentan ejemplos de órdenes de servicio, modificación y enmiendas.*

*De ser necesario, los formatos (o machotes) que se incluyen como ejemplos, deberán adecuarse o complementarse para ajustarlos a las situaciones particulares de cada proyecto.*

#### 4.03.1 ÓRDENES DE SERVICIO

### Órdenes de servicio tipo A-1 (Orden de inicio)

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N° 1 (Orden de inicio)**

**FECHA:**

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:

Iniciar los trabajos de construcción del Proyecto \_\_\_\_\_  
a partir del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.

2) Esta orden de inicio se emite de acuerdo con lo establecido en el artículo 108.04 de las Especificaciones Generales CR-2002.

3) Se acuerda que el plazo original del contrato no varía como consecuencia de esta orden de servicio N° 1. Por lo tanto, a partir del día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, el Contratista dispone de \_\_\_\_\_ días calendario para terminar satisfactoriamente la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N° 1 (Orden de inicio)**

**FECHA:**

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

- 4) Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° 1 y las razones que la justifican no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.
- 5) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° 1, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N° 1 (Orden de inicio)**

**FECHA:**

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de esta orden de servicio N° 1, se le ordena al Contratista iniciar los trabajos de construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, a partir del día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.*

*A partir de esta fecha, el Contratista dispone de un plazo de \_\_\_\_ días calendario para terminar satisfactoriamente la obra.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N° 1 (Orden de inicio)**

**FECHA:**

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

Se emite la presente orden de inicio a partir del \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_,  
por disponerse de la aprobación de los siguientes documentos:

- 1) Contrato para la construcción del proyecto, aprobado por la Contraloría General de la República el \_\_\_\_\_, según oficio N° \_\_\_\_\_.
- 2) Orden de compra (o reserva de crédito, si se trata de servicios de consultoría).

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO**  
**MONTO ORIGINAL (O AUTORIZADO), RENGLÓN 109.04: ₡ \_\_\_\_\_**

Orden N°	Descripción	Monto (colones)		Saldo (Renglón 109.04)
		Parcial	Acumulado	
OS-1	Orden de inicio			X

**Órdenes de servicio tipo A-2a**  
**(Orden de suspensión parcial de labores)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
*Contratista*

1) *De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:*

*Suspender parcialmente los trabajos de construcción en el proyecto a partir del día \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, de los siguientes renglones de pago:*

*(Enumerar los renglones de pago afectados por esta orden.)*

2) *Al término del día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, han transcurrido \_\_\_\_\_ días calendario, de los \_\_\_\_\_ días calendario autorizados para la terminación de la obra, quedando para concluir la obra \_\_\_\_\_ días calendario.*

3) *Esta suspensión parcial se ordena con base en el artículo 105.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 4) *El tiempo por cargar al plazo del contrato durante la suspensión parcial ordenada, se hará proporcionalmente a la producción en el período de suspensión parcial, tomando como base el programa de trabajo vigente.*
- 5) *Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_, no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*
- 6) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO**

**FECHA:**

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 7) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Ingeniero de Proyecto*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_*

*Por:* \_\_\_\_\_  
*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Coordinador (si hay)*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Director de Obras*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_, se le ordena al Contratista:*

*Suspender parcialmente los trabajos de construcción en el Proyecto, que comprenden los siguientes renglones de pago, a partir del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_:*

*(Enumerar los renglones de pago afectados por esta orden.)*

*Nota: Durante el período de suspensión parcial, podrán hacerse enmiendas a esta orden, levantando la suspensión de actividades (o renglones de pago) que, a juicio del Ingeniero de Proyecto, puedan continuar desarrollándose normalmente.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Se suspenden parcialmente los trabajos de construcción en el proyecto, debido a:*

*(Explicar detalladamente los motivos que justifican la decisión de la Administración de suspender parcialmente la labor que realiza el Contratista.)*

**Nota:** *Esta decisión, debe respaldarse cuando sea pertinente, con documentación probatoria de las razones que se exponen.*



**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO**

**FECHA:**

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO CONTROL DE TIEMPO DEL CONTRATO**  
**PLAZO AUTORIZADO DEL CONTRATO:** \_\_\_\_\_

OS N°	Descripción del concepto de la OS	Período de suspensión		Días calendarios		Días calendario disponibles
		Inicio	Final	Cargados	Acum.	

**Órdenes de servicio tipo A-2b**  
**(Orden de suspensión total de labores)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:

Suspender totalmente los trabajos de construcción en el proyecto a partir del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_.

2) Esta suspensión total se ordena con base en el artículo 105.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002.

3) Al término del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_, han transcurrido \_\_\_\_\_ días calendario de los \_\_\_\_\_ días calendario autorizados para la terminación de la obra, quedando \_\_\_\_\_ días calendario para concluir la obra

4) No se cargarán días al plazo del contrato durante el periodo que dure la suspensión total de los trabajos.

5) Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

6) Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usadas como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.

7) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha, y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ se le ordena al Contratista:*

*Suspender totalmente los trabajos de construcción en el proyecto a partir del día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.*

*Esta suspensión total se ordena con base en el artículo 105.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

1) *Se suspenden totalmente los trabajos de construcción en el proyecto:*

*(Explicar detalladamente los motivos que justifican la decisión de la Administración de suspender totalmente la labor que realiza el Contratista).*

2) *Esta suspensión se ordena con base en el artículo 105.02 de las Especificaciones Generales CR-2002.*

**Nota:** *Esta decisión, debe respaldarse cuando sea pertinente, con documentación probatoria de las razones que se exponen.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA:

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO  
MONTO ORIGINAL (O AUTORIZADO), RENGLÓN 109.04: ₡ \_\_\_\_\_**

Orden N°	Descripción	Monto (colones)		Saldo (Renglón 109.04)
		Parcial	Acumulado	
OS-1	Orden de inicio	---	---	X
OS-2	Suspensión parcial	---	---	X
OS-3	Suspensión total	---	---	X

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA:

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO CONTROL DE TIEMPO DEL CONTRATO**  
**PLAZO AUTORIZADO DEL CONTRATO: \_\_\_\_\_**

OS N°	Descripción del concepto de la OS	Período de suspensión		Días calendarios		Días calendario disponibles
		Inicio	Final	Cargados	Acum.	

**Órdenes de servicio tipo A-3**  
**(Orden de reanudación de labores)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

"A partir del día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, se levanta la suspensión (parcial o total) de los trabajos en el Proyecto \_\_\_\_\_, ordenada mediante la orden de servicio N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_.

2) Durante el período de suspensión (\_\_\_\_ días calendarios), se cargan al plazo del contrato únicamente \_\_\_\_\_ días calendarios, quedando \_\_\_\_\_ calendarios para la terminación de la obra.

*(Si la suspensión es total, no se cargan días al plazo del contrato.)*

3) Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

4) Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo del plazo del contrato.

5) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

## DESCRIPCIÓN

Por medio de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que a partir del \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ se levanta la suspensión (parcial o total) de los trabajos en el Proyecto \_\_\_\_\_ ordenada mediante la orden de servicio N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_.

Durante el periodo de suspensión (\_\_ días calendarios), se cargan al plazo del contrato únicamente \_\_\_\_ días calendarios, quedando para la terminación de la obra \_\_\_\_ días calendarios.

*(Si la suspensión es total, no se cargan días al plazo del contrato.)*

La presente orden de servicio N° \_\_\_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre de la empresa constructora)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Se levanta la suspensión (parcial o total) de los trabajos en el Proyecto \_\_\_\_\_, ordenados mediante la orden de servicio N° \_\_\_\_, por cuanto los motivos o razones que dieron origen a la suspensión (parcial o total) de los trabajos han sido resueltos.*

*(Explicar con detalle qué tipo de problemas se presentaron y de qué forma han sido resueltos, etc.).*

*(A esta razón, se debe adicionar el cálculo de los días por cargar, si la suspensión ha sido parcial. El cálculo se hará tomando como base la producción prevista en el programa de trabajo vigente, durante el período de suspensión. Si la suspensión ha sido total no se cargarán días al plazo del contrato.)*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA:

A: (nombre del Contratista)  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO  
MONTO ORIGINAL (O AUTORIZADO), RENGLÓN 109.04: ₡ \_\_\_\_\_**

Orden N°	Descripción	Monto (colones)		Saldo (Renglón 109.04)
		Parcial	Acumulado	
OS-1	Orden de inicio	---	---	X
OS-2	Suspensión parcial	---	---	X
OS-3	Suspensión total	---	---	X
OS-4	Reanudación de labores	---	---	X

**Órdenes de servicio tipo A-4**  
**(Ejecución de trabajos o servicios bajo el renglón de pago 109.04**  
**“Trabajo a costo más porcentaje”)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:

“Construir \_\_\_\_\_ metros lineales de cerca viva, con 4 hilos de alambre de púas, de acuerdo con el **Manual de normas y diseño para la construcción de carreteras (CAP-3)** y las instrucciones del ingeniero, con el fin de delimitar el derecho de vía del proyecto”.

2) Estos trabajos se efectuarán con base en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales para la Construcción CR-2002 y las instrucciones del ingeniero.

3) La base de pago de estos trabajos será el renglón 109.04 “Trabajo a costo más porcentaje” (cuando no haya renglón de pago para construcción de cercas en el contrato).

4) Se estima que el costo de estos trabajos será aproximadamente de ₡ \_\_\_\_\_.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
*Contratista*

- 5) *No se concederá ningún aumento en el plazo autorizado, como resultado de esta orden de servicio N° \_\_\_ por cuanto el tiempo para su ejecución ya fue incluido en el plazo original del contrato.*
  
- 6) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° \_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.*
  
- 7) *Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

8) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_

Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 5) *No se concederá ningún aumento en el plazo autorizado, como resultado de esta orden de servicio N° \_\_\_ por cuanto el tiempo para su ejecución ya fue incluido en el plazo original del contrato.*
- 6) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de servicio N° \_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.*
- 7) *Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

8) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Ingeniero de Proyecto*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el* \_\_\_ *de* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_

*Por:* \_\_\_\_\_  
*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Coordinador (si hay)*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Director de Obras*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### DESCRIPCIÓN

Por medio de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, se le ordena al Contratista construir \_\_\_\_\_ metros lineales de cerca viva con 4 hilos de alambre de púas, de acuerdo con el **Manual de normas y diseños para la construcción de carreteras (CAP-3)** y las instrucciones del ingeniero, con el fin de delimitar el derecho de vía.

El trabajo se efectuará con cargo al renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" (cuando no haya renglón de pago para construcción de cercas en el contrato).

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Por no existir un renglón de pago específico en el contrato para la construcción de cerca, se ha previsto dentro del renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje", un monto para cubrir el costo de estos trabajos. Por tal razón, y para poder hacer uso de los fondos incluidos en este renglón, es necesario emitir la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, cuyo monto para este fin específico se estima en \$ \_\_\_\_\_, de acuerdo con la estimación adjunta.*

*El derecho de vía constituye la faja de terreno propiedad de la Administración, donde se construirá el proyecto, y como tal debe delimitarse físicamente su colindancia con los terrenos adyacentes, mediante la construcción de cercas. La necesidad de realizar estos trabajos obedece principalmente a:*

- 1) Establecer los linderos del terreno propiedad de la Administración*
- 2) Evitar la invasión de animales (ganado, etc.) al derecho de vía con el consiguiente peligro para los usuarios de la vía*
- 3) Evitar invasión de personas, siembras o asentamientos precarios.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre de la empresa constructora)  
Contratista

### ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ORDEN DE SERVICIO

#### 1) Costo de materiales

Longitud de cerca: Longitud de proyecto x 2 =  $L_c$

Cantidad de postes @ 2 m =  $\frac{L_c}{2}$

Cantidad de rollos de alambre para 4 hilos =  $\frac{4L_c}{l_r}$  (donde  $l_r$  = longitud de rollo)

Costo de materiales:

$$A) \text{ Postes} = \frac{L_c}{2} \times \text{costo cada poste}$$

$$B) \text{ Alambre} = \frac{4L_c}{l_r} \times \text{costo cada rollo}$$

$$C) \text{ Grapas} = \frac{L_c}{\text{Kg/ml}} \times \text{costo Kg grapas}$$

$$\sum A+B+C = \text{costo materiales}$$

$$\text{Costo de materiales} \times 1,20 = M \times 1,20$$

Nota: 20% adicional, ver artículo 109.04

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

## 2) Costo de mano de obra

Cuadrilla:

1 capataz

1 chofer

4 peones

Costo de cuadrilla cada 8 horas, incluyendo cargas sociales = C

Rendimiento en 8 horas = R

Costo mano de obra =  $\frac{Lc}{R} \times C = MO$

Total costo de mano de obra =  $MO \times 1,20$

Nota: 20% adicional, ver artículo 109.04.

## 3) Equipo

1 Pick Up doble cabina = costo por mes x tiempo estimado

Herramientas menores =  $\phi 0,00$

Costo de equipo = E

COSTO OS N° \_\_\_\_ =  $M \times 1,20 + MO \times 1,20 + E + 10\%$  imprevistos

COSTO OS N° \_\_\_\_ =  $[M \times 1,20 + MO \times 1,20 + E] \times 1,10$

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA:

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_

Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO**  
**MONTO ORIGINAL (O AUTORIZADO), RENGLÓN 109.04: ₡ \_\_\_\_\_**

Orden N°	Descripción	Monto (colones)		Saldo (Renglón 109.04)
		Parcial	Acumulado	
OS-1	Orden de inicio	---	---	X
OS-2	Suspensión parcial	---	---	X
OS-3	Suspensión total	---	---	X
OS-4	Reanudación de obras	---	---	X
OS-5	Construcción de cercas	A	A	X-A

**Órdenes de servicio tipo A-5**  
**(Orden para el suministro de personal o maquinaria adecuada para la ejecución de la obra)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_, para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:

“Suministrar el equipo requerido y personal calificado para llevar a cabo los trabajos de asfaltado del Proyecto \_\_\_\_\_, a su cargo.

a) Un compactador vibratorio de 8 toneladas (peso bruto), ruedas propulsoras de llantas lisas y rodillo metálico con dosificación de agua en el rodillo para evitar adherencia de la mezcla.

b) Un operario calificado en este tipo de trabajos para evitar cambios bruscos de velocidad y giros que producen marcas y desplazamientos en la mezcla, así como para asegurar una compactación uniforme en todo el ancho del paño, con los debidos traslapes, siempre procediendo la operación del borde hacia la corona del pavimento.

c) Personal misceláneo (trastrilleros) que corrijan deficiencias de acabado y formación de juntas, durante el proceso de colocación de la mezcla.”

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 2) *Se ordenan estos trabajos con base en el artículo 108.06 de las Especificaciones Generales CR-2002.*
- 3) *La ejecución de estos trabajos constituyen obligación del Contratista y forman parte del renglón de pago del contrato 406 (1) "Pavimento de hormigón asfáltico en caliente, clase \_\_\_\_\_, graduación \_\_\_\_\_".*
- 4) *Estos trabajos no aumentan ni disminuyen el monto del contrato.*
- 5) *No se concederá ningún aumento en el plazo del contrato, por estar estos trabajos contemplados dentro del renglón de pago 406 (1) "Hormigón asfáltico en caliente".*
- 6) *Se acuerda que la presente orden de servicio N° \_\_\_\_ y las razones que la justifican no serán usadas como base para reclamos futuros de dinero o extensiones de tiempo al plazo del contrato.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

- 7) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de servicio N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente orden de servicio N° \_\_\_\_, se le ordena suministrar el equipo requerido y personal calificado para llevar a cabo los trabajos de asfaltado del Proyecto \_\_\_\_\_, a su cargo.*

- a) Copiar inciso a) de punto 1) anterior*
- b) Copiar inciso b) de punto 1) anterior*
- c) Copiar inciso c) de punto 1) anterior*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*En razón de que el espesor de la capa de mezcla asfáltica es de 15 cm y que deberá colocarse en dos capas de 10 y 5 cm, es necesario disponer un equipo de compactación con vibración autopropulsada con llantas lisas traseras de hule y rodillo metálico delantero con un peso bruto no menor de 8 toneladas con aditamento para dosificación de agua, para evitar la adherencia de la mezcla al rodillo.*

*Igualmente es necesario disponer de personal misceláneo entrenado en este tipo de trabajos para asegurar que el acabado, corrección de defectos, formación de juntas longitudinales y transversales y cualquier otra deficiencia, se corrija de la mejor forma durante el proceso constructivo.*

*(Agregar cualquier otro aspecto que sirva de justificante a la orden).*

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 ORDEN DE SERVICIO N° \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre de la empresa constructora) \_\_\_\_\_  
 Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO**  
**MONTO ORIGINAL (O AUTORIZADO), RENGLÓN 109.04: ₡ \_\_\_\_\_**

Orden N°	Descripción	Monto (colones)		Saldo (Renglón 109.04)
		Parcial	Acumulado	
OS-1	Orden de inicio	---	---	X
OS-2	Suspensión parcial	---	---	X
OS-3	Suspensión total	---	---	X
OS-4	Reanudación de labores	---	---	X
OS-5	Suministro de equipo y personal calificado para realizar el asfaltado	---	---	X

#### **4.03.2 ÓRDENES DE MODIFICACIÓN DE OBRA**

***Órdenes de modificación de obra, tipo B-1  
(Cambio en especificaciones que no cambian el monto,  
el plazo ni el objeto del contrato)***

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:**

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

**FECHA:**

**A:** *(nombre del Contratista)*  
\_\_\_\_\_  
Contratista

1) *De acuerdo con su contrato N° \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:*

*Se cambia la ubicación de las alcantarillas localizadas en estaciones 2+650 y 2+820 a las estaciones 2+700 y 2+900, respectivamente.*

2) *Este cambio se realiza de acuerdo con lo establecido en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales CR-2002. El trabajo se efectuará conforme con las secciones aplicables del CR-2002 y las indicaciones del ingeniero.*

3) *La base de pago para este trabajo serán los precios unitarios establecidos en el contrato para los renglones afectados por esta orden.*

4) *Como resultado de esta orden no se aumenta ni se disminuye el monto del contrato, ni se afecta el plazo, ni el objeto del contrato.*

**PROYECTO:**

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

**FECHA:**

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

5) Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.

6) Se acuerda que la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.

7) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por este medio, se le comunica al Contratista que se cambia la ubicación de las alcantarillas localizadas en las estaciones 2+650 y 2+820, a las estaciones 2+700 y 2+900, respectivamente.*

*El trabajo que se ordena mediante la presente orden de modificación N° \_\_\_\_ no produce aumento ni disminución en el monto del contrato, ni afecta el plazo, ni el objeto del contrato.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Al considerar que existen dudas sobre la operación (o funcionalidad) de las alcantarillas localizadas en estaciones 2+650 y 2+820, según planos de construcción, se ordenó un estudio de topografía especial del área donde se localizan estas alcantarillas, y se determinó la conveniencia de cambiar su ubicación, por razones (explicar razones).*

*En consecuencia, se reubican las alcantarillas en los nuevos sitios, estaciones 2+200 y 2+900, respectivamente.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_

Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS  
ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	U.	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
205 (1)	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>		X	X	0	Y	Y	0
701 (2)	Tubería de hormigón reforzado (clase III de $\Phi$ 0,61)	Ml		A	A	0	A	A	0
<b>Variación del monto del contrato</b>									<b>0%</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN**  
**MONTO ORIGINAL DEL CONTRATO: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Montos (colones)		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
OM-1	Reubicación de alcantarillas	---	---	---	---

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL FINANCIERO**

<i>Ítem</i>	<i>Descripción del ítem</i>	<i>Monto (colones)</i>
1	<i>Monto del contrato original (sin reajustes)</i>	
2	<i>Monto de variaciones hasta OM N°</i>	
3	<i>Monto contrato más variaciones hasta OM N°</i>	
4	<i>Monto probable (sin reajustes)</i>	
5	<i>Monto probable de reajustes</i>	
6	<i>Monto probable con reajustes</i>	
7	<i>Pagado hasta estimación N°</i>	
8	<i>Por pagar</i>	

**Órdenes de modificación de obras, tipo B-2**  
**(Cierre parcial que no origina cambio en el monto del Contrato)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES**  
**CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**  
**DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

*Se ha realizado un cierre parcial de cantidades y montos del contrato, de acuerdo con el siguiente detalle:*

*(Se listan los renglones de pago con las cantidades y montos revisados del proyecto)*

2) Este cierre parcial de cantidades y montos se realiza con base en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales CR-2002.

3) La base de pago para este trabajo serán los precios unitarios establecidos en el contrato para los renglones de pago afectados por esta orden.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

A: (nombre de la empresa constructora)  
Contratista

- 4) *Se estima que el costo de los trabajos contemplados en esta orden no aumentan ni disminuyen el monto del contrato, ni afectan el plazo ni el objeto del contrato.*
- 5) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.*
- 6) *Se acuerda que la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_ no tendrá validez hasta tanto no sea aprobada y comunicada por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

7) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Ingeniero de Proyecto*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_

*Por:* \_\_\_\_\_  
*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Coordinador (si hay)*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Director de Obras*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que la ingeniería de proyecto ha procedido a realizar un cierre parcial de cantidades y montos del contrato, cuyos resultados (ajustes) se indican a continuación:*

*(Se listan los renglones de pago del proyecto y sus cantidades revisadas).*

*Como resultado de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ no se aumenta ni disminuye el monto del contrato, ni se afecta el plazo, ni el objeto del contrato.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Debido a la cantidad de trabajo realizado por el Contratista a la fecha, la ingeniería de proyecto consideró necesario realizar un cierre parcial de cantidades y montos para ordenar administrativa y financieramente el proyecto, así como para estimar la cantidad de obra faltante.*

*Este cierre se efectuará de acuerdo con el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002 y las indicaciones del ingeniero.*

*Como consecuencia de este cierre parcial no se modifica el monto del contrato, ni el plazo ni el objeto del contrato.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS**  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
<b>Totales</b>							<b>X</b>	<b>X</b>	<b>0,00</b>
<b>Variación del monto del contrato</b>									<b>0,00%</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_

Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN****MONTO ORIGINAL DEL CONTRATO: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Montos (colones)		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
OM-1	Reubicación de alcantarilla	---	---	---	---
OM-2	Cierre parcial de cantidades	---	---	---	---

## Órdenes de reajustes, tipo B-3

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE REAJUSTES N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

“Se aumenta el monto de reajustes en \_\_\_\_\_ colones, para cubrir el escalamiento de precios habidos a partir de la fecha de oferta y durante la ejecución de la obra (o de la prestación de los servicios de consultoría, si fuera el caso)”.

2) El monto indicado en el punto anterior ha sido estimado con base en una proyección tomando en cuenta el comportamiento de los índices, durante el tiempo de ejecución de la obra.

3) Se acuerda que el monto soportado en esta orden de reajustes, no afecta el plazo del contrato.

4) El monto soportado en esta orden origina un monto total de reajustes de \_\_\_\_\_ colones.

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE REAJUSTES N° \_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 5) Se acuerda que los alcances de esta orden y las razones que la justifican, no serán usados como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.
- 6) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de reajustes N° \_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha, y retornando el original y las \_\_\_\_ copias que se incluyen.

Ing. \_\_\_\_\_

Ingeniero de Proyecto

Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_

Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_

Coordinador (si hay)

Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_

Director de Obras

Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE REAJUSTES N°** \_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Mediante la presente orden de reajustes N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que:*

*Para cubrir el pago de reajustes a que tiene derecho el Contratista según leyes N° 5501 y 5518, y de conformidad con un análisis del comportamiento de los índices durante el tiempo de ejecución de la obra, realizado por la Ingeniería de Proyecto, se soporta en esta orden de reajustes un aumento en el monto del contrato de \_\_\_\_\_ colones.*

*Este monto constituye una previsión para compensarle al Contratista la variación de costos habidos durante la ejecución de la obra.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE REAJUSTES N°** \_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*De conformidad con el derecho que le asiste al Contratista de compensarle la variación de costos (reajustes), según leyes N° 5501 y N° 5518 y su Reglamento, y habiéndose agotado la partida (monto) asignada para tal fin, se ha hecho un estudio de la obra faltante, y una proyección de los índices aplicables, con el fin de determinar un monto adicional que se estima en \_\_\_\_\_ colones para concluir la obra.*

*Sin embargo el monto final a reconocer por este concepto no será posible determinarlo con exactitud hasta tanto no se concluya la obra.*

**Nota:** *Agregar cualquier otra razón que sea pertinente para complementar el texto anterior.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE REAJUSTES N°** \_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN Y REAJUSTES**

**MONTO ORIGINAL DEL CONTRATO (SIN REAJUSTES):** ₡ \_\_\_\_\_

**MONTO ORIGINAL DE REAJUSTES:** ₡ \_\_\_\_\_

<i>OM/OR</i>	<i>Descripción</i>	<i>Montos</i>		<i>% aumento</i>	
		<i>Parcial</i>	<i>Acumulado</i>	<i>Parcial</i>	<i>Acumulado</i>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

### CUADRO DE CONTROL FINANCIERO

Ítem	Descripción del ítem	Monto (colones)
1	Monto del contrato original (sin reajustes)	
2	Monto de variaciones hasta OM N° _____	
3	Monto contrato más variaciones hasta OM N° _____	
4	Monto probable (sin reajustes)	
5	Monto probable de reajustes	
6	Monto probable con reajustes	
7	Pagado hasta estimación N° _____	
8	Por pagar	

**Órdenes de modificación de obra, tipo C-1  
(Orden de ampliación del plazo, la cual origina un  
addendum al contrato)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

La ingeniería de proyecto ha realizado un análisis de las razones que se aducen en su reclamo de fecha \_\_\_\_\_, presentado en tiempo, determinándose que por existir razones no imputables al Contratista, que han ocasionado atrasos en la ejecución de la obra, se concede una extensión de \_\_\_\_ días calendario al plazo autorizado, de acuerdo con el siguiente detalle:

*(Enumerar las causas que justifican la ampliación y los días calendario concedidos en cada caso).*

La autorización del aumento de plazo que sujeta a la aprobación del addendum que genera la presente orden.

2) Esta ampliación de plazo de \_\_\_\_ días calendario se concede con base en el artículo 108.07 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002, y de acuerdo con la incidencia en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)*  
\_\_\_\_\_  
Contratista

- 3) *Los términos de esta orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ no afectan el monto del contrato ni el objeto del contrato, no así el plazo del contrato, que constituye un aspecto sustantivo del contrato.*
  
- 4) *Por afectarse con esta orden un aspecto sustantivo del contrato, el plazo; se acuerda que la presente orden tiene la finalidad de servir de soporte a la preparación del addendum respectivo, y no tendrá validez legal hasta tanto este no sea debidamente aprobado por (indicar el órgano competente) y sea comunicado por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*
  
- 5) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados por el Contratista como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 6) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_ firmándola con indicación de fecha y devolviendo el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Ingeniero de Proyecto*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_

*Por:* \_\_\_\_\_  
*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Coordinador (si hay)*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Director de Obras*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de esta orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que el tiempo autorizado para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_ se aumenta en \_\_\_\_ días calendario.*

*El nuevo plazo del contrato para la terminación de la obra será de \_\_\_\_ días calendario.*

*La autorización del aumento de plazo queda sujeta a la aprobación del addendum que genera la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
*Contratista*

### **RAZÓN**

*La presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_, autoriza un aumento en el plazo del contrato de \_\_\_\_\_ días calendario, como consecuencia de \_\_\_\_\_*

*(Se enumeran y comentan las causas que justifican el aumento de plazo y los días que se conceden en cada caso. Además, deberán aportarse los documentos pertinentes que prueban y justifican la decisión de conceder la ampliación de plazo.)*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS  
ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
<b>Totales</b>							<b>X</b>	<b>X</b>	<b>0,00</b>
<b>Variación del monto del contrato</b>									<b>0,00%</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN**  
**MONTO DEL CONTRATO ORIGINAL: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Monto		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista)  
Contratista

### CUADRO DE CONTROL FINANCIERO

<i>Ítem</i>	<i>Descripción del ítem</i>	<i>Monto (colones)</i>
1	<i>Monto del contrato original (sin reajustes)</i>	
2	<i>Monto de variaciones hasta OM N° _____</i>	
3	<i>Monto contrato más variaciones hasta OM N° _____</i>	
4	<i>Monto probable (sin reajustes)</i>	
5	<i>Monto probable de reajustes</i>	
6	<i>Monto probable con reajustes</i>	
7	<i>Pagado hasta estimación N° _____</i>	
8	<i>Por pagar</i>	

**Órdenes de modificación de obra, tipo C-2a  
(Aumento de cantidades)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

Se aumenta en "X" m<sup>3</sup> el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2"

La autorización de este aumento de cantidad queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden.

2) Este aumento se hará con base en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002.

3) La base de pago será el precio unitario establecido en el contrato para el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2".

4) Se estima que el costo de este trabajo aumentará el monto del contrato en  
c \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 5) Como consecuencia de este aumento en el monto del contrato, se concede una ampliación de \_\_\_\_\_ días calendarios al plazo autorizado, determinados con base en la incidencia de estos trabajos en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.
- 6) Por afectarse con esta orden aspectos sustantivos del contrato, monto y plazo, se acuerda que la presente orden tiene la finalidad de servir de soporte a la preparación del addendum respectivo y no tendrá validez legal hasta tanto éste no sea debidamente aprobado por (indicar órgano competente), y sea comunicado por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.
- 7) Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados por el Contratista como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

8) Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por este medio de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que se aumenta el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2" en "X" m<sup>3</sup>.*

*La autorización de este aumento de cantidad en el renglón 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2", queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden de modificación N° \_\_\_\_.*

*Como consecuencia de los trabajos ordenados en esta orden, se concede una ampliación de plazo de \_\_\_\_ días calendario al plazo autorizado, el cual se determinó tomando en cuenta la incidencia en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Este aumento de  $x \text{ m}^3$  en el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2" obedece a las siguientes razones:*

*(Se indican y explican las razones que tuvo la ingeniería de proyecto para aumentar en "X"  $\text{m}^3$  en la cantidad del renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2").*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

Por este medio de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que se aumenta el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2" en "X" m<sup>3</sup>.

La autorización de este aumento de cantidad en el renglón 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2", queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden de modificación N° \_\_\_\_.

Como consecuencia de los trabajos ordenados en esta orden, se concede una ampliación de plazo de \_\_\_\_ días calendario al plazo autorizado, el cual se determinó tomando en cuenta la incidencia en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*Este aumento de  $x \text{ m}^3$  en el renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2" obedece a las siguientes razones:*

*(Se indican y explican las razones que tuvo la ingeniería de proyecto para aumentar en " $X$ "  $\text{m}^3$  en la cantidad del renglón de pago 203 (8) "Excavación de préstamo caso 2").*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS**  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
203 (8)	Excavación Préstamo Caso 2	m <sup>3</sup>	P.U.	0	0+X	X	M	M+Z	Z
<b>Monto OM N° _____</b>									<b>Z</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista)  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN**  
**MONTO DEL CONTRATO ORIGINAL: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Montos		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado

**Nota:** En este tipo de Orden de Modificación pueden incluirse variaciones de otros renglones del contrato, incluyendo el 109.04.

Cuando las variaciones generen aumento en el monto del contrato, la aprobación de esta Orden queda sujeta a la aprobación del addendum respectivo.

Si no hay aumento en el monto del contrato, sería una OM de cierre parcial de cantidades del tipo B-2, que no requiere addendum.

**Órdenes de modificación de obra, tipo C-2b  
(Aumento del renglón de pago 109.04)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

Se aumenta el renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" en  
¢ \_\_\_\_\_.

La autorización de este aumento queda sujeta a la aprobación del addendum que genere esta orden.

2) Este aumento en el renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" se realiza con base en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002.

3) La base de pago será el renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje".

4) Se estima que el costo de este trabajo aumentará el monto del contrato en  
c \_\_\_\_\_.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 5) *No se concede ninguna ampliación de plazo por considerarse que el tiempo para ejecutar estos trabajos ya fue contemplado en el plazo original del contrato.*
  
- 6) *Por afectar esta orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, un aspecto sustantivo del contrato, el monto, se acuerda que la presente orden tiene la finalidad de servir de soporte a la preparación del addendum respectivo, y no tendrá validez legal hasta tanto este no sea debidamente aprobado por (indicar órgano competente), y sea comunicado por escrito a la Dirección de Obras del CONAVI.*
  
- 7) *Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados por el Contratista como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

8) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente orden de modificación de Obra N° \_\_\_\_, se le comunica al Contratista que se aumenta el monto del renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" en € \_\_\_\_\_.*

*No se concede ninguna ampliación de plazo por considerarse que el tiempo para realizar estos trabajos ya fue contemplado en el plazo original del contrato.*

*La autorización de este aumento queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*El aumento de ¢ \_\_\_\_\_, en el renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje", se origina en la insuficiencia de fondos asignados a este renglón, para cubrir los trabajos (o gastos) necesarios para ... (indicar las razones que justifican el aumento del renglón 109.04).*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista)  
 Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS  
 ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
109.04	Trabajo a costo más porcentaje						A	A+Z	Z
<b>Monto OM N° _____</b>									<b>Z</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista)  
Contratista

**CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN**  
**MONTO ORIGINAL DEL CONTRATO: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Monto		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista)  
Contratista

### CUADRO DE CONTROL FINANCIERO

Ítem	Descripción del ítem	Monto (colones)
1	Monto del contrato original (sin reajustes)	
2	Monto de variaciones hasta OM N° _____	
3	Monto contrato más variaciones hasta OM N° _____	
4	Monto probable (sin reajustes)	
5	Monto probable de reajustes	
6	Monto probable con reajustes	
7	Pagado hasta estimación N° _____	
8	Por pagar	

**Órdenes de modificación de obra, tipo C-3  
(Cambio en el objeto del contrato)**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le ordena:

Construir una extensión de 500 metros al final del proyecto, con la misma sección típica de planos. La extensión consistirá en:

- Colocar una capa de subbase, graduación \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_\_ m de ancho.
- Colocar una capa de base granular, graduación \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_\_ m de ancho.
- Colocar una capa de mezcla asfáltica en caliente, graduación \_\_\_\_\_, de espesor \_\_\_\_\_ cm y \_\_\_\_\_ m de ancho.
- Construir una cuneta revestida y obras de drenaje en diferentes sitios de la extensión por construir.

*(Indicar cualquier otro trabajo que se requiera. Para ello, se deben aumentar las cantidades de los siguientes renglones de pago.*

*(Enumerar los renglones de pago con las cantidades necesarias para la extensión).*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

*La autorización de estos trabajos queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden.*

*Nota: Si fuera necesario crear un nuevo renglón de pago, deberá adjuntarse la siguiente documentación:*

- *Carta del Contratista, en la que cotiza el precio unitario del renglón de pago por crear (debe estar debidamente desglosado)*
- *Análisis de costos del renglón por crear, realizado por el Área que corresponda.*
- *Acta de negociación donde conste el precio unitario negociado para el nuevo renglón de pago*

2) *Este trabajo se efectuará con base en el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2002, los planos adjuntos y a las indicaciones del ingeniero.*

3) *La base de pago serán los precios unitarios del contrato de los renglones afectados por esta orden (y el nuevo precio unitario negociada, creado en esta orden, si este fuera el caso).*

4) *Se estima que el costo de este trabajo aumentará el monto del contrato en*  
c \_\_\_\_\_.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

- 5) Se concede una extensión de \_\_\_ días calendario al plazo autorizado, determinados con base en la cantidad de trabajo, el grado de dificultad y la incidencia de estos trabajos en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.
- 6) Por afectarse con esta orden de modificación N° \_\_\_ aspectos sustantivos del contrato, monto y plazo, se acuerda que la presente orden tiene la finalidad de servir de soporte a la preparación del addendum respectivo, y no tendrá validez legal hasta tanto este no sea aprobado por (indicar órgano competente), y sea comunicado por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.
- 7) Se acuerda que los alcances de la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_ y las razones que la justifican, no serán usados por el Contratista como base para reclamos futuros de dinero o extensiones al plazo del contrato.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

8) *Sírvase indicar su conformidad con la presente orden de modificación de obra N° \_\_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_

*Ingeniero de Proyecto*

*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_ *de* \_\_\_\_\_

*Por:* \_\_\_\_\_

*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_

*Coordinador (si hay)*

*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_

*Director de Obras*

*Fecha:* \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

De acuerdo con el artículo 104.02 de las Especificaciones Generales de Construcción CR-2000, se le ordena al Contratista construir una extensión de 500 metros al final del proyecto, con la misma sección típica de planos y de acuerdo con las indicaciones del ingeniero.

La extensión consistirá en:

- a) Colocar una capa de subbase, graduación \_\_\_\_, de \_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_ m de ancho
- b) Colocar una capa de base granular, graduación \_\_\_\_, de \_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_ m de ancho
- c) Colocar una capa de mezcla asfáltica en caliente, graduación \_\_\_\_, de \_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_ m de ancho
- d) Construir cuneta revestida y obras de drenaje en diferentes sitios de la extensión

**Nota:** Indicar cualquier otro trabajo que se requiera.

Para ello, se deben aumentar las cantidades de los siguientes renglones de pago:

(Enumerar los renglones de pago con las cantidades necesarias para la extensión).

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_

*Contratista*

*Los \_\_\_ días calendario que se conceden para realizar esta extensión, se han determinado tomando en cuenta la cantidad de trabajo, el grado de dificultad y la incidencia que tienen estos trabajos en la ruta crítica del “programa de trabajo” vigente:*

*La autorización de estos trabajos queda sujeta a la aprobación del addendum que genera esta orden.*

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### RAZÓN

Se ordena esta extensión de 500 metros al final del proyecto, siguiendo instrucciones superiores, contenidas en el oficio N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, suscrito por \_\_\_\_\_ (o bien explicar las razones de imprevisibilidad de los trabajos a realizar, que justifique esta variación).

Los trabajos se realizarán de conformidad con la sección típica de planos y las indicaciones del ingeniero.

El plazo concedido será de \_\_\_\_\_ días calendario, determinados tomando en cuenta la cantidad de trabajo, el grado de dificultad y su incidencia en la ruta crítica del programa de trabajo vigente.

Los trabajos que se soportan en esta orden consistirán en:

- a) Colocar una capa de subbase, graduación \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ cm de espesor y \_\_\_\_\_ m de ancho, entre estaciones \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
- b) Colocar una capa de base granular \_\_\_\_\_.

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
 Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS  
 ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_**

Renglón de pago	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidades			Montos		
				Original	Revisada	Variación	Original	Revisada	Variación
<b>Totales</b>									<b>Z</b>
<b>Monto OM N° _____</b>									<b>Z</b>

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE MODIFICACIÓN**  
**MONTO ORIGINAL DEL CONTRATO: ₡ \_\_\_\_\_**

OM N°	Descripción	Montos		% Aumento	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N° \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

A: (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL FINANCIERO**

<i>Ítem</i>	<i>Descripción del ítem</i>	<i>Monto (colones)</i>
1	<i>Monto del contrato original (sin reajustes)</i>	
2	<i>Monto de variaciones hasta OM N° _____</i>	
3	<i>Monto contrato más variaciones hasta OM N° _____</i>	
4	<i>Monto probable (sin reajustes)</i>	
5	<i>Monto probable de reajustes</i>	
6	<i>Monto probable con reajustes</i>	
7	<i>Pagado hasta estimación N° _____</i>	
8	<i>Por pagar</i>	

### **4.03.3 ENMIENDAS A ÓRDENES DE SERVICIOS Y ÓRDENES DE MODIFICACIÓN DE OBRA**

*Con alguna frecuencia, durante la construcción de un proyecto se presentan situaciones que hacen necesario realizar cambios en las órdenes de modificación o en órdenes de servicio.*

*Para efectuar un cambio, el Ingeniero de Proyecto deberá preparar un documento denominado “Enmienda a una orden de modificación” o “Enmienda a una orden de servicio”.*

*Si la enmienda afecta una orden de modificación de obra que modifica aspectos sustantivos del contrato (aumento del monto del contrato, aumento de plazo, cambio en el objeto del contrato), deberá entonces confeccionarse un addendum con fundamento en la enmienda, para modificar el addendum que dio origen la orden de modificación que se está enmendando.*

*Las enmiendas a órdenes de modificación o de servicio se enumeran consecutivamente en cada caso: ejemplo E-1 a OM-2, E-2 a OM-2, E-3 a OM-2, y se lee “Enmienda 1 a la orden de modificación de obra N° 2”, “Enmienda 2 a la orden de modificación de obra N° 2”, etc. Cuando se trate de órdenes de servicio, la numeración será E-1 a OS-1, E-2 a OS-1, y se lee “Enmienda 1 a la orden de servicio N° 1”, “Enmienda 2 a la orden de servicio N° 1”, y así sucesivamente.*

*Las enmiendas de uso más frecuente en la Administración de un proyecto, son las que se relacionan con ordenes de servicio que ordenan trabajos o servicios con cargo al renglón de pago 109.04.*

*A continuación, se da un ejemplo de enmienda a una orden de servicio y a una orden de modificación de obra.*

## **Enmienda a una orden de servicio**

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista)  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

Se enmienda la orden de servicio N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, con cargo al renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje", en lo correspondiente al punto 2), para que se lea así:

(consignar texto enmendado)

en lugar de:

(consignar texto que se modifica)

- 2) Se estima que el costo del trabajo ordenado será de c \_\_\_\_\_.
- 3) Los demás puntos de la orden de servicio N° \_\_\_\_ se mantienen invariables.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

- 4) *Sírvase indicar su conformidad con la presente enmienda N° \_\_\_\_ a la orden de servicio N° \_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_ copias que se incluyen.*

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Ingeniero de Proyecto*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Aceptado el* \_\_\_\_ *de* \_\_\_\_ *de* \_\_\_\_

*Por:* \_\_\_\_\_  
*Empresa constructora:* \_\_\_\_\_

*Título:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Coordinador (si hay)*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

*Ing.* \_\_\_\_\_  
*Director de Obras*  
*Fecha:* \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

### **DESCRIPCIÓN**

*Por medio de la presente enmienda N° \_\_\_\_ a la orden de servicio N° \_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, con cargo al renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje" del Proyecto \_\_\_\_\_, se enmienda el punto 2) de esa orden para que se lea así:*

*Por medio de la presente enmienda N° \_\_\_\_ a la orden de servicio N° \_\_\_\_, con cargo al renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje", se enmienda el punto 2, para que se lea así:*

*(consignar texto enmendado)*

*en lugar de:*

*(consignar texto que se enmienda)*

*Se estima que el costo del trabajo ordenado será de € \_\_\_\_\_.*

*Los demás puntos de la orden de servicio N° \_\_\_\_, se mantienen invariables.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
*Contratista*

### **RAZÓN**

*Se tramita esta enmienda N° \_\_\_\_ a la orden de servicio N° \_\_\_\_, para aumentar el monto de la citada Orden de servicio en ¢ \_\_\_\_\_, debido a que el monto autorizado es insuficiente para financiar los siguientes trabajos o servicios.*

*(Describir los trabajos y los costos que originan esta enmienda.)*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE SERVICIO N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE CONTROL DE ÓRDENES DE SERVICIO**  
**MONTO ORIGINAL (REGLÓN 109.04): ₡** \_\_\_\_\_

OS N°	Descripción	Monto		Saldo (colones)
		Parcial	Acumulado	

## Enmienda a orden de modificación de obra

**GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD  
DIRECCIÓN DE OBRAS**

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE MODIFICACIÓN N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

1) De acuerdo con su contrato de fecha \_\_\_\_\_ para la construcción del Proyecto \_\_\_\_\_, se le comunica que:

Por un error involuntario se consignó en la OM N° \_\_\_\_ un monto de ₡1.000,00 en vez de ₡800,00, por lo tanto, se enmienda el punto 4) de la OM, para que se lea así:

*(consignar texto enmendado)*

en lugar de:

*(consignar texto a enmendar)*

- 2) Se estima que el costo del trabajo autorizado en esta Enmienda a la Orden de Modificación de obra N° \_\_\_\_, no aumenta el monto del contrato, ni modifica el plazo autorizado, ni el objeto del contrato.
- 3) Los demás puntos de la Orden de modificación de obra N° \_\_\_\_ se mantienen invariables.

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE MODIFICACIÓN N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** (nombre del Contratista) \_\_\_\_\_  
Contratista

- 4) *Por afectar esta enmienda un aspecto sustantivo del contrato, el monto, se acuerda que la presente enmienda tiene la finalidad de servir de soporte a la preparación del addendum respectivo y, por lo tanto, no tendrá validez legal hasta tanto éste no sea debidamente aprobado por (indicar órgano competente) y sea comunicado por escrito por la Dirección de Obras del CONAVI.*
- 5) *Sírvase indicar su conformidad con la presente enmienda N° \_\_\_\_ a la orden de modificación de obra N° \_\_\_\_, firmándola con indicación de fecha y retornando el original y las \_\_\_\_ copias que se incluyen.*

Ing. \_\_\_\_\_  
Ingeniero de Proyecto  
Fecha: \_\_\_\_\_

Aceptado el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por: \_\_\_\_\_  
Empresa constructora: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Coordinador (si hay)  
Fecha: \_\_\_\_\_

Ing. \_\_\_\_\_  
Director de Obras  
Fecha: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_\_ **A LA ORDEN DE MODIFICACIÓN N°** \_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
*Contratista*

### **DESCRIPCIÓN**

*Se enmienda a la Orden de Modificación de Obra N° \_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_, en lo correspondiente al punto 4), para que se lea así:*

*(Consignar texto enmendado)*

*en lugar de:*

*(consignar texto a enmendar)*

*Como resultado de esta enmienda se producen variaciones en las cantidades de los siguientes renglones de pago:*

*(Enumerar los renglones de pago afectados por esta enmienda.)*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE MODIFICACIÓN N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

### **RAZÓN**

*La razón de esta Enmienda N° \_\_ a la OM N° \_\_ se origina en un error involuntario en \_\_\_\_\_ (explicar en qué consiste el error, u omisión).*

*La presente enmienda no produce aumento en el monto del contrato, ni en el plazo autorizado, ni modifica el objeto del contrato.*

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**ENMIENDA N°** \_\_ **A LA ORDEN DE MODIFICACIÓN N°** \_\_\_\_  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**A:** *(nombre del Contratista)* \_\_\_\_\_  
Contratista

**CUADRO DE VARIACIÓN DE CANTIDADES Y MONTOS**  
**ORDEN DE MODIFICACIÓN DE OBRA N°** \_\_\_\_

<b>OM N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>		<b>Saldo (colones)</b>
		<b>Parcial</b>	<b>Acumulado</b>	

## *Capítulo 5*

---

# *Control de trabajo*

### **SECCIÓN 5.01 SEÑALIZACIÓN DE LA ZONA DE LAS OBRAS**

*Desde la orden de inicio de los trabajos hasta la entrega definitiva de las obras a la Administración, el Contratista está obligado a señalar adecuadamente el proyecto, como prevención de riesgos al personal que trabaja en la construcción, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes y las especificaciones establecidas en el “Manual de señales y dispositivos de tránsito”.*

*Igualmente deberán señalarse adecuadamente los sitios de almacenamiento de los materiales por utilizar en los diferentes procesos constructivos.*

### **SECCIÓN 5.02 EQUIPOS**

*El Contratista deberá mantener, en los sitios de trabajo, los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción, programas de trabajo, y dentro de los plazos previstos. Los equipos de construcción deberán mantenerse en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños o fallas en ellos. Los desperfectos en los equipos o los daños que puedan presentarse, no serán causal que exima al Contratista del cumplimiento de sus obligaciones. La Administración se reserva el derecho de exigir el reemplazo o reparación inmediata de aquellos equipos que, a su juicio, sean inadecuados o ineficientes, o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o representen un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos contractuales.*

*Las condiciones de operación de los equipos deberán ser tales, que no se presenten emisiones de sustancias nocivas que sobrepasen los límites permisibles de contaminación, de acuerdo con las disposiciones ambientales vigentes.*

*Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo.*

### **SECCIÓN 5.03 ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

*En la organización de los trabajos, se deberán considerar las recomendaciones establecidas en los estudios técnicos y ambientales del proyecto. El Contratista organizará los trabajos en tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con los requerimientos técnicos necesarios, las medidas de manejo ambiental establecidas en el plan de manejo ambiental del proyecto, los requerimientos establecidos en la licencia ambiental y los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental y administrativo, y demás normas nacionales aplicables al desarrollo del proyecto.*

*Los trabajos se deberán ejecutar de manera que no causen molestias a personas ni daños a estructuras, servicios públicos, cultivos y otras propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos ni sean necesarios para la construcción de las obras. Igualmente se minimizarán, de acuerdo con las medidas de manejo ambiental y los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales, las afectaciones sobre recursos naturales, sin perjuicio de la calidad ambiental del área de influencia de los trabajos.*

*El avance físico de las obras en el tiempo deberá ajustarse al programa de trabajo aprobado, de modo que permita el desarrollo armónico de las etapas constructivas.*

*Cualquier acción en contrario a lo indicado será responsabilidad del Contratista. Ante una acción de desacato, el ingeniero podrá ordenar la modificación de procedimientos o la suspensión de los trabajos.*

### **SECCIÓN 5.04 DESCUBRIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS**

*Si durante las excavaciones de las obras se encuentran objetos arqueológicos o de interés histórico, el ingeniero le comunicará al Contratista que debe suspender inmediatamente todos los trabajos que puedan afectar el hallazgo, y tomar las acciones pertinentes de acuerdo con el artículo 110.10 del CR-2002. Así mismo,*

*pondrá un equipo permanente de vigilancia mientras se reciben indicaciones precisas, por parte de las autoridades competentes, sobre el manejo del hallazgo.*

### **SECCIÓN 5.05 TRABAJOS NOCTURNOS**

*Los trabajos nocturnos deberán ser previamente autorizados por el ingeniero y realizados solamente en las unidades de obra que él indique. El Contratista deberá instalar equipos de iluminación de tipo e intensidad satisfactorios para el desarrollo del trabajo de acuerdo con el criterio del ingeniero, y deberá mantenerlos en perfecto estado mientras duren los trabajos nocturnos, así como tomar las medidas correspondientes para evitar cualquier tipo de accidente al personal que labora en el proyecto.*

### **SECCIÓN 5.06 LIMPIEZA DEL SITIO DE LOS TRABAJOS**

*Terminada cada parte de la obra, el Contratista deberá retirar del sitio de los trabajos todo el equipo de construcción, los materiales sobrantes, escombros y obras temporales de todo tipo, y dejará la totalidad de la obra y el sitio de los trabajos en un estado de limpieza satisfactorio para el ingeniero. No habrá pago directo por concepto de esas actividades.*

### **SECCIÓN 5.07 DISPOSICIÓN DE DESECHOS Y SOBRANTES**

*El Contratista deberá disponer, mediante procedimientos adecuados, todos los desechos, escombros, sobrantes y demás residuos provenientes de los trabajos necesarios para la ejecución de las obras, en los sitios indicados en los documentos contractuales o autorizados por el ingeniero.*

### **SECCIÓN 5.08 MATERIALES**

*Los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán suministrados por el Contratista; por lo tanto, será de su entera responsabilidad la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales deberán cumplir todos los*

*requisitos de calidad exigidos en las “Especificaciones generales de construcción CR-2002”, así como las recomendaciones y requerimientos establecidos en los estudios técnicos y ambientales del proyecto y en los permisos otorgados por las autoridades ambientales competentes.*

*Las fuentes de materiales que figuren en los estudios realizados por la Administración tienen carácter referencial.*

*No habrá pago directo para el transporte de materiales; por lo tanto, los precios unitarios de préstamos, subbase granular, base granular estabilizada, revestimientos bituminosos y hormigones hidráulicos deberán cubrir, entre otros, los costos de trituración, clasificación, transportes, cargado y descargado de los materiales pétreos.*

*El Contratista deberá obtener, oportunamente, todos los materiales y suministros que se requieran para la construcción de las obras, y mantener en forma permanente una cantidad suficiente de ellos para no retrasar el progreso de los trabajos.*

*Todos los materiales están sujetos a inspección, muestreo, pruebas, repetición de pruebas y rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación de los trabajos.*

*Los materiales suministrados y demás elementos que el Contratista emplee en la ejecución de las obras deberán ser de primera calidad y adecuados al propósito que se les destina. Los materiales y elementos que el Contratista emplee en la ejecución de las obras sin la aprobación del ingeniero, podrán ser rechazados por este cuando no cumplan los requisitos del contrato. La aprobación de los materiales por parte del ingeniero, no exonera de responsabilidad al Contratista por la calidad de los materiales incorporados a la obra.*

*Todo trabajo rechazado por no cumplir las especificaciones exigidas, por deficiencia en los materiales, en la mano de obra o por deficiencia en los equipos de construcción, deberá ser reconstruido o reparado por cuenta del Contratista y dentro del plazo que determine el ingeniero.*

*Además, el Contratista queda obligado a retirar del sitio, por su cuenta, todos los materiales o elementos defectuosos, cuando así lo exija el ingeniero.*

*Los materiales obtenidos del proceso constructivo, especialmente de limpieza y desbosque o excavaciones, que no se utilicen en la obra, se dispondrán adecuadamente en sitios acondicionados para tal fin.*

*El material de cobertura vegetal que se destine para uso posterior en actividades de revegetalización de taludes u otros fines, se almacenará adecuadamente, de manera temporal, en sitios adecuados para este propósito, hasta su utilización, cuidando de no mezclarlo con otros materiales considerados como desperdicios.*

### **SECCIÓN 5.09 TRANSPORTE DE MATERIALES**

*Durante el proceso constructivo, los materiales de construcción deberán ser protegidos, para su acarreo, con cobertores debidamente asegurados a la carrocería del vehículo, de manera que se impida su caída sobre las vías por donde transitan.*

*Antes de transitar por cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar, cuando sea necesario, las llantas de los vehículos empleados en el transporte de materiales.*

*Cualquier daño producido por los vehículos del Contratista en las vías por donde transiten, deberá ser corregido por este, por su propia cuenta.*

### **SECCIÓN 5.10 PERSONAL**

*El Contratista deberá cumplir todas las disposiciones legales sobre la contratación del personal costarricense y extranjero. Así mismo, se obliga al pago de todos los salarios, cargas sociales, seguros de riesgos del trabajo que se establecen de acuerdo con la legislación laboral vigente.*

### **SECCIÓN 5.11 CONTROL**

*El Contratista deberá facilitar el control del trabajo por parte del ingeniero. Este, a su vez, efectuará todas las medidas que estime convenientes, para asegurar el cumplimiento de los requisitos del contrato.*

*Si los materiales o trabajos objeto del control no están de acuerdo con lo especificado o si, a juicio del ingeniero, existe algún riesgo a personas o propiedades privadas, este ordenará la modificación de las operaciones que se realizan o su interrupción, hasta que el Contratista adopte las medidas correctivas necesarias.*

### **SECCIÓN 5.12 CONTROLES MÍNIMOS QUE DEBERÁ OBSERVAR EL INGENIERO PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

*Durante la ejecución de los trabajos, el ingeniero deberá realizar los siguientes controles mínimos:*

#### **a) Para todas las actividades:**

- Verificar que todo el personal esté protegido (póliza de riesgos del trabajo) y use los dispositivos de seguridad que correspondan en cada caso*
- Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos*
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista*
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos constructivos aplicados por el Contratista*
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo*

#### **b) Para las demás actividades principales**

*Además de los anteriores controles, el ingeniero deberá efectuar otros controles según la actividad que se esté realizando.*

**1) Limpieza y desbosque**

- *Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza se ajuste a las exigencias de las especificaciones CR-2002 y a todas las disposiciones legales vigentes*
- *Medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos, de acuerdo con la sección 201 del CR-2002*
- *Señalar todos los árboles que deben conservarse, y ordenar las medidas para evitar que sean dañados*

*El ingeniero verificará que el Contratista aplique las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y velará por su cumplimiento.*

**2) Remoción de obstáculos**

- *Identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos.*
- *Señalar los elementos que deban permanecer en el sitio, y ordenar las medidas para evitar que sean dañados*
- *Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Contratista, de acuerdo con la sección 202 del CR-2002*

*El ingeniero considerará terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar las otras actividades programadas, y cuando los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos.*

**3) Excavaciones, terraplenados y derrumbes**

- *Durante la excavación para explanación, terrazas, canales y préstamos, el ingeniero controlará que el Contratista mantenga, sin alteración, las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar áreas de trabajo*
- *Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas*

- *Comprobar que toda superficie para base de un terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica*
- *Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda*
- *Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en las Especificaciones Generales CR-2002 y las Especificaciones Especiales*
- *Verificar la compactación de todas las capas de un terraplén*
- *Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *Comprobar que la disposición de los materiales provenientes de derrumbes se haga en sitios previamente autorizados*
- *La remoción del derrumbe se considerará completa cuando la vía quede limpia y libre de obstáculos, y las obras de drenaje funcionen normalmente*
- *Medir el volumen de trabajo ejecutado de acuerdo con lo establecido en la sección 203 del CR-2002*

#### **4) *Formación de subrasante***

- *Los trabajos de conformación de la calzada deberán ajustarse a los planos y secciones del proyecto y a las instrucciones del ingeniero. La sección transversal deberá ser especificada en los planos*
- *En los casos en que se requiera adición de material, la verificación de su calidad se efectuará según sea el material incorporado*
- *La conformación o reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se realizarán de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos o determinadas por el ingeniero, y de acuerdo con lo especificado en la sección 203 del CR-2002, correspondiente a excavaciones y terraplenado*
- *Las cunetas deberán quedar funcionando adecuadamente y libres de todo material de desecho*

- *El trabajo se considerará terminado a satisfacción cuando el ingeniero verifique que este ha sido realizado conforme a las especificaciones del contrato, planos constructivos y de acuerdo a sus instrucciones, y de su aprobación.*

**5) Mejoramiento de subrasante**

- *Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos*
- *Verificar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de esta actividad*
- *Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *La subrasante mejorada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas, y la distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no debe ser inferior a la señalada en los planos o a la definida por el ingeniero*

**6) Subdrenajes**

- *Antes de autorizar la construcción del filtro, verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos u ordenadas por el ingeniero*
- *Vigilar la regularidad en la producción de los agregados, durante el período de ejecución de las obras*
- *Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y colocación de los agregados, la colocación del geotextil y la colocación de la capa de sello del filtro*
- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por las especificaciones*
- *Efectuar ensayos de verificación de la calidad de los geotextiles, los agregados pétreos del filtro y el material de la capa de sello*
- *Medir, para efectos de pago, las cantidades aceptadas de la obra ejecutada.*

**7) Alcantarillas de tubo**

- *Comprobar que los tubos y demás materiales, así como las mezclas por utilizar, cumplan los requisitos establecidos en las especificaciones*
- *Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado*
- *Verificar que el alineamiento y la pendiente de la tubería se ajusten a los requerimientos de los planos*
- *Medir, para efectos de pago, las cantidades aceptadas de la obra ejecutada*

**8) Rellenos para estructuras**

- *Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en las Especificaciones*
- *Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *Verificar la densidad de cada capa compactada, control que se realizará en el espesor de cada capa construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado*
- *Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura, solamente se comience cuando esta adquiera la resistencia especificada*
- *Medir los volúmenes de relleno para fundaciones y material filtrante colocados por el Contratista, de acuerdo con las Especificaciones*

**9) Subbases y bases granulares y estabilizadas**

- *Comprobar que los materiales cumplen los requisitos de calidad exigidos en las Especificaciones*
- *Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo empleado por el Contratista en el proceso constructivo*
- *Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio*
- *Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa construida*

- *Tomar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *Vigilar la regularidad y calidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo del Contratista*

**10) Transporte de materiales varios**

- *Verificar el estado y funcionamiento de los vehículos de transporte*
- *Comprobar que las ruedas del equipo de transporte, que circule sobre las diferentes capas de pavimento, se mantengan limpias*
- *Exigir al Contratista la limpieza de la superficie, en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Contratista, por su cuenta, deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación*
- *El ingeniero sólo medirá el transporte (sobrecarreo) de materiales autorizados en los planos del proyecto y en el Cartel de Licitación. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el ingeniero, este solamente computará la distancia más corta definida previamente*

**11) Riegos de imprimación y de liga; tratamientos superficiales bituminosos y sellos; lechadas asfálticas y mezclas asfálticas densas y abiertas en frío y en caliente**

- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en las Especificaciones*
- *Supervisar la correcta aplicación del método aceptado al efectuar el tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas*
- *Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría, así como control de las*

*temperaturas de mezclado, descargado, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables solo a las mezclas elaboradas en caliente)*

- *Efectuar ensayos de control de mezcla, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas*
- *Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como su granulometría*
- *Verificar las dosificaciones de ligante en riegos de liga e imprimaciones*
- *Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezclas o lechadas asfálticas durante el período de ejecución de las obras*
- *Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los aditivos mejoradores de las características de los cementos asfálticos o emulsiones, siempre que estos se incorporen*
- *Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *El ingeniero verificará que el Contratista rellene con mezcla asfáltica, por su cuenta, todos los orificios realizados para medir densidades en sitio, y compactará adecuadamente el material*

## **12) Pavimentos de hormigón hidráulico y de adoquines**

### **Pavimento hidráulico**

- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por las Especificaciones*
- *Observar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que conforman el pavimento*
- *Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla*
- *Establecer correlaciones entre la resistencia a la flexotracción y la resistencia a la tracción indirecta, para el concreto con el cual se construye el pavimento*

- *Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras*
- *Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia a la flexotracción y a la compresión*
- *Tomar núcleos para determinar el espesor del pavimento*
- *Realizar medidas para levantar perfiles, verificar la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *Los orificios que se produzcan por la toma de núcleos para determinar el espesor del pavimento y otros controles, serán rellenados por el Contratista sin costo alguno para la Administración, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción del pavimento, la cual deberá ser correctamente compactada y enrasada*

***Pavimentos de adoquines:***

- *Comprobar que los materiales para el pavimento de adoquines cumplan los requisitos de calidad exigidos por las Especificaciones*
- *Exigir la correcta aplicación del método de trabajo adoptado y aprobado para la ejecución del pavimento de adoquines*
- *Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie del adoquinado*
- *Medir los volúmenes del trabajo ejecutado por el Contratista de acuerdo con la sección 502 de las “Especificaciones generales del CR-2002”*

***13) Pilotaje y tablestacado***

- *Exigir al Contratista la presentación de los planos de trabajo*
- *Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aprobados*
- *Comprobar que los materiales cumplen los requisitos de calidad exigidos en las Especificaciones*
- *Exigir al Contratista la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo*
- *Ordenar el control del hincado para comprobar la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes*

- *Ordenar las pruebas de carga necesarias y efectuar en ellas las determinaciones pertinentes*
- *Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la hincada de los elementos (pilotes o tablestaca)*
- *Verificar que los elementos de tablestacado y pilotes cumplan la resistencia, composición o dimensiones*
- *Medir las cantidades de obra correctamente ejecutadas de acuerdo con las secciones 601 y 602 del CR-2002*

#### **14) Hormigón estructural**

- *Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, consolidación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas*
- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por las Especificaciones*
- *Controlar que el Contratista efectúe los ensayos necesarios para el control de la mezcla*
- *Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla de hormigón durante el período de ejecución de las obras*
- *Tomar muestras de la mezcla elaborada, para determinar su resistencia*
- *Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie*
- *Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados de acuerdo con la sección 603 del CR-2002*

#### **15) Estructuras de metal**

- *Revisar y aprobar, cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos*
- *Vigilar que los trabajos se realicen de acuerdo con los planos del proyecto y las especificaciones, y que las piezas estén debidamente identificadas*
- *Verificar que las conexiones con pernos tengan la tensión apropiada*

- *Exigir las certificaciones requeridas para el equipo de soldadura, así como la idoneidad de los operarios*
- *Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente de acuerdo con la sección 608 del CR-2002*
- *Siempre que lo considere conveniente, el ingeniero exigirá al Contratista los informes de análisis químicos y pruebas físicas efectuadas por el fabricante, que determinen la calidad del acero empleado. Si no los suministra, el ingeniero ordenará la ejecución de las pruebas pertinentes, a cuenta del Contratista. Todo material que incumpla las exigencias de la respectiva especificación, será rechazado*

#### **16) Acero de refuerzo**

- *Solicitar al Contratista copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a muestras representativas de cada suministro de barras de acero*
- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por las Especificaciones*
- *Verificar que el corte, doblado y colocación del refuerzo se efectúen de acuerdo con los planos y las instrucciones del ingeniero*
- *Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos*
- *Verificar que, cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de área igual o superior a los de diseño, y comprobar que la separación entre varillas no sea menor a 1,5 veces el tamaño máximo del agregado*
- *Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo suministrado y colocado de acuerdo con la sección 605 del CR-2002*

#### **17) Acero de preesfuerzo**

- *Revisar y aprobar, cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos*

- *Exigir al Contratista certificados del fabricante que incluyan las características físicas y químicas que garanticen la calidad de todos los suministros de los aceros requeridos para la ejecución de los trabajos*
- *Comprobar que la calidad de los materiales empleados cumpla las exigencias de las Especificaciones*
- *Evaluar, y aprobar cuando corresponda, el sistema de preesfuerzo propuesto por el Contratista*
- *Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos*
- *Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado*
- *Efectuar las pruebas pertinentes para verificar la calidad del trabajo ejecutado*
- *Exigir al Contratista la adopción de medidas para garantizar la seguridad del personal y los equipos durante la ejecución de los trabajos*
- *Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los planos, las instrucciones del ingeniero, y la sección 606 del CR-2002*

#### **18) Inyección de ductos con lechada**

- *Controlar la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada*
- *Verificar la resistencia de la lechada endurecida.*
- *Controlar las presiones del manómetro de la bomba durante la inyección*
- *En caso de duda sobre la calidad de la inyección realizada, exigir radiografías del ducto, las cuales serán tomadas por cuenta del Contratista*

#### **19) Gaviones**

- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación*
- *Vigilar la regularidad en la producción de los materiales de relleno*

- *Verificar que la fundación de los gaviones presente una superficie pareja y con una adecuada capacidad de soporte*
- *Verificar que el alineamiento, pendientes y dimensiones de la obra se ajusten a su diseño*
- *Medir las cantidades de obra ejecutadas y aceptadas, realizadas por el Contratista*

#### **20) Geotextiles**

- *Comprobar que el geotextil cumpla los requisitos exigidos al someterlo a los ensayos mencionados en la sección 704, según sea la aplicación del geotextil*
- *Vigilar el trabajo de manera que se realice de acuerdo con los planos y requisitos especificados*
- *Medir, para efectos de pago, el área de geotextil correctamente instalado*

#### **21) Muros de suelo reforzado con geotextil**

- *Verificar que la fundación del muro con geotextil presente una superficie pareja, y con una adecuada capacidad de soporte*
- *Comprobar que el geotextil cumpla los requisitos exigidos al someterlo a los ensayos mencionados en la sección 704 del CR-2002*
- *Verificar que el material empleado para el relleno se ajuste a las exigencias establecidas en las especificaciones*
- *Vigilar que todo el trabajo se realice de acuerdo con los planos y los requisitos establecidos en la sección 708 del CR-2002*

#### **22) Tierra armada**

- *Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por esta especificación*
- *Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la elaboración de las mezclas de hormigón*
- *Efectuar los ensayos necesarios para el control de las mezclas*
- *Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado*

- *Verificar que el alineamiento, pendiente, sección y acabado de las escamas cumplan los requerimientos de los planos del proyecto*
- *Verificar que las armaduras se coloquen perpendicularmente al paramento (escamas), en capas horizontales y sujetas a las escamas mediante tornillos de fijación*
- *Verificar que el relleno esté cuidadosamente nivelado y compactado para que la armadura se apoye completamente sobre su superficie*
- *Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Contratista*

### **23) Guardacaminos**

- *Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la sección 717 del CR-2002*
- *Verificar que la excavación sea correcta y que la defensa se instale de acuerdo con los planos y las instrucciones del fabricante del guardacamino*
- *Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra correctamente ejecutadas*

### **24) Señalamiento vial**

- *Verificar la instalación de la señalización temporal para informar del cierre parcial de la vía o restricción de la velocidad de circulación cuando la vía se mantenga en operación*
- *Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en las secciones 725, 726 y 727 del CR-2002*
- *Comprobar que las señales y dispositivos se coloquen en los sitios previamente establecidos*
- *Verificar la adhesión, acabado y reflexibilidad de la pintura colocada*
- *Comprobar la correcta instalación de las señales*
- *Impedir que los captaluces se coloquen con anterioridad a la aplicación de las líneas de demarcación*
- *Verificar que los captaluces queden correctamente colocados, y contarlos para efectos de pago*

- *Medir, para efectos de pago, las líneas y marcas de pintura sobre el pavimento aceptadas por el ingeniero*

## *Capítulo 6*

---

# *Control de materiales*

## SECCIÓN 6.01 GENERALIDADES

Todos los materiales empleados en la obra, serán suministrados por el Contratista y estarán sujetos a inspección y ensayos para su aceptación. Los requisitos específicos que deben cumplir se indican en las Especificaciones Generales CR-2002. Cuando sea necesario completar las especificaciones generales, se incluirán en el Cartel de Licitación “especificaciones especiales”, para adecuar los requisitos a las condiciones particulares de la obra.

Se distinguen dos clases de materiales: manufacturados, es decir, fabricados mediante procesos industriales tales como asfalto, cemento, tubos de alcantarillas, acero de refuerzo, pintura, etc., y materiales que el Contratista produce, tales como agregados, mezclas bituminosas, de hormigón, etc. Otro elemento presente son los procesos constructivos que también son sujetos de inspección, ensayo, aceptación o rechazo, por ejemplo la colocación de capas de la estructura del pavimento, las cuales deben satisfacer requisitos de aceptación como densificación, uniformidad (no segregación), temperatura, espesor, acabado, etc. Las especificaciones generales contienen todos los requisitos de calidad que deben satisfacer, tanto los materiales manufacturados y los producidos por el Contratista, como los procesos constructivos.

Al final de cada sección de las especificaciones generales, se incluye una tabla denominada “Muestreo y ensayos”, que contiene las características de calidad que han de ser evaluadas y aquellas susceptibles de evaluación estadística.

Antes de iniciarse los trabajos de construcción, el ingeniero Jefe de Proyecto deberá aprobar el “Plan de control de calidad” que implementará el Contratista para asegurar la calidad de la obra. Le corresponderá al Ingeniero de Proyecto llevar a cabo la verificación de la calidad de todos los materiales y procesos constructivos, así como de los materiales manufacturados, todo conforme se establece en las Especificaciones Generales CR-2002. En el capítulo 7, se describe el procedimiento por seguir cuando sea aplicable el método estadístico, para evaluar la calidad del trabajo ejecutado. Además

se incluyen dentro de este capítulo ejemplos prácticos que ilustran el procedimiento de selección al azar de sitios de muestreos y de comprobación de densificación.

## **SECCIÓN 6.02 FUENTES DE MATERIALES**

No se debe autorizar la explotación de ninguna fuente de material hasta tanto no exista la autorización escrita por parte de los organismos técnicos, Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) o, cuando sea necesario o así corresponda, por el Museo Nacional, municipalidades, etc. Además deberán atenderse, en lo que sean aplicables las disposiciones contenidas en la sección 110 "Especificaciones ambientales generales" del CR-2002.

A) **Fuentes de material local:** normalmente, son fuentes de material localizadas en las cercanías del proyecto.

Para facilitar la inspección y efectuar la comprobación de la calidad del material, el Contratista deberá notificar, con suficiente antelación, la fuente que se propone utilizar, y adjuntará los resultados de la evaluación efectuada, como parte de su control de calidad.

1) **Fuentes designadas por la Administración (caso 1):** cuando en el Cartel de Licitación se indique este tipo de fuentes de materiales, la Administración garantiza la cantidad de material aceptable. Si resultare que la fuente no contiene una cantidad suficiente de material satisfactorio, la Administración proporcionará otra fuente.

Las fuentes caso 1 se indicarán en el cartel solamente cuando se hayan realizado investigaciones previas sobre la calidad y cantidad esperable de materiales apropiados para uso en la construcción de carreteras. Sin embargo, si por variación en la calidad de los materiales o por insuficiencia de ellos, o por cualquier otra causa no imputable al Contratista, hubiera que cambiar de

fuelle, la Administración indemnizará al Contratista por los costos adicionales en que incurra por la obtención de materiales procedentes de una nueva fuente. Esta indemnización adicional puede incluir el costo del traslado e instalación del equipo, los acarrees adicionales y otros costos adicionales, si los hubiere, para la producción y colocación del material. Esto no significa que la Administración asuma la responsabilidad de las operaciones del Contratista. El Contratista siempre será responsable de que la explotación y producción del material se ajuste a los requisitos del contrato.

El cambio de la fuente de material y cualquier costo adicional derivado de esta decisión, deberá hacerse mediante orden de modificación. Si el cambio de fuente implica aumento en el monto del contrato, deberá tramitarse el addendum respectivo con base en los términos de la orden de modificación.

El artículo 106.02, aparte a), de las Especificaciones Generales establece que, cuando la fuente no contenga material de calidad uniforme, el ingeniero puede ordenar una explotación selectiva. Antes de autorizar el uso de una nueva fuente, el ingeniero debe cerciorarse de que todo el material apropiado ha sido extraído. Los cambios en la formación de la fuente, así como otros factores que puedan incidir en la producción, no serán motivo para que la fuente se abandone.

Cuando una fuente sea señalada en el Cartel de Licitación para usarse en varios tipos de material (ejemplo base y subbase), y existan circunstancias que hagan inaceptable su uso para algún tipo de estos materiales, el ingeniero deberá girar instrucciones al Contratista, para que la explotación se lleve a cabo únicamente para aquel tipo de material que satisface los requisitos del contrato. Si el Contratista desatiende la instrucción dada o gasta el material usándolo para otro fin distinto del que está destinado, la Administración no asume responsabilidad de ningún costo adicional que pueda resultar de su uso para otro fin distinto.

- 2) **Fuentes elegidas por el Contratista (caso 2):** las fuentes de material seleccionadas por el Contratista deberán ajustarse a lo dispuesto en el artículo 106.02 de las Especificaciones Generales CR-2002.

*En este caso, el Contratista tendrá libertad de utilizar la fuente que le convenga a sus intereses, siempre y cuando el material cumpla los requisitos exigidos en el contrato y cuente con la aprobación del ingeniero de proyecto. La Administración asumirá el costo del muestreo y ensayos, para determinar la idoneidad del material.*

### **SECCIÓN 6.03 MUESTREO Y ENSAYOS**

- A) **Métodos para muestreo y ensayos:** toda recolección de muestras y ensayos practicados a los materiales deberá efectuarse de conformidad con los procedimientos estándares establecidos por la AASHTO, ASTM u otro organismo técnico especializado en métodos específicos de muestreos y ensayos.

*Para la recolección de muestras, se debe disponer de personal calificado, que esté familiarizado con los procedimientos estándares de muestreo.*

*En las Especificaciones generales CR-2002 (sección 106), y en el capítulo 7 de este manual, se tratan los aspectos relacionados con los métodos de evaluación estadística y muestreos aleatorios que deben aplicarse cuando se establezca en el cartel el control de calidad con fundamento estadístico.*

- B) **Clases de muestras y ensayos:** deberá establecerse claramente la finalidad de las muestras que se recolecten. Así, se tendrá muestras de aceptación de materiales, cuyos requisitos han de cumplirse bajo criterios absolutos; es decir, cuando se trate de valorar la aceptabilidad de un material, este debe cumplir rigurosamente todos los requisitos de calidad establecidos en el contrato (por ejemplo, abrasión,

plasticidad, sanidad, equivalente de arena, etc.). En consecuencia, el método estadístico no es aplicable por cuanto no hay admisibilidad de tolerancias; el criterio es absoluto (cumple o no cumple). En las Especificaciones Generales, se establecen para cada material por incorporar en la obra, los requisitos que deben cumplir para su aceptación.

Para control de los procesos constructivos: producción de agregados, producción de mezcla asfáltica, producción de hormigón, colocación de materiales, densificación, etc., se aplicará el método estadístico, si así se especifica en el cartel. Al final de cada sección, se incluye una tabla denominada "Muestreos y ensayos", donde se indica la característica de calidad por evaluar, el método de ensayo por aplicar, la frecuencia mínima y el punto de muestreo. Las muestras que se recolecten y ensayos que se realicen, tendrán la finalidad de valorar los procesos constructivos. Las tablas a que se ha hecho referencia, algunas veces incluyen la valoración de alguna característica de calidad para control, pero no bajo el método estadístico, por no corresponder a un proceso constructivo (ejemplo: plasticidad, ensayo densidad-humedad, abrasión, etc.).

Cuando sea aplicable el método estadístico, el Contratista debe elaborar su "Plan de control de calidad", con base en la información contenida en las tablas citadas.

Constituye parte importante del control de calidad la obtención oportuna de los resultados. Normalmente, los trabajos se desarrollan de manera continua debiéndose procurar, hasta donde sea posible, no ocasionar atrasos indebidos al progreso de la obra.

- C) **Punto de muestreo:** los puntos de muestreos están definidos en las tablas de muestreo y ensayos que se ha hecho referencia en el punto anterior. Cuando haya que definir sitios de muestreo para control de densidad (compactación) extracción de núcleos en bases estabilizadas, etc. se deberá aplicar el método de selección de sitios al azar.

*Este procedimiento se describe en el capítulo 7 del presente manual.*

**D) Registros e informes:** *el Ingeniero de Proyecto deberá llevar en la oficina del proyecto un archivo ordenado y clasificado, en la forma más conveniente, de todos los ensayos de laboratorio realizadas por el Contratista, como parte de su control de calidad, así como de la verificación efectuada por la ingeniería de proyecto. Toda esta información servirá de base para respaldar los pagos autorizados al Contratista. En los informes mensuales de obra realizada, se hará referencia, a manera de comentario, sobre todo lo relacionado con los controles de calidad, resultados obtenidos y acciones tomadas, cuando se den incumplimientos en los procesos constructivos o materiales empleados en la obra.*

*Para facilitar el control de calidad, se recomienda que el Ingeniero de Proyecto prepare con base en los resultados de los ensayos, resúmenes o gráficas que permitan visualizar con mayor claridad la dispersión de los resultados. Y, cuando se determine que la dispersión de resultados afecte o pueda afectar la calidad de los materiales incorporados a la obra o los procesos constructivos, el ingeniero ordenará detener los trabajos hasta que las deficiencias sean corregidas satisfactoriamente.*

*De acuerdo con el artículo 106.04 de las Especificaciones generales CR-2002, el Contratista deberá también, como parte de su control de calidad, mantener registros y gráficas en lugares visibles y permanentemente al día; todo de conformidad con el aparte d) del citado artículo. Así mismo, el Contratista debe asegurarse de que todo el equipo de laboratorio esté en buenas condiciones, debidamente calibrado, y disponer del personal idóneo para llevar a cabo estas tareas.*

*El Ingeniero de Proyecto debe preparar mensualmente resúmenes de las evaluaciones efectuadas a cada una de las actividades que realiza el Contratista, lo*

*cual forma parte del seguimiento y verificación de la calidad de los materiales y procesos constructivos.*

*Estos resúmenes servirán de respaldo al ingeniero para dejar constancia del cumplimiento, o de las acciones tomadas en caso de incumplimientos, en el informe mensual de cada estimación.*

*Las características de calidad que deberán evaluarse tanto para los materiales como para los procesos constructivos, están contenidas en las Especificaciones generales CR-2002 o cuando estas sean modificadas, en las especificaciones especiales del cartel de licitación.*

**E) Laboratorio de campo:** *hoy la Administración (CONAVI) ha optado por contratar este servicio con LANAMME (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales), a través de convenios con la Universidad de Costa Rica.*

*La evaluación y verificación de los trabajos que se ejecutan demandan una pronta y oportuna obtención de resultados que permita valorar el cumplimiento de los requisitos del contrato. Esto requiere que la ingeniería del proyecto coordine este servicio de manera eficiente, para no ocasionar atrasos innecesarios en el desarrollo de los trabajos. En todo caso, ha de tenerse en cuenta que el Contratista será siempre responsable de asegurarle a la Administración la calidad de la obra de acuerdo con los términos pactados en el contrato, por lo tanto, tendrá la obligación ineludible de realizar su propio control de calidad, que le permita certificar la calidad de los trabajos ejecutados en cada período de estimación.*

**F) Plan de control de calidad:** *el Contratista, responsable de la calidad de la obra, presentará en la reunión de preconstrucción el "Plan de control de calidad", para revisión y análisis del ingeniero que tendrá a cargo la jefatura del proyecto. Este plan deberá ajustarse a todas las exigencias establecidas en las Especificaciones generales CR-2002. El ingeniero Jefe de Proyecto debe revisar el plan propuesto*

por el Contratista, comparando cantidad de muestras por levantar por lote y tipo de ensayo por realizar, para cada una de las características de calidad por evaluar, de cada actividad (subbase, base, mezcla asfáltica, etc.). Debe también observarse, dentro de este análisis, que el muestreo se realice con algún procedimiento aceptado de muestreo al azar.

Cuando no se especifique el método estadístico para el control de calidad, igualmente el Contratista debe presentar su "Plan de control de calidad". En este caso, el cumplimiento de los requisitos del contrato, en cuanto al trabajo de la obra, estará basado en criterios absolutos, es decir, deberán cumplirse 100% los límites especificados de calidad, incluyendo las tolerancias, si las hubiere, y no habrá admisibilidad de dispersión de resultados más allá de estos límites especificados.

Cuando se trate de ensayos de aceptación de materiales, no operará la aplicación del método estadístico; en su lugar, deberá aplicarse un criterio de cumplimiento absoluto de los requisitos especificados para cada material.

- G) **Tamaño de muestras:** como guía general para el Ingeniero de Proyecto, se incluye a continuación una tabla que contiene cantidades recomendadas de material para efectuar las pruebas de campo más usuales.

## TAMAÑO DE MUESTRAS RECOMENDADAS PARA ENSAYOS

MATERIAL		PRUEBAS	TAMAÑO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO	PESO TOTAL MUESTRA DE CAMPO	
Suelos de subrasante		LL, LP	2 Kg	35 Kg	
		Compactación AASHTO T-99	7 Kg		
		Gravedad específica AASHTO T-100	7 Kg		
		C.B.R.	14 Kg		
		Graduación, incluyendo lavado	3 Kg		
Préstamo de material selecto y subbase		Graduación y lavado	23 Kg	48 Kg	
		LL, LP	2 Kg		
		C.B.R.	16 Kg		
Capa de base	Granular	Graduación (incluyendo lavado 3 pruebas)	34 Kg	91 Kg (*)	
		Pesos unitarios (muestra reutilizable)	12 Kg		
		Abrasión (máquina Los Ángeles)	9 Kg		
		C.B.R.	16 Kg		
	Adicional para el caso de base estabilizada	Compresión después de la inmersión	41 Kg	41 Kg	
Cemento o cal	1 saco de 42 ½ Kg				
Capas bituminosas de desgaste	Ensayos previos	Graduación y lavado	34 Kg	102 Kg	
		LL y LP	2 Kg		
		Abrasión (máquina Los Ángeles)	9 Kg		
		Resistencia a la adherencia	0,5 Kg		
		Compresión después de la inmersión (4 grupos)	55 Kg		
	Para agregados de recubrimiento	Sanidad	15 Kg	15 Kg	
	Pruebas de chequeo	Densidad, espesor (sin alterar)	De perforación u otra muestra adecuada		
		Extracción, bitumen, graduación	12 Kg	12 Kg	
	Relleno mineral	Graduación	1 Kg	4 Kg	
		Tanteo en la confección de la mezcla	3 Kg	4 litros	
	Asfalto	Especificaciones	4 litros cemento asfáltico 4 litros de emulsión, en un frasco de vidrio o de cualquier otro material aprobado.	4 litros	

Notas (\*) Cuando se vayan a efectuar pruebas para usarlo como base y como material para mezcla asfáltica, se requieren kg. en total.

MATERIAL	PRUEBAS		TAMAÑO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO		PESO TOTAL MUESTRA DE CAMPO
			Grueso	Fino	
Agregados para hormigón			15 Kg	10 Kg	100 Kg
	Graduación (incluyendo lavado)		5 Kg	5 Kg	
	Gravedad específica y absorción		6 Kg	5 Kg	
	Sanidad		9 Kg	---	
	Abrasión (máquina Los Ángeles)		30 Kg	7 Kg	
	Pesos unitarios (muestra reutilizable)		100 Kg	50 Kg	150 Kg
Cemento-agua	Especificaciones	Agua	4 litros (en un frasco de vidrio con tapón de hule)		4 litros
		Cemento	2 sacos		2 sacos
Acero para refuerzo	Resistencia, elongación y doblamiento		2 varillas de 1,22 m de long. de cada diámetro	2 varillas de 1,22 m de long. de cada diámetro	
Malla de alambre	Resistencia		Una pieza de 100 x 100 cm	Una pieza de 100 x 100 cm	
Alambre o cordón de alambre	Resistencia, elongación		1 pieza de 2 m por cada rollo	1 pieza de 2 m por cada rollo	
Tubo de acero corrugado	Galvanización (Spelter)		6 piezas de 2 m por cada rollo	6 piezas de 6 cm <sup>2</sup> (o área equivalente)	
Tubos de hormigón para las alcantarillas	Absorción		7 Kg	7 Kg	
Pintura	Especificaciones		1 litro de cada clase	1 litro de cada clase	
Aditivos especiales para curado	Especificaciones		1 litro	1 litro	
Relleno para juntas de expansión	Líquido	Especificaciones	2 litros	2 litros	
	Premoldeado	Especificaciones	Un trozo de 1,20 m de largo por su ancho normal	Un trozo de 1,20 m de largo por su ancho normal	
Guardacaminos	Especificaciones		Una viga de 3,70 metros	Una viga de 3,70 metros	
Accesorios para guardacaminos	Especificaciones		Una pieza de cada tipo y un juego completo de tornillos para cada unión	Una pieza de cada tipo y un juego completo de tornillos para cada unión	
Fertilizantes	Especificaciones		7 Kg	7 Kg	
Cal agrícola (piedra calcárea pulverizada)	Especificaciones		7 Kg	7 Kg	
Cal hidratada	Especificaciones		7 Kg	7 Kg	

#### **SECCIÓN 6.04 INSTRUMENTOS DE PESAJE**

*Cuando el método de medición de cantidades sea por peso, el Contratista deberá proveer los instrumentos y aparatos de pesaje de conformidad con lo establecido en el artículo 109.02 de las Especificaciones Generales CR-2002.*

#### **SECCIÓN 6.05 ALMACENAMIENTO Y APILADO DE MATERIALES**

*Los materiales por emplear en la obra podrán ser almacenados o apilados dentro del derecho de vía. Las áreas fuera del derecho de vía que se requiera para este fin, le corresponderá al Contratista realizar las gestiones con el propietario del terreno. Además el Contratista será responsable de evitar la contaminación y la segregación de los materiales, así como de su custodia hasta que sean incorporados a la obra.*

*Todo lo relacionado con el equipo y métodos empleados para el almacenamiento y manejo de materiales deberá estar en concordancia con lo establecido en los artículos 106.09 y 106.10 de las Especificaciones generales CR-2002.*

*En la figura del anexo 6.05 A, se presentan algunas formas de apilamiento de materiales correctas e incorrectas.*

# *Anexo*

### APILAMIENTO DE AGREGADOS

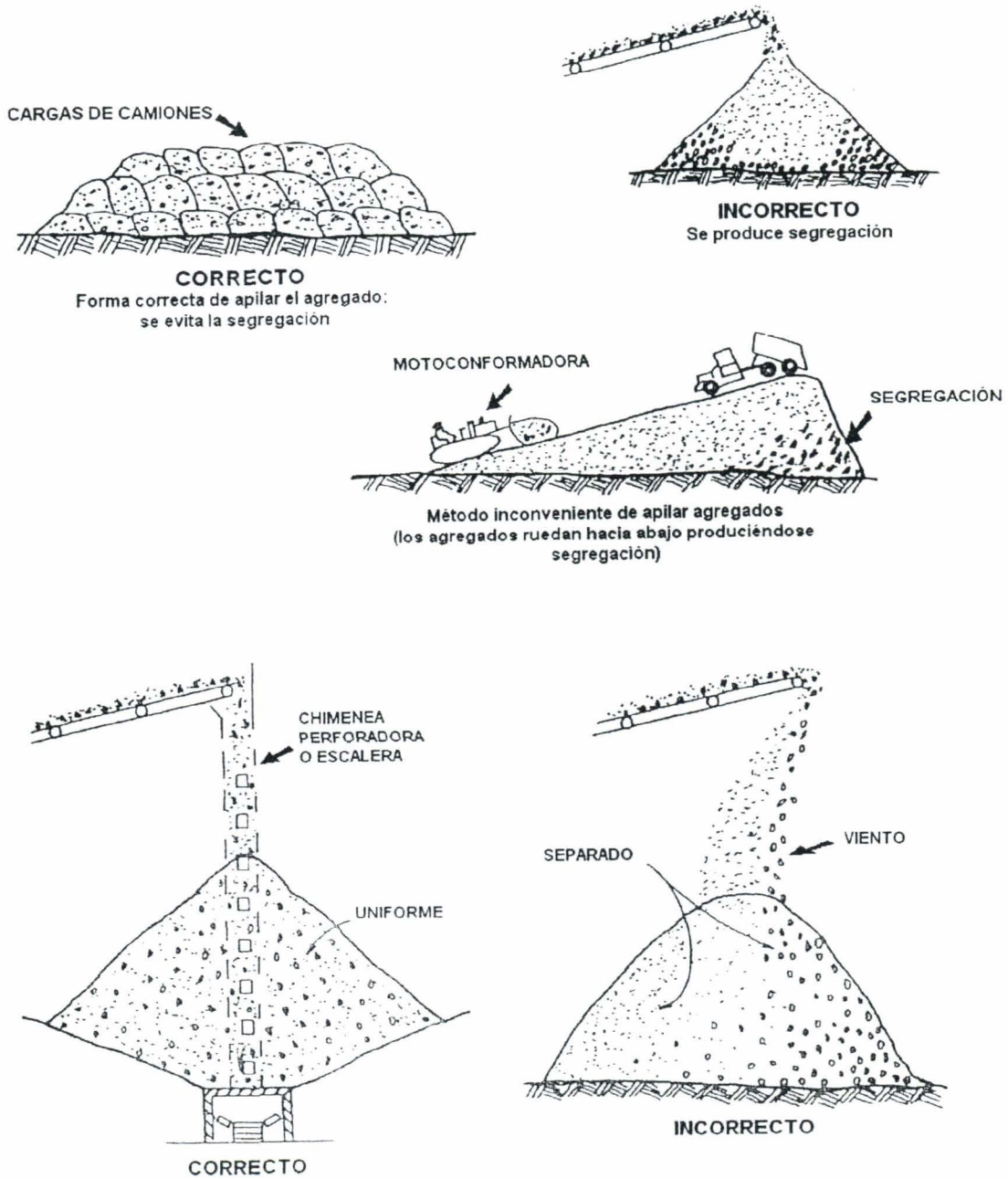


FIGURA 6.01

## *Capítulo 7*

---

# *Control de calidad, evaluación estadística y determinación del factor de pago*

## SECCIÓN 7.01 CONTROL DE CALIDAD

### A) Generalidades

*El control de calidad de las obras de ingeniería se ha convertido hoy en una compleja ciencia, con su propia metodología y criterios específicos.*

*En el campo de las carreteras, varias disciplinas de la Ingeniería Civil, como la Mecánica de Suelos y Laboratorio de Materiales, intervienen de manera relevante como herramientas de apoyo.*

*Los procesos que han de controlarse están regidos principalmente por estas disciplinas, que proporcionan los criterios para distinguir lo sustancial de lo accesorio, las pruebas de campo o de laboratorio en que se fundamentan los juicios del control, y los límites y tolerancias en que deben mantenerse las diferentes actividades o acciones del Contratista.*

*El ingeniero responsable debe entender con claridad que la construcción no puede clasificarse simplemente como buena o mala, rechazable o aceptable; habrá siempre toda una gradación posible a partir de las condiciones óptimas, y deberán considerarse posibilidades de variación dentro del propio diseño en relación con materiales y técnicas constructivas, así como tolerancias prácticamente en todas las actividades. Estas tolerancias deben ser claramente especificadas en los documentos de contratación.*

*Solo dentro de este marco flexible podrán definirse los requerimientos que conduzcan al logro de las metas deseadas.*

*¿Cómo determinar que se ha alcanzado lo que se desea? Esta interrogante exige un sistema de inspección, muestreo y ensayos que permitan valorar los procesos constructivos, así como las tendencias y variaciones de los trabajos.*

*Un sistema de control de calidad deberá tener cuatro requerimientos básicos:*

- 1) Debe estar fundado en aspiraciones realistas*
- 2) Debe estar fundado en ensayos de significación relevante, desde el punto de vista técnico, que son los que darán una indicación apropiada sobre el estado real del trabajo*
- 3) El sistema de inspección debe estar referido a aspectos fundamentales de la calidad y comportamiento de la obra*
- 4) La interpretación del programa de control debe ser clara y no controversial, por lo que es de gran ayuda un enfoque científico*

*Otro aspecto fundamental en la definición de un “programa de control” es el conjunto de especificaciones de construcción establecidas para cada obra en particular, ya que estas fijan, de uno u otro modo, muchas de las metas por lograr y los métodos para determinar si se ha alcanzado lo que se desea. Es decir, las especificaciones gobiernan, en gran medida, el fundamento último de un sistema de control de calidad.*

*Lamentablemente, no siempre existe una actitud acertada en cuanto al manejo de las especificaciones. Hay una marcada tendencia a idealizar las especificaciones en uso y colocarlas por encima de toda crítica.*

*Tampoco debe desconocerse lo fundamental que resulta disponer de un conjunto completo de especificaciones técnicas, las cuales proporcionan la única forma de manejar, de un modo claro y razonable, todos los aspectos legales de la construcción, la contratación y la relación con las empresas constructoras. Sin embargo, esto no debe llevarnos a la “santificación” de las especificaciones, por cuanto ello conduce a una rigidez mental y al estancamiento de las técnicas empleadas.*

*Debe tenerse presente que un conjunto de especificaciones no es más que el resultado del trabajo en equipo de un grupo de profesionales con conocimiento y experiencia. Aun cuando es lógico pensar que este grupo de profesionales realice un excelente trabajo, produciendo normas razonables y actualizadas, en la mente de cada uno de ellos estará siempre la idea de que su recomendación final ha de aplicarse a obras cuyas características y circunstancias se desconocen. Esta consideración los llevará a ser prudentes, por lo que, a menudo, la obediencia ciega a las normas técnicas preestablecidas conduce a trabajos conservadores y no óptimos desde el punto de vista económico.*

*La condición básica de un conjunto de especificaciones es contener tolerancias apropiadas, cuya fijación depende de un conocimiento amplio de los factores que contribuyen a las variaciones de los diferentes conceptos o características de calidad que se valoran.*

*Un aspecto de especial importancia en un programa de control de calidad lo constituye el conjunto de pruebas de laboratorio, que representa la base metodológica y técnica del programa.*

*Las pruebas de laboratorio con fines de control de calidad, deben satisfacer ciertas características esenciales:*

- *Estar dirigidas a la comprobación de características esenciales*
- *Ser sencillas y rigurosamente estandarizadas*
- *Ser rápidas de realizar*
- *Ser de fácil interpretación*
- *Requerir equipos económicos, fáciles de calibrar y de manejo simple*

*Solo así podrán obtenerse resultados confiables en los laboratorios de campo, sin interferir o producir atrasos en los programas de construcción.*

*Los criterios de control, inspección y aceptación están fijados por las especificaciones generales y las complementarias (o especiales) del proyecto. Es conveniente y lógico que el Contratista se responsabilice de la calidad de su trabajo, y que solo quede a cargo del contratante la verificación y aceptación del trabajo.*

*Finalmente, conviene enfatizar que el control de calidad debe funcionar con independencia respecto a la autoridad del Contratista y a la inspección. Solamente así se logrará la libertad de acción y la independencia de criterio requeridas para la crítica objetiva que necesariamente conlleva la actividad del control. Si el control de calidad está subordinado jerárquica y administrativamente a la autoridad del Contratista, es difícil y poco probable que el encargado de dirigir la empresa constructora pueda tener información objetiva sobre la actividad constructiva, sus defectos y la forma de como remediarlos. Si el control está ligado a la inspección del proyecto por una relación de dependencia directa, se dificultará reconocer cuáles defectos de construcción puedan ser atribuibles a deficiencias en el proyecto (o diseño).*

*Parece, entonces, inevitable un cierto enfrentamiento entre el personal del proyecto (inspección) y el de construcción, por cuanto ambos grupos tienen metas diferentes: mientras el grupo de inspección puede caer en el perfeccionismo, el de construcción, que busca expeditividad en la ejecución, puede caer en el apresuramiento, en perjuicio de la calidad. Naturalmente, estos diferentes puntos de vista son posiciones que resultan de una consecuencia lógica, inevitable y, probablemente, no desfavorable de las respectivas responsabilidades de los dos grupos de trabajo. En consecuencia, el control de calidad debe situarse en medio de estos equipos de trabajo, sin ligarse a ninguno, a fin de conservar una posición que le permita ejercer un juicio independiente para orientar los criterios de quienes han de dirigir toda la labor constructiva desde las más altas posiciones.*

## SECCIÓN 7.02 FUNDAMENTO DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS DEL CONTROL DE CALIDAD

### A) Generalidades

Antes de tratar los fundamentos de control estadístico de la calidad de la construcción, en el campo de las carreteras, conviene referirse a la importancia que tiene para el análisis estadístico contar con elementos descriptivos acerca de la forma o patrón de distribución de los datos, su posición o tendencia central y la dispersión o variabilidad alrededor de los valores centrales. La distribución de frecuencias y su representación gráfica ayudan significativamente a conocer estos aspectos. Sin embargo, es necesario, tanto para el análisis e interpretación del conjunto de datos como para realizar comparaciones entre varios conjuntos de valores, obtener medidas que resuman o condensan las características del conjunto, en cuanto a posición y variabilidad.

- 1) **Variable aleatoria:** se dice que una "variable es aleatoria" cuando los valores que puede tomar dependen del azar, es decir, no se pueden predecir con exactitud.
- 2) **Curva normal:** es uno de los primeros modelos utilizados, alrededor del cual se han desarrollado casi todas las teorías y la práctica estadística.

Expresión algebraica:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} : e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \text{ para } -\infty < x < +\infty$$

donde:

$x$  = variación en consideración

$\sigma$  = desviación estándar de la variable  $x$

$\mu$  = media aritmética de la variable  $x$

Conociendo los valores de los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$ , queda la curva normal definida. Por ejemplo, si  $\sigma = 2$  y  $\mu = 4$ , la expresión quedaría:

$$f(x) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} : e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4}{2}\right)^2}$$

- 3) **Curva normal estándar:** por procedimientos matemáticos conocidos, se puede calcular el área bajo una curva, entre dos valores de la variable, conociendo la expresión algebraica de la función.

Una "curva normal" queda definida si se conoce su media aritmética y su desviación estándar, pero los posibles valores para  $\mu$  y  $\sigma$  son prácticamente infinitos. Esto ocasiona que el número de curvas normales sea también infinito, lo cual haría prácticamente imposible el uso de esta curva como modelo de distribución.

- a) **Estandarización de una curva normal:** en la práctica, casi la totalidad de las curvas normales tiene  $\mu$  (media) diferente de cero y  $\sigma$  diferente de uno; es decir, son normales, pero no estándares.

Para estandarizar una curva normal, hay que transformarla de manera que su media ( $\mu$ ) sea cero y su desviación estándar ( $\sigma$ ) igual a uno.

Esto se logra de la siguiente forma:  $t = \frac{x - \mu}{\sigma}$

donde:

$$t = \text{nueva variable, para } \mu = 0 \text{ y } \sigma = 1$$

La estandarización es, por lo tanto, un proceso simple, pero de gran importancia, que permite resolver problemas para cualquier curva normal

trasladándolos, por medio de una sencilla transformación algebraica, a la normal estándar.

4) **Medida de posición:** el propósito de las medidas de posición es tratar de resumir, en un solo número, la posición o localización de la distribución. Debido a que cuando se representan gráficamente distribuciones de frecuencias se nota que es bastante corriente que adopten una forma similar a la de una campana, es decir, una acumulación de valores hacia la parte central y pocos valores en los extremos, se ha escogido como valores típicos o medidas de posición la media aritmética o promedio.

a) **Media aritmética (promedio):** la media aritmética de un conjunto de valores es el resultado que se obtiene de dividir la suma de esos valores entre el número de ellos.

En general, si la característica considerada es  $x$  y se tienen  $n$  valores:  $x_1, x_2, x_n$ , la media aritmética se define:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

5) **Medidas de variabilidad:** el concepto de variabilidad juega un papel clave dentro de la estadística. Si los hechos no se repitieran o se repitieran sin variación, la estadística casi no tendría razón de ser; pero, en la realidad, la mayoría de los fenómenos se repiten, y lo hacen mostrando variaciones en mayor o menor grado; de ahí la importancia que tiene la estadística.

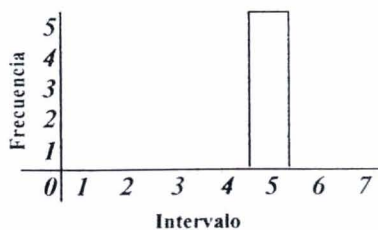
Al analizar un conjunto de datos, se tienen en mente dos objetivos:

- Tratar de descubrir las variaciones que puedan existir en él y resumirlas en un valor típico (promedio, por ejemplo), y
- Procurar establecer la medida en que los datos se concentran o se dispersan alrededor de ese valor típico, o sea, la importancia de las desviaciones de los elementos individuales respecto a ese valor representativo escogido para caracterizar el grupo.

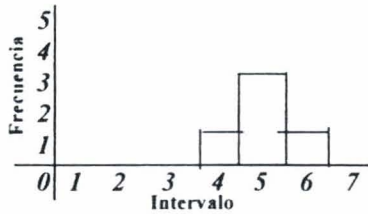
En realidad, es casi tan importante conocer el "promedio" como la "variabilidad" de los datos alrededor de él. La validez de un valor típico para resumir o representar al conjunto de datos para el cual se calculó, depende en gran medida de si los datos individuales se concentran o dispersan alrededor de él. Cuanto más concentrados están los datos alrededor del "promedio aritmético", por ejemplo, mucho más confianza se tendrá en este valor para caracterizar o representar al conjunto de datos.

La importancia del concepto de variabilidad se hace aun más evidente si se observa que, en la práctica, puede suceder que varios conjuntos de datos tengan la misma "media aritmética" y, sin embargo, su "dispersión" sea muy diferente, tal como puede apreciarse en los siguientes ejemplos:

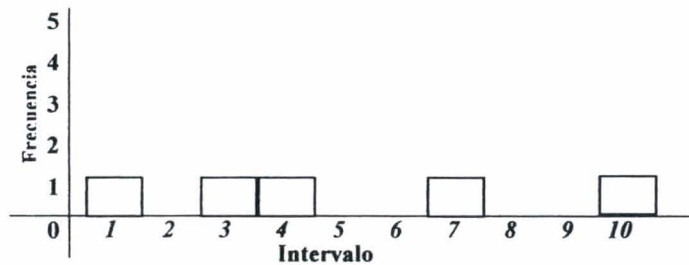
	Suma	Promedio
A. (5, 5, 5, 5, 5)	25	5



	Suma	Promedio
<b>B.</b> (4,5,5,5,6)	25	5



	Suma	Promedio
<b>C.</b> (1,3,4,7,10)	25	5



Todos los conjuntos tienen la misma “media aritmética” (5), pero su “dispersión” o “variabilidad” es muy diferente.

- En el grupo A, todos los valores son iguales a 5; no hay dispersión
- En el grupo B, existe cierto grado de “variabilidad”
- En el grupo C, la dispersión es aun mayor

En este último grupo, ni siquiera hay un valor igual al “promedio”, y esto da una idea de las conclusiones erróneas a que, eventualmente, podría llegarse si no se toma en cuenta la dispersión de los datos con respecto a esta medida. Es evidente, entonces, que solo el conocimiento del valor central  $\bar{x}$  es insuficiente para caracterizar un conjunto de datos.

- a) **Medición de la variabilidad:** justificada la importancia de la “variabilidad” dentro del tratamiento estadístico de la información cuantitativa, es necesario ahora hacer referencia a su medición.

Hay diferentes formas de medir la “dispersión o variabilidad” de un conjunto de datos, cada una con ventajas y limitaciones conceptuales y prácticas. Las más conocidas medidas de variabilidad son:

- **Recorrido o amplitud**

Una forma de ver la variabilidad es considerar los valores extremos del conjunto. Esto da origen al “recorrido o amplitud”, que se define como la diferencia entre el valor mayor y el valor menor del conjunto de datos:

- **Desviación estándar y variancia**

La desviación estándar indica cuánto se alejan, en promedio, los valores de la media aritmética del conjunto. Es la medida de dispersión más usada en estadística.

$$\text{Desviación estándar } (Sx) = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

donde:

$x$  = valor individual de cada evento

$n$  = número de datos

La “variancia” también es muy importante en la estadística:

$$\text{Variancia } (Sx^2) = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

El estudio de una población se realiza observando una muestra, y no todos sus elementos. Las medidas o valores calculados a partir de la muestra, se utilizan para representar o estimar los valores de la población. Para distinguir si el cálculo se ha efectuado para toda la población o para una muestra, se acostumbra indicar símbolos diferentes. Comúnmente, se utilizan letras griegas ( $\sigma, \sigma^2, \mu$ ) para indicar valores de la población: la letra **N** para el número total de elementos de la población; letras latinas minúsculas para los valores calculados a partir de datos de la muestra (estimadores), y la letra **n** para representar el tamaño de la muestra.

- **Coefficiente de variación**

Con frecuencia, en la investigación es necesario comparar dos o más conjuntos de datos en cuanto a su variabilidad.

El coeficiente de variación indica la importancia de la desviación estándar en relación con el "promedio aritmético", y se representa de la siguiente forma:

$$\text{Coeficiente de variación (C.V.)} = \frac{\text{desviación estándar}}{\text{promedio aritmético}} \times 100$$

## **SECCIÓN 7.03 MUESTREO PARA ESTABLECER UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD**

### **A) Generalidades**

El muestreo debe considerarse un requisito esencial en la elaboración de un programa de control de calidad razonable y debe considerar tres factores principales:

- a) Debe ser suficiente para cubrir los requerimientos del programa de control, pero no más allá de lo necesario. Ir más allá implica costos innecesarios.*
- b) El muestreo debe estar acorde con la homogeneidad de lo que se muestrea; los materiales que tengan tendencia natural a la dispersión deberán muestrearse más que los materiales más homogéneos.*
- c) El muestreo debe adaptarse a la importancia relativa dentro del conjunto de la obra y a la repercusión técnica y económica de su aceptación o rechazo.*

*En el control de calidad de los trabajos que se realizan en el campo de las carreteras, es usual la confrontación de resultados de una cierta actividad o de la calidad de un material, con los límites de especificación preestablecidos, utilizando unos cuantos valores probados.*

*Generalmente, cuando no se usan métodos de control estadístico se establece un requerimiento de carácter absolutista, y se exige que todos los valores satisfagan los límites especificados. Un requerimiento absoluto requiere de un gran número de valores de control.*

*El muestreo estadístico, en cambio, proporciona criterios razonables de aceptación con no más de cinco a ocho pruebas.*

*Un plan de muestreo estadístico debe tener un procedimiento objetivo para la selección de muestras, con base en el uso de tablas de números aleatorios.*

**B) Procedimientos para localización de puntos de muestreo, usando las tablas 7-01 y 7-02 de números alternos**

**Ejemplo 1: (Uso de la tabla 7-01)**

En un tramo comprendido entre dos estacionamientos, 12+250 y 14+300, se requiere determinar cinco estaciones para muestreo de compactación, las cuales se elegirán al azar.

Se usarán tres columnas de la tabla 7-01, puesto que se manejan cinco cifras, y cada columna de la tabla tiene solo dos.

Moviéndose hacia abajo (columna izquierda) hasta encontrar números comprendidos entre 12+250 y 14+300, se obtienen las siguientes estaciones de muestreo: 12+807, 12+550, 14+062, 14+300 y 13+116.

Cuando se requiera un muestreo más sistemático en donde se desee definir, también aleatoriamente, la ubicación transversal del lugar de muestreo respecto de la línea centro, se usará la tabla 7-02, de la siguiente forma:

**Ejemplo 2: (Uso de la tabla 7-02)**

En determinado proyecto con una longitud de 10 km (0+000 – 10+000), el cual se ha dividido en cinco lotes (secciones de 1 km cada uno), se requiere un mínimo de cinco muestras por lote, cuyos sitios de muestreo deben ser determinados aleatoriamente.

La determinación se efectuará para el primer lote (estación 0+000–1+000), y se entenderá que para el resto de lotes el ejercicio es repetitivo.

*Para este ejemplo, se requiere un manejo de cuatro cifras por cada lote.*

*La tabla 7-02 contiene 28 columnas. El procedimiento se inicia seleccionando una columna al azar.*

*Para seleccionar una columna al azar de la tabla, se colocan en una caja, bolsa, etc., tarjetas (o papeles doblados) numerados del 1 al 28. Se extrae luego una tarjeta (o papel doblado), cuyo número define la columna por utilizar.*

*Una vez seleccionado el número de columna, se deberán localizar en la subcolumna "A" todos los números menores o iguales al número de muestras requerido (en este caso, cinco). Considérese, por ejemplo, que la columna seleccionada es 20. En la subcolumna "B", se encontrará el "factor" por el cual debe multiplicarse la longitud del lote (en este caso, 1.000 m), para determinar la distancia desde el inicio del lote (0+000).*

*Para la localización en sentido transversal del eje del proyecto, será necesario multiplicar el ancho total de la sección por el coeficiente decimal de la subcolumna "C"; a este producto deberá restarse el semiancho de la sección. Si esta diferencia resulta positiva, el punto de muestreo deberá situarse a la derecha de la línea centro y, si resulta negativo, el punto se situará a la izquierda. Para este ejemplo, se utilizará un ancho de sección de 12 m.*

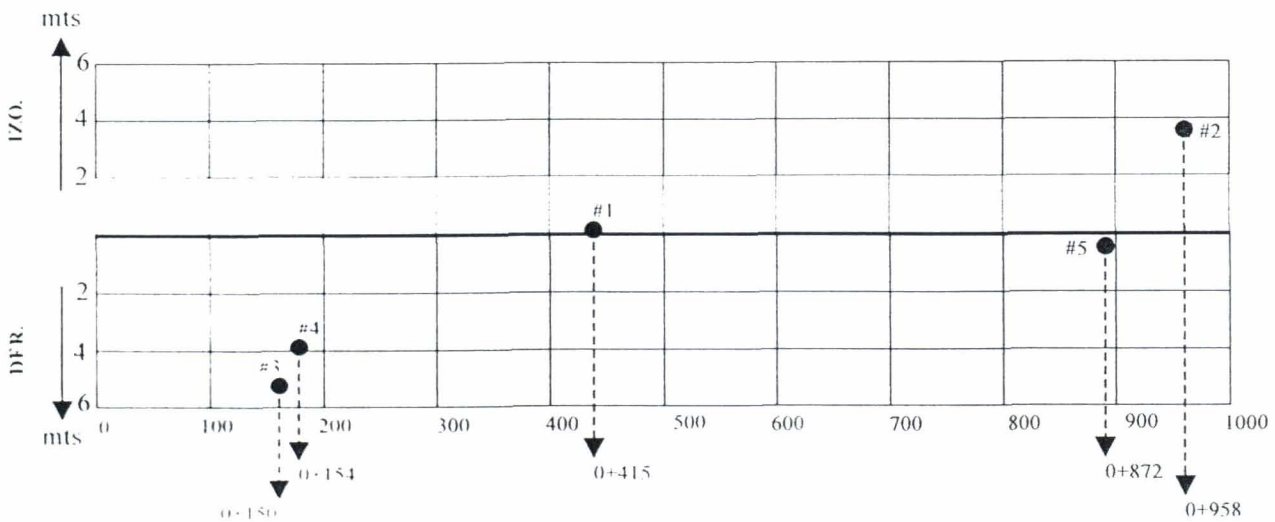
**Determinación de las estaciones de muestreo para el primer lote**

N° de muestra	Factor	Distancia desde el origen
01	0,415	$1.000 \times 0,415 = 0+415$
02	0,958	$1.000 \times 0,958 = 0+958$
03	0,150	$1.000 \times 0,150 = 0+150$
04	0,154	$1.000 \times 0,154 = 0+154$
05	0,892	$1.000 \times 0,872 = 0+872$

**Localización del punto de muestreo en sentido transversal a la línea centro del proyecto**

N° muestra	Factor (coeficiente)	Producto	Distancia de L.C.
01	0,457	$12 \times 0,457 = 5,484$	0,5 m LI
02	0,177	$12 \times 0,177 = 2,124$	3,9 m LI
03	0,937	$12 \times 0,937 = 11,244$	5,2 m LD
04	0,867	$12 \times 0,867 = 10,404$	4,4 m LD
05	0,490	$12 \times 0,490 = 5,88$	0,1 m LI

**Localización de los puntos de muestreo**



*El procedimiento utilizado en los ejemplos anteriores, puede aplicarse en muestreo para valorar otras características o propiedades de los materiales o procedimientos constructivos.*

Tabla 7-01

## Tabla de números aleatorios

10	09	73	25	33	76	52	01	35	86	34	67	35	48	76	80	95	80	91	17	39	29	27	43	45
37	54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02	00	82	29	16	65
08	42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64	35	08	03	36	06
99	01	90	25	29	09	37	67	07	15	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97	04	43	62	76	59
12	80	73	99	70	80	15	73	61	47	04	03	23	66	53	98	95	11	68	77	12	17	17	68	33
06	06	57	47	17	34	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	95	11	19	92	91	71
21	06	01	08	05	45	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39	23	40	30	97	32
85	26	97	76	02	02	05	16	56	92	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47	18	62	38	85	79
63	57	33	21	35	05	32	54	70	48	90	55	35	75	48	28	46	82	87	05	83	49	12	56	24
73	79	64	57	53	03	52	96	47	78	35	80	83	42	82	60	93	52	03	44	35	27	38	84	35
98	52	01	77	67	14	90	56	86	07	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33	50	50	07	33	98
11	80	50	54	31	39	80	82	77	32	50	72	56	82	48	29	40	52	42	01	52	77	56	76	51
83	45	29	96	34	06	28	89	80	83	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10	68	71	17	78	17
88	66	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93	29	60	91	10	62
99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68	23	47	83	41	13
65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86	40	21	81	65	44
80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	74	21	11	57	82	53	14	38	55	37	63
74	35	09	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37	96	28	60	26	55
69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90	94	40	05	64	18
09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22	54	38	21	45	98
91	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23	37	08	92	00	48
80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40	42	05	08	23	41
44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81	22	22	20	64	13
12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39	28	70	72	58	15
63	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82	07	20	73	17	90
61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93	42	58	26	05	27
15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18	33	21	15	94	66
94	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92	92	92	74	59	73
42	48	11	62	13	97	34	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59	25	70	14	66	70
23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63	05	52	28	25	62
04	49	35	24	94	75	24	63	38	24	45	86	25	10	25	61	96	27	93	35	65	33	71	24	72
00	54	99	76	54	64	05	18	81	59	96	11	96	38	96	54	69	28	23	91	23	28	72	95	29
35	96	31	53	07	26	89	80	93	54	33	35	13	54	62	77	97	45	00	24	90	10	33	93	33
59	80	80	83	91	45	42	72	68	42	83	60	94	97	00	13	02	12	48	92	78	56	52	01	06
46	05	88	52	36	01	39	00	22	86	77	28	14	40	77	93	91	08	36	47	70	61	74	29	41
32	17	90	05	97	87	37	92	52	41	05	56	70	70	07	86	74	31	71	57	85	39	41	18	38
69	23	46	14	06	20	11	74	52	04	15	95	66	00	00	18	74	39	24	23	97	11	89	63	38
19	56	54	14	30	01	75	87	53	79	40	41	92	15	85	66	67	43	68	06	84	96	28	52	07
45	15	51	49	38	19	47	60	72	46	43	66	79	45	43	59	04	79	00	33	20	82	66	95	41
94	86	43	19	94	36	16	81	08	51	34	88	88	15	53	01	54	03	54	56	05	01	45	11	76
98	08	62	48	26	45	24	02	84	04	44	99	90	88	96	39	09	47	34	07	35	44	13	18	80
33	18	51	62	32	41	34	15	09	49	89	43	54	85	81	88	69	54	19	94	37	54	87	30	43
80	95	10	04	06	96	38	27	07	74	20	15	12	33	87	25	01	62	52	98	94	62	46	11	71
79	75	24	91	40	71	96	12	82	96	69	86	10	25	91	74	85	22	05	39	00	38	75	95	79
18	63	33	25	37	98	14	50	65	71	31	01	02	46	74	05	45	56	14	27	77	93	89	19	36
74	02	94	39	02	77	55	73	22	70	97	79	01	71	19	52	52	75	80	21	80	81	45	17	48
54	17	84	56	11	80	99	33	71	43	05	33	51	29	69	56	12	71	92	55	36	04	09	03	24
11	66	44	98	83	52	07	98	48	27	59	38	17	15	39	09	97	33	34	40	88	46	12	33	56
48	32	47	79	28	31	24	96	47	10	02	29	53	68	70	32	30	75	75	46	15	02	00	99	94
69	07	49	41	38	87	63	79	19	76	35	58	40	44	01	10	51	82	16	15	01	84	87	69	38

Tabla 7-02

Tabla de números aleatorios para localización longitudinal y transversal de puntos de muestreo

Col. No. 1			Col. No. 2			Col. No. 3			Col. No. 4			Col. No. 5			Col. No. 6			Col. No. 7		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.033	.576	05	.048	.879	21	.013	.220	18	.089	.716	17	.024	.863	30	.030	.901	12	.029	.386
21	.101	.300	17	.074	.156	30	.036	.953	10	.102	.390	24	.060	.032	21	.096	.198	18	.112	.284
23	.129	.916	18	.102	.191	10	.052	.746	14	.111	.925	26	.074	.639	10	.100	.161	20	.114	.843
30	.163	.434	06	.105	.257	25	.061	.954	29	.127	.840	07	.167	.512	29	.133	.388	03	.121	.656
24	.177	.397	28	.179	.447	29	.062	.507	24	.132	.271	28	.194	.776	24	.138	.062	13	.178	.640
11	.202	.271	26	.187	.844	13	.037	.987	19	.285	.899	03	.219	.166	20	.168	.564	22	.209	.421
16	.204	.012	04	.183	.482	24	.105	.849	01	.326	.037	29	.264	.284	22	.232	.953	16	.221	.311
08	.208	.418	02	.208	.577	07	.139	.159	30	.334	.938	11	.282	.262	14	.259	.217	29	.235	.356
19	.211	.798	03	.214	.402	01	.175	.641	22	.405	.295	14	.379	.994	01	.275	.195	28	.264	.941
29	.233	.070	07	.245	.080	33	.196	.873	05	.421	.282	13	.394	.405	06	.277	.475	11	.287	.199
07	.260	.073	15	.248	.831	26	.240	.981	13	.451	.212	06	.410	.157	02	.296	.497	02	.336	.992
17	.262	.308	29	.261	.087	14	.255	.374	02	.461	.023	15	.438	.700	26	.311	.144	15	.393	.488
25	.271	.180	30	.302	.883	06	.310	.043	06	.487	.539	22	.453	.635	05	.351	.141	19	.437	.655
06	.302	.672	21	.318	.088	11	.316	.653	08	.497	.396	21	.472	.824	17	.370	.811	24	.466	.773
01	.409	.406	11	.376	.936	13	.324	.585	25	.503	.893	05	.488	.118	09	.388	.484	14	.531	.014
13	.507	.693	14	.430	.814	12	.351	.275	15	.594	.603	01	.525	.222	04	.410	.073	09	.562	.678
02	.575	.654	27	.438	.676	20	.371	.535	27	.620	.894	12	.561	.980	25	.471	.530	06	.601	.675
13	.591	.318	03	.467	.205	08	.409	.495	21	.629	.841	08	.652	.508	13	.486	.779	10	.612	.859
20	.610	.321	09	.474	.138	16	.445	.740	17	.691	.580	18	.668	.271	15	.515	.867	26	.673	.112
12	.631	.597	10	.492	.474	03	.494	.929	09	.708	.689	30	.736	.634	23	.567	.798	23	.738	.770
27	.651	.281	13	.499	.892	27	.543	.387	07	.709	.012	02	.763	.253	11	.618	.502	21	.753	.614
04	.661	.953	19	.511	.520	17	.625	.171	11	.714	.049	23	.804	.140	28	.636	.148	30	.758	.851
22	.692	.089	23	.591	.770	02	.699	.073	23	.720	.695	25	.828	.425	27	.850	.741	27	.765	.563
05	.779	.346	20	.604	.730	19	.702	.934	03	.748	.413	10	.843	.627	16	.711	.508	07	.780	.534
09	.787	.173	24	.654	.330	22	.816	.802	20	.781	.603	16	.858	.849	19	.778	.812	04	.818	.187
10	.818	.837	12	.728	.523	04	.838	.166	26	.830	.384	04	.903	.327	07	.804	.675	17	.837	.353
14	.895	.631	16	.753	.344	15	.904	.116	04	.843	.002	09	.912	.382	08	.806	.952	05	.854	.818
26	.912	.376	01	.806	.134	28	.969	.742	12	.884	.582	27	.935	.162	18	.841	.414	01	.867	.133
28	.920	.163	22	.878	.884	09	.974	.046	29	.926	.700	20	.970	.582	12	.918	.114	08	.915	.538
03	.945	.140	25	.939	.162	05	.977	.494	16	.951	.601	19	.975	.327	03	.992	.399	25	.975	.584
09	.042	.071	14	.061	.935	26	.038	.023	27	.074	.779	16	.073	.987	03	.033	.091	26	.035	.175
17	.141	.411	02	.065	.097	30	.068	.371	06	.084	.396	23	.078	.056	07	.047	.391	17	.089	.363
02	.143	.221	03	.094	.228	27	.073	.876	24	.098	.524	17	.096	.076	28	.084	.113	10	.149	.681
05	.162	.899	16	.122	.945	09	.095	.568	10	.133	.919	04	.153	.163	12	.066	.360	28	.238	.075
03	.285	.016	18	.158	.430	05	.180	.741	15	.187	.079	10	.254	.834	26	.076	.552	13	.244	.787
28	.291	.034	25	.193	.469	12	.200	.851	17	.227	.767	06	.234	.623	30	.087	.101	24	.262	.366
08	.369	.557	24	.224	.572	13	.259	.327	20	.236	.571	12	.305	.616	02	.127	.187	08	.264	.651
01	.436	.386	10	.225	.223	21	.264	.691	01	.245	.988	25	.319	.901	06	.144	.069	18	.285	.311
20	.450	.289	09	.253	.838	17	.283	.645	04	.317	.291	01	.320	.212	25	.202	.674	02	.340	.131
18	.455	.789	20	.290	.120	23	.363	.063	29	.350	.911	08	.416	.372	01	.247	.025	29	.353	.478
23	.438	.715	01	.297	.242	20	.364	.366	26	.380	.104	13	.432	.556	23	.253	.323	06	.359	.270
14	.496	.276	11	.337	.760	16	.395	.363	28	.425	.864	02	.489	.827	24	.320	.651	20	.387	.248
15	.503	.342	19	.389	.064	02	.423	.540	22	.487	.526	29	.503	.787	10	.328	.365	14	.392	.694
04	.515	.693	13	.411	.474	08	.432	.736	05	.552	.511	15	.518	.717	27	.338	.412	03	.408	.077
16	.532	.112	20	.447	.893	10	.476	.468	14	.564	.357	28	.524	.998	13	.356	.991	27	.440	.280
22	.557	.357	22	.478	.321	03	.508	.774	11	.572	.306	03	.542	.352	16	.401	.792	22	.461	.830
11	.559	.620	29	.481	.993	01	.601	.417	21	.594	.197	19	.585	.462	17	.423	.117	16	.527	.003
12	.650	.216	27	.562	.403	22	.687	.917	09	.607	.524	05	.695	.111	21	.481	.838	30	.531	.486
21	.672	.320	04	.566	.179	29	.697	.862	19	.650	.572	07	.733	.838	08	.560	.401	25	.678	.360
13	.709	.273	08	.603	.753	11	.701	.605	18	.664	.101	11	.744	.948	19	.564	.190	21	.725	.014
07	.745	.687	15	.632	.927	07	.728	.498	25	.674	.428	18	.793	.748	05	.571	.054	05	.797	.595
30	.780	.285	06	.707	.107	14	.745	.679	02	.697	.674	27	.802	.967	18	.587	.584	15	.801	.927
19	.845	.097	28	.737	.161	24	.819	.444	03	.767	.928	21	.826	.487	15	.604	.145	12	.836	.294
26	.846	.366	17	.846	.130	15	.840	.823	16	.809	.529	24	.835	.832	11	.641	.298	04	.854	.982
29	.861	.307	07	.874	.491	25	.863	.568	30	.838	.294	26	.855	.142	22	.672	.156	11	.884	.928
25	.906	.874	05	.890	.828	06	.878	.215	13	.845	.470	14	.861	.462	20	.674	.887	19	.386	.832
24	.919	.809	23	.931	.659	18	.930	.601	08	.895	.524	20	.374	.625	14	.752	.881	07	.929	.932
10	.919	.809	26	.960	.365	04	.954	.827	07	.867	.718	30	.929	.056	09	.774	.560	09	.932	.206
06	.961	.504	21	.978	.194	28	.963	.004	12	.881	.722	09	.935	.582	29	.921	.752	01	.970	.692
27	.969	.811	12	.982	.183	19	.983	.020	23	.937	.872	22	.947	.797	04	.959	.099	23	.973	.082

Col. No. 15			Col. No. 16			Col. No. 17			Col. No. 18			Col. No. 19			Col. No. 20			Col. No. 21		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	.023	.979	19	.062	.588	13	.045	.004	25	.027	.290	12	.052	.075	20	.030	.881	01	.010	.946
11	.118	.465	25	.080	.218	18	.086	.878	06	.057	.571	30	.075	.493	12	.034	.291	10	.014	.939
07	.134	.172	09	.131	.295	26	.126	.990	26	.059	.026	28	.120	.341	22	.043	.823	07	.032	.146
01	.139	.230	18	.136	.381	12	.128	.661	07	.105	.176	27	.145	.689	28	.143	.073	06	.093	.180
16	.145	.122	05	.147	.864	30	.146	.337	18	.107	.358	02	.209	.957	03	.150	.937	15	.151	.012
20	.165	.520	12	.158	.365	05	.169	.470	22	.128	.827	26	.272	.818	04	.154	.867	16	.185	.455
06	.185	.481	28	.214	.184	21	.244	.433	23	.156	.440	22	.299	.317	19	.158	.359	07	.227	.277
09	.211	.316	14	.215	.757	23	.270	.849	15	.171	.157	18	.306	.475	29	.304	.615	02	.304	.400
14	.248	.348	13	.202	.846	25	.274	.407	08	.220	.097	20	.311	.653	06	.369	.633	30	.316	.074
25	.249	.890	15	.227	.809	10	.290	.925	20	.252	.066	15	.348	.156	18	.390	.536	18	.328	.799
13	.252	.577	11	.280	.890	01	.323	.490	04	.268	.576	16	.381	.710	17	.403	.392	20	.352	.288
30	.273	.088	01	.331	.925	24	.352	.291	14	.275	.302	01	.411	.607	23	.404	.182	26	.371	.216
18	.277	.689	10	.397	.992	15	.361	.155	11	.297	.589	13	.417	.715	01	.415	.457	19	.448	.754
22	.372	.958	30	.417	.787	29	.374	.882	01	.358	.305	21	.472	.484	07	.437	.696	13	.487	.598
10	.461	.075	08	.439	.921	08	.432	.139	09	.412	.089	04	.478	.885	24	.446	.546	12	.546	.640
28	.519	.536	20	.472	.484	04	.467	.266	16	.429	.834	25	.479	.080	26	.435	.768	24	.550	.038
17	.520	.090	24	.498	.712	22	.508	.880	10	.491	.200	11	.566	.104	15	.511	.313	03	.604	.780
03	.523	.519	04	.516	.396	27	.632	.191	28	.542	.306	10	.576	.659	10	.517	.290	22	.621	.930
26	.573	.502	03	.548	.688	16	.661	.836	12	.563	.091	29	.665	.397	30	.556	.853	21	.629	.154
19	.634	.206	23	.597	.508	19	.675	.629	02	.593	.321	19	.739	.298	25	.561	.837	11	.634	.908
24	.635	.810	21	.681	.114	14	.680	.890	30	.692	.198	14	.749	.759	09	.574	.599	05	.696	.459
21	.679	.841	02	.739	.298	28	.714	.508	19	.705	.445	08	.756	.919	13	.613	.762	23	.710	.078
27	.712	.366	29	.792	.038	06	.719	.441	24	.709	.717	07	.793	.183	11	.698	.783	29	.726	.585
05	.780	.497	22	.829	.324	09	.735	.040	13	.820	.739	23	.834	.647	14	.715	.179	17	.749	.916
23	.861	.106	17	.834	.647	17	.741	.906	05	.848	.866	06	.837	.978	16	.770	.128	04	.802	.186
12	.865	.377	16	.909	.608	11	.747	.205	27	.867	.633	03	.849	.964	08	.815	.385	14	.835	.319
29	.882	.635	06	.914	.420	20	.850	.047	03	.883	.333	24	.851	.109	05	.872	.490	08	.870	.546
08	.902	.020	27	.958	.856	02	.859	.356	17	.900	.443	05	.859	.935	21	.885	.999	28	.871	.539
04	.951	.482	26	.981	.976	07	.870	.612	21	.914	.483	17	.863	.220	00	.958	.177	25	.971	.369
02	.977	.172	07	.983	.624	08	.916	.463	29	.950	.750	09	.863	.147	27	.961	.980	27	.984	.252
Col. No. 22	Col. No. 23	Col. No. 24	Col. No. 25	Col. No. 26	Col. No. 27	Col. No. 28														
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12	.051	.032	26	.051	.187	08	.015	.521	02	.039	.006	16	.026	.102	21	.050	.952	29	.042	.039
11	.068	.980	03	.053	.256	16	.068	.994	16	.061	.599	01	.033	.886	17	.085	.403	07	.105	.293
17	.089	.309	29	.100	.159	11	.118	.400	26	.068	.054	04	.088	.686	10	.141	.624	25	.115	.420
01	.091	.371	13	.102	.465	21	.124	.565	11	.073	.812	22	.090	.602	05	.154	.157	09	.126	.612
10	.100	.709	24	.110	.316	18	.153	.158	07	.123	.649	13	.114	.614	06	.164	.841	10	.205	.144
30	.121	.744	18	.114	.300	17	.190	.159	05	.126	.658	20	.136	.576	07	.197	.013	03	.210	.054
02	.166	.056	11	.123	.208	26	.192	.676	14	.161	.189	05	.138	.228	16	.215	.363	23	.234	.533
23	.179	.529	09	.138	.182	01	.237	.030	18	.166	.040	10	.216	.565	08	.222	.520	13	.266	.799
21	.187	.051	06	.194	.115	12	.283	.077	00	.243	.171	02	.233	.610	13	.269	.477	20	.305	.603
22	.205	.543	22	.234	.480	03	.236	.318	06	.255	.117	07	.278	.357	02	.288	.012	05	.372	.223
28	.230	.688	20	.274	.107	10	.317	.734	15	.261	.928	30	.405	.273	25	.333	.633	26	.385	.111
19	.243	.001	21	.301	.292	05	.397	.844	10	.301	.311	06	.421	.807	28	.348	.710	30	.422	.315
27	.267	.990	08	.346	.085	25	.441	.336	24	.363	.025	12	.426	.583	20	.362	.961	17	.453	.783
15	.283	.440	27	.382	.979	27	.469	.786	22	.378	.792	08	.471	.708	14	.511	.989	02	.460	.916
16	.352	.089	07	.387	.865	24	.473	.237	27	.379	.959	18	.473	.738	26	.540	.903	27	.461	.841
03	.377	.648	28	.411	.776	20	.475	.761	19	.420	.557	19	.510	.207	27	.587	.643	14	.483	.095
06	.397	.769	16	.444	.999	06	.557	.001	21	.467	.943	03	.512	.329	12	.603	.745	12	.507	.375
09	.409	.428	04	.515	.993	07	.610	.298	17	.494	.225	15	.640	.329	29	.619	.895	28	.509	.748
14	.465	.406	17	.518	.827	09	.617	.041	09	.620	.081	09	.665	.354	23	.623	.333	21	.583	.804
13	.499	.651	05	.539	.620	13	.641	.648	30	.623	.106	14	.680	.884	22	.624	.076	22	.587	.993
04	.539	.972	02	.623	.271	22	.664	.291	03	.625	.777	26	.703	.622	18	.670	.204	16	.689	.339
18	.560	.747	30	.637	.374	19	.717	.232	08	.651	.790	29	.739	.394	11	.711	.253	06	.727	.298
26	.575	.892	14	.714	.364	02	.776	.504	12	.715	.599	25	.759	.386	01	.790	.392	04	.731	.814
29	.756	.712	15	.730	.107	62	.775	.504	23	.782	.093	24	.803	.602	04	.813	.611	08	.807	.983
20	.760	.920	19	.771	.552	29	.777	.548	20	.810	.371	27	.842	.491	19	.843	.732	15	.833	.757
05	.847	.925	23	.780	.662	14	.823	.223	01	.841	.726	21	.870	.435	03	.844	.511	19	.896	.464
25	.872	.891	10	.924	.888	23	.848	.264	29	.862	.009	28	.906	.367	30	.858	.299	18	.916	.384
24	.874	.135	12	.929	.204	30	.892	.817	25	.891	.873	23	.948	.367	09	.929	.199	01	.948	.610
08	.911	.215	01	.937	.714	28	.943	.190	04	.917	.264	11	.956	.142	24	.931	.263	11	.976	.799
07	.946	.065	25	.974	.398	15	.975	.962	13	.958	.990	17	.993	.989	15	.939	.947	24	.978	.633

## SECCIÓN 7.04 MÉTODO DE ANÁLISIS DE NIVEL DE CALIDAD- DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PAGO

### A) Generalidades

*Este método se fundamenta en un análisis estadístico de los resultados o mediciones que se obtienen de la evaluación de las características de los materiales y/o procesos constructivos realizados durante la ejecución de la obra (ver anexo 7.04 "Metodología de evaluación estadística para el control de calidad" incluido en las Especificaciones Generales CR-2002).*

*Para utilizar el método, se requiere disponer del "promedio" ( $\bar{x}$ ) del conjunto de datos (valores) de las evaluaciones realizadas para una cierta característica o proceso constructivo y la "desviación estándar". También es necesario para emplear el método, un mínimo de cinco datos (o evaluaciones).*

*El método hace distinción de dos categorías, según sea la importancia de cada característica que se valora, y se define un factor de pago (ver artículo 106.05 del CR-2002). Es decir, se determina un factor de pago en función de la calidad.*

*Usualmente, las especificaciones establecen límites superiores, inferiores o ambos, para medir, mediante comparación con estas, el grado de aceptabilidad o calidad del trabajo ejecutado.*

*Para ilustrar la aplicación del método, se ofrece un ejemplo para cada una de estas condiciones.*

#### **Primer caso (solo límite inferior especificado)**

*Ejemplos de esta condición son:*

- *Resistencia del hormigón hidráulico*

- Resistencia de una base estabilizada
- Compactación, etc.

Se tomará como ejemplo el hormigón hidráulico, clase A ( $210 \text{ Kg}\cdot\text{cm}^2$ ).

Resistencia a la compresión simple obtenida de especímenes estándares de hormigón representativos de una cierta estructura.

Muestra N°	Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	247
2	249
3	197
4	208
5	231
6	211

### 1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 223,8 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$S_x = \frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)} = 21,7 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

### 2) Cálculo índice de calidad

- Ind. C. Sup. (Cs) =  $\frac{LSE - \bar{x}}{S_x}$  = (No hay límite superior especificado)
- Ind. C. Inf. (Ci) =  $\frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = \frac{223,8 - 210}{21,7} = 0,64$

**Nota:** LIE= 210 (No hay tolerancia)

3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 del anexo 7.01), para  $n=6$

- $P_s$  (% fuera del límite superior) = no hay
- $P_i$  (% fuera del límite inferior) = 27%

4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

Nivel de calidad ( $P_s + P_i$ ) = 27%

5) Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección), para  $n=6$

F.P. (categoría I) = 0,96

### Segundo caso (solo límite superior especificado)

Esta condición no se presenta en los parámetros evaluados estadísticamente, para determinar el factor de pago. Sin embargo, el procedimiento por seguir es similar al del primer caso.

Asúmase que, por alguna razón especial, se requiere evaluar estadísticamente el contenido de agua en una mezcla asfáltica, cuyo máximo permisible se limita a 1%.

Considérese, para el cálculo del factor de pago, el siguiente conjunto de datos, correspondiente a un lote.

Muestra #	Localización de la muestra	Contenido de agua (%)	Especificación (%)
1	0+130	0,13	1 máximo
2	3+162	1,20	
3	4+005	0,07	
4	6+080	0,92	
5	6+670	1,45	
6	6+770	1,01	

1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 0.80$$

$$S_x = \frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)} = 0.57$$

2) Cálculo del índice de calidad

$$\text{Ind. C. Sup (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 0.35$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 0$$

3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para  $n=6$

- $P_s$  (% fuera del límite superior) = 37%
- $P_i$  (% fuera del límite inferior) = 0

4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 37\%$$

5) Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección), para  $n=6$

$$F.P. (\text{asumir categoría I}) = 0.90$$

**Tercer caso (existen ambos límites, superior e inferior)**

Ejemplos de esta condición son, en general, la mayoría de los parámetros (o características) de las mezclas asfálticas:

- a) Contenido de asfalto
- b) Flujos en especímenes estándares
- c) Vacíos de aire en la mezcla compactada
- d) Razón polvo/asfalto
- e) Graduación

Considérese, para desarrollo del ejemplo, el siguiente conjunto de datos, correspondiente a un lote.

- Contenido de asfalto del diseño: 6,5%
- Graduación B (diseño):

<b>Mallas</b>	¾	3/8	#4	#8	#50	#200
<b>Porcentaje</b>	100	80	60	42	15	5
<b>Tolerancias</b>	(± 5)	(± 5)	(± 4)	(± 4)	(± 4)	(± 2)

Muestra Nº	Contenido de asfalto. % (6.0-7.0)	Flujo en cm 100 (20-40)	Vacíos (diseño) (3-5)	Estabilidad kg (min. 700)	Graduación					
					3/4	3/8	#4	#8	#50	#200
					(95/100)	(75/85)	(56/64)	(38/46)	(11/19)	(3/7)
1	6.1	18	4.7	1473	100	77	55	42	16	4
2	6.8	31	5.4	1302	100	82	61	45	13	6
3	7.0	38	4.9	1636	100	78	59	38	13	6
4	6.2	37	3.1	1246	100	83	60	39	18	5
5	7.1	42	3.0	1315	100	82	63	41	14	7
6	6.5	29	3.	1152	100	76	57	43	12	6

## a) Contenido de asfalto

1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = 6,6$$

$$S_x = \frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)} = 0,42$$

2) Cálculo del índice de calidad

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 0,95$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1,4$$

3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para  $n=6$ 

$$\text{Ps (\% fuera del límite superior)} = 18\%$$

$$\text{Pi (\% fuera del límite inferior)} = 7\%$$

4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

$$\text{Nivel de calidad (Ps + Pi)} = 25\%$$

5) Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para  $n=6$ 

$$F.P. (\text{categoría I}) = 0,97$$

b) Flujo

- 1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = 32,5$$

$$Sx = 8,5$$

- 2) Cálculo del índice de calidad

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{Sx} = 0,88$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{Sx} = 1,47$$

- 3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para  $n=6$

$$Ps (\% \text{ fuera del límite superior}) = 20\%$$

$$Pi (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 5\%$$

- 4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

$$\text{Nivel de calidad } (Ps + Pi) = 25\%$$

- 5) Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para  $n=6$

$$F.P. (\text{categoría II}) = 1,0$$

c) Vacíos en la mezcla compactada

1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = 4.1$$

$$S_x = 1.05$$

2) Cálculo del índice de calidad

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 0.86$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1.06$$

3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para  $n=6$

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 20\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 15\%$$

4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 35\%$$

5) Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para  $n=6$

$$F.P. (\text{categoría II}) = 0.96$$

d) Estabilidad (solo tiene límite inferior 700 Kg)

1) Determinación del promedio y desviación estándar

$$\bar{x} = 1354$$

$$S_x = 173.4$$

2) Cálculo del índice de calidad

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = (\text{no hay})$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 3,8$$

3) Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = (\text{no hay})$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 0\%$$

4) Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 0\%$$

5) Determinación del factor de pago (7-04 anexa a esta sección) para n=6

$$F.P. (\text{categoría II}) = 1,0$$

e) *Graduación:*

- *Malla 3/4"* Todas las muestras cumplen, por lo tanto, el factor de pago = 1.0.
- *Malla 3/8"*

1) *Determinación del promedio y desviación estándar*

$$\bar{x} = 79.7$$

$$S_x = 3.0$$

2) *Cálculo del índice de calidad*

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 1.77$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1.57$$

3) *Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6*

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 1.0\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 4.0\%$$

4) *Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)*

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 5.0\%$$

5) *Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para n=6*

$$F.P. (\text{categoría II}) = 1.0$$

▪ **Malla #4 (4,75 mm)**

1) *Determinación del promedio y desviación estándar*

$$\bar{x} = 59,1$$

$$S_x = 2,86$$

2) *Cálculo del índice de calidad*

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 1,71$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1,08$$

3) *Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6*

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 2\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 14\%$$

4) *Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)*

$$\text{Nivel de Calidad } (P_s + P_i) = 16\%$$

5) *Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para n=6*

$$F.P. (\text{categoría I}) = 1,0$$

▪ **Malla #8 (2,36 mm)**

1) *Determinación del promedio y desviación estándar*

$$\bar{x} = 41,3$$

$$S_x = 2,58$$

2) *Cálculo del índice de calidad*

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 1,82$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1,28$$

3) *Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6*

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 1\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 9\%$$

4) *Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)*

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 10\%$$

5) *Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para n=6*

$$F.P. (\text{categoría II}) = 1,0$$

▪ **Malla #50 (300  $\mu\text{m}$ )**

1) *Determinación del promedio y desviación estándar*

$$\bar{x} = 14.3$$

$$S_x = 2.25$$

2) *Cálculo del índice de calidad*

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 2.09$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 1.47$$

3) *Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6*

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 0\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 5\%$$

4) *Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)*

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 5\%$$

5) *Determinación del factor de pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para n=6*

$$F.P. (\text{categoría II}) = 1.0$$

▪ **Malla #200 (75  $\mu\text{m}$ )**

1) *Determinación del promedio y desviación estándar*

$$\bar{x} = 5,7$$

$$S_x = 1,03$$

2) *Cálculo del índice de calidad*

$$\text{Ind. C. Sup. (Cs)} = \frac{LSE - \bar{x}}{S_x} = 1,26$$

$$\text{Ind. C. Inf. (Ci)} = \frac{\bar{x} - LIE}{S_x} = 2,62$$

3) *Determinación del % fuera de especificación (tabla 7-03 anexa a esta sección), para n=6*

$$P_s (\% \text{ fuera del límite superior}) = 10\%$$

$$P_i (\% \text{ fuera del límite inferior}) = 0\%$$

4) *Determinación del nivel de calidad (% total fuera de especificación)*

$$\text{Nivel de calidad } (P_s + P_i) = 10\%$$

5) *Determinación del Factor de Pago (tabla 7-04 anexa a esta sección) para n=6*

$$F.P. (\text{categoría I}) = 1,0$$

## Cuadro resumen de evaluación

Característica de calidad (o parámetro)	Categoría	Factor de pago
Contenido de asfalto	I	0,97
Flujo	II	1,0
Vacíos	II	0,96
Estabilidad	II	1,0
Graduación		
▪ 3/4"		1,0
▪ 3/8"	II	1,0
▪ #4	I	1,0
▪ #8	II	1,0
▪ #50	II	1,0
▪ #200	I	1,0

Factor de pago  
por aplicar

# Anexo

## **METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ESTADÍSTICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD**

### **A) Generalidades:**

*Todos los materiales empleados en la obra serán suministrados por el Contratista y deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en las Especificaciones Generales CR-2002, planos de construcción y especificaciones especiales del proyecto.*

### **B) Inspección de materiales:**

*Todos los materiales están sujetos a inspección, muestreo, ensayo y rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación del trabajo.*

*Cualquier trabajo en el cual se hayan utilizado materiales sin la aprobación previa del ingeniero, será realizado por cuenta y riesgo del Contratista.*

*Cuando se haga una referencia en el Contrato a una especificación estándar, o método de ensayo adoptado por la AASHTO, ASTM, u otra asociación técnica internacional reconocida, la referencia significará la especificación estándar, o método de ensayo que esté en vigencia a la fecha del anuncio de la licitación.*

### **C) Sistema de inspección del Contratista:**

- **General:** *el Contratista deberá proponer y mantener un sistema de control de calidad adecuado, así como el personal, equipo, suministros y facilidades necesarias para obtener muestras, realizar pruebas y controlar el trabajo.*

*El "Plan de Control de Calidad" propuesto por el Contratista deberá ser aprobado por el ingeniero antes de empezar el trabajo en la reunión de pre-construcción.*

*El Contratista deberá tomar muestras de control de cada proceso, realizar pruebas y controlar todas las fases del trabajo, en la cantidad suficiente que asegure que el trabajo cumple con todos los requisitos del contrato. El Contratista debe asegurarse de que todos los equipos de ensayo por utilizar estén debidamente calibrados y que cumplirán con todos los requisitos aplicables a los procedimientos de ensayos especificados.*

*Las instalaciones del laboratorio deberán permanecer limpias y todo el equipo deberá mantenerse en buenas condiciones de trabajo. El ingeniero tendrá libre acceso para inspeccionar y revisar las instalaciones del laboratorio del Contratista. El ingeniero informará por escrito al Contratista cualquier deficiencia encontrada con respecto a las instalaciones del laboratorio, equipo, suministros, personal y procedimientos de ensayo. Cuando las deficiencias sean suficientemente serias como para afectar los resultados de las pruebas, se ordenará detener inmediatamente la incorporación de materiales a la obra, y no se permitirá reiniciarla hasta que las deficiencias sean corregidas satisfactoriamente.*

*Los requisitos mínimos de muestreos y ensayos deberán establecerse en el "Plan de Control de Calidad" propuesto por el Contratista, de tal forma que se asegure un control adecuado de la obra. En todo caso, la frecuencia de muestreo no será menor a la frecuencia mínima establecida en cada sección de estas especificaciones generales.*

- **Muestreo:** *A menos que se especifique lo contrario, el sistema de control de calidad deberá prever un procedimiento, con base estadística, para obtener muestras al azar, que permita que todas las unidades de trabajo producidas tengan la misma probabilidad de ser escogidas para muestreo y ensayo.*

*Toda la recolección de muestras deberá hacerse de acuerdo con los procedimientos estándares de la AASHTO.*

*Los envases para recolección de muestras deberán ser suministrados por el Contratista, y deben ser apropiados para el material al que se le tomarán las muestras. Las muestras entregadas a la Administración deberán ser identificadas de una manera aceptable.*

- **Ensayos:** *todos los ensayos deberán realizarse siguiendo los procedimientos normalizados de ensayo de la AASHTO o cualquier otro que se indique en estas especificaciones. El Contratista debe proporcionar al ingeniero todos los resultados de los ensayos dentro de los límites de tiempo solicitados por este.*

**D) Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago:**

*La evaluación estadística del trabajo es un método de análisis de inspección o de resultados de ensayo para determinar el cumplimiento de los requisitos del contrato.*

*Cuando las especificaciones prevean que un material o el trabajo realizado debe ser evaluado con fundamento estadístico, el material o el trabajo realizado serán evaluados para su aceptación de acuerdo con este artículo. Todos los resultados de los ensayos de un determinado lote se analizarán colectiva y estadísticamente con el "Método de Análisis de Nivel de Calidad-Desviación Estándar", utilizando los procedimientos especificados para determinar el porcentaje total estimado del lote que está fuera de los límites de especificación. El análisis del nivel de calidad es un procedimiento estadístico para estimar el porcentaje de incumplimiento de una especificación, el cual es afectado por variaciones en el promedio aritmético ( $\bar{x}$ ) y por la desviación estándar de la muestra ( $S$ ).*

*El nivel de calidad aceptable (NCA) es el mayor porcentaje de trabajo fuera de los límites de especificación que se considera aceptable para pago a precios del contrato. Se establecen dos categorías:*

*Categoría I, basada en un NCA de cinco por ciento.*

*Categoría II, basada en un NCA de diez por ciento.*

*Como un incentivo para producir un trabajo uniforme y de buena calidad, se podrá considerar, en ciertas condiciones, un pago mayor que el precio del contrato.*

*Las características de calidad por evaluarse se indican a continuación:*

- 1) ***Características de calidad:*** *las características de calidad por evaluarse se indican en cada una de las secciones de estas especificaciones generales.*
- 2) ***Tamaño del lote:*** *un lote es una cantidad discreta de trabajo, que será determinado de común acuerdo entre el ingeniero y el Contratista, al cual se le aplica el procedimiento de evaluación estadística.*
- 3) ***Frecuencia de muestreo:*** *la frecuencia de muestreo se indica en cada sección de estas especificaciones. Para aplicar el procedimiento de evaluación estadística, se requiere un mínimo de cinco muestras por lote. El máximo factor de pago obtenible con cinco muestras es de 1,0. Para un factor de pago máximo de 1,05 se requiere un mínimo de ocho muestras.*
- 4) ***Lugar de muestreo:*** *el punto de muestreo se indica en cada una de las secciones de estas especificaciones. El sitio exacto de muestreo será indicado por el ingeniero, con base en un método aleatorio.*
- 5) ***Métodos de ensayo:*** *los métodos de ensayo usados para la evaluación de muestras se indican en cada una de las secciones de estas especificaciones.*
- 6) ***Límites de especificación:*** *los límites de especificación para las características de calidad se indican en los requisitos del contrato. Cuando en el contrato no se*

especifiquen valores límites, registrarán los valores establecidos en estas especificaciones generales.

- 7) **Categoría:** la categoría para las características de calidad por ser analizadas se indica en cada una de las secciones de estas especificaciones generales.

Un lote que contenga un porcentaje de material fuera de las especificaciones (factor de pago menor de 1,00) puede ser aceptado si el factor de pago es por lo menos de 0,75, siempre que no existan defectos aislados identificados por el ingeniero. Si existiesen defectos aislados, deberán ser corregidos o sustituidos con material nuevo en forma satisfactoria.

Un lote con material que no alcance por lo menos un factor de pago de 0,75 será rechazado por el ingeniero. Todo el material rechazado deberá ser removido de la obra, incluyendo todas las partes de la obra en las cuales se haya utilizado el material no conforme con las especificaciones.

Cuando el número de muestras de un lote concluido sea inferior a 5,0 o si, por otras razones, el lote no se concluyó, no se aplicará el procedimiento estadístico, y la evaluación se hará de la siguiente forma:

- Toda la producción realizada en uno u otro caso, así como el procedimiento y ejecución del trabajo, deberán estar en todo conforme a los requisitos del contrato.
- Todos los resultados de los ensayos obtenidos, deberán estar dentro de las tolerancias especificadas o límites de especificación establecidas en el contrato.

El Contratista podrá elegir entre corregir o remover cualquier material defectuoso y sustituirlo con material nuevo, para evitar un factor de pago menor de 1,00.

Todo material nuevo o corregido será nuevamente muestreado y evaluado para su aceptación, de acuerdo con este artículo.

El ingeniero podrá rechazar cualquier cantidad de material defectuoso con base en resultados de ensayos. El material rechazado no podrá utilizarse en la obra, y los resultados de los ensayos de ese material no serán incluidos en las pruebas de aceptación del lote.

### EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Se usará el método de desviación estándar para determinar el porcentaje estimado del lote que está fuera de los límites de especificación.

a) Determinación del promedio aritmético ( $\bar{X}$ ) de los resultados de las pruebas:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

donde:

$\Sigma$  = sumatoria de

$x$  = valor individual de la prueba

$n$  = número total de valores de pruebas

b) Cálculo de la desviación estándar de las pruebas:

$$S = \frac{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

donde:

$\sum (x^2)$  = sumatoria de los cuadrados de los valores individuales de las pruebas

$(\sum x)^2$  = sumatoria de los valores individuales de las pruebas al cuadrado

c) Cálculo del índice de calidad superior ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{LSE - \bar{X}}{s}$$

donde:

LSE= límite superior de especificación (valor especificado más la desviación permitida).

d) Cálculo del índice de calidad inferior ( $C_i$ )

$$C_i = \frac{\bar{X} - LIE}{s}$$

donde:

LIE = límite inferior de especificación (valor especificado menos la desviación permitida).

e) Determinación de  $P_s$  (porcentaje fuera del límite superior de la especificación) correspondiente a un  $C_s$  dado. Tabla 7-03. Si no se especifica un límite superior, (LSE),  $P_s$  será igual a cero.

f) Determinación de  $P_i$  (porcentaje fuera del límite inferior de la especificación) correspondiente a un  $C_i$  dado. Tabla 7-03. Si no se especifica un límite inferior (LIE),  $P_i$  será igual a cero.

g) Determinación del nivel de calidad (porcentaje total fuera de los límites de especificación).

$$\text{Nivel de calidad} = (P_s + P_l)$$

- h) Utilizando el nivel de calidad obtenido en g), se determina el factor de pago del lote, tabla 7-04.
- 8) **Determinación del factor de pago (valoración del trabajo):** el valor de un lote se determinará de la siguiente forma:
- a) De la tabla 7-04, se determina el factor de pago para cada característica de calidad, utilizando el número total de valores de los ensayos y el porcentaje total estimado fuera de los límites de especificación, obtenido en los pasos a) a g) anteriores.
- b) Cuando todas las características de calidad de un lote son de categoría I, el factor de pago será el factor de pago más bajo de cualquiera característica de calidad de la categoría I. El máximo factor de pago obtenible con un mínimo de ocho muestras será de 1,05.
- c) Cuando las características de calidad de un lote son de categoría I y categoría II, el factor de pago se determinará como sigue:
- i) Cuando todas las características de calidad de la categoría II son de 1,0, el pago del lote será el factor de pago más bajo de las características de la categoría I. El máximo factor de pago obtenible con un mínimo de ocho muestras será de 1,05.
- ii) Cuando cualquiera de las características de calidad de categoría II es menor que 1,0, el pago del lote será el factor de pago más bajo de cualquiera de las características de calidad.

- d) *Cuando todas las características de calidad de un lote son de categoría II, el factor de pago del lote será el más bajo de cualquier característica de calidad de la categoría II. El máximo factor de pago obtenible será 1,00.*
  
- e) *El ajuste de pago del material de un lote deberá determinarse multiplicando el precio unitario del contrato por el factor de pago obtenido.*

TABLA 7-03

## PORCENTAJE ESTIMADO DE TRABAJO FUERA DE LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN

Porcentaje estimado fuera de los límites de especificación (P <sub>s</sub> y/o P <sub>i</sub> )	Índice superior de calidad C <sub>s</sub> o índice menor de calidad C <sub>i</sub>												
	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10 a n=11	n=12 a n=14	n=15 a n=17	n=18 a n=22	n=23 a n=29	n=30 a n=42	n=43 a n=66	n=67 a ∞
0	1,72	1,88	1,99	2,07	2,13	2,20	2,28	2,34	2,39	2,44	2,48	2,51	2,56
1	1,64	1,75	1,82	1,88	1,91	1,96	2,01	2,04	2,07	2,09	2,12	2,14	2,16
2	1,58	1,66	1,72	1,75	1,78	1,81	1,84	1,87	1,89	1,91	1,93	1,94	1,95
3	1,52	1,59	1,63	1,66	1,68	1,71	1,73	1,75	1,76	1,78	1,79	1,80	1,81
4	1,47	1,52	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
5	1,42	1,47	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,59	1,60
6	1,38	1,41	1,43	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,50	1,51	1,51	1,52
7	1,33	1,36	1,38	1,39	1,40	1,41	1,41	1,42	1,43	1,43	1,44	1,44	1,44
8	1,29	1,31	1,33	1,33	1,34	1,35	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,37	1,38
9	1,25	1,27	1,28	1,28	1,29	1,29	1,30	1,30	1,30	1,31	1,31	1,31	1,31
10	1,21	1,23	1,23	1,24	1,24	1,24	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,26	1,26
11	1,18	1,18	1,19	1,19	1,19	1,19	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
12	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
13	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
14	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
15	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
16	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
17	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
18	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
19	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
20	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
21	0,84	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79
22	0,81	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
23	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
24	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
25	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66
26	0,68	0,67	0,67	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63
27	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,60
28	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57
29	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54
30	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
31	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
32	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
33	0,47	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43
34	0,45	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40
35	0,42	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
36	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
37	0,36	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32
38	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
39	0,30	0,30	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
40	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
41	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
42	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
43	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
44	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
45	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
46	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
47	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
48	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
49	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: Si el valor de C<sub>s</sub> o C<sub>i</sub> no corresponde a un valor de la tabla, use el valor de C inmediato inferior.

Si C<sub>s</sub> o C<sub>i</sub> son valores negativos, P<sub>s</sub> o P<sub>i</sub> es igual a 100 menos el valor de la tabla para P<sub>s</sub> o P<sub>i</sub>.

## *Capítulo 8*

---

### *Ejecución y avance de la obra*

## **SECCIÓN 8.01 SUBCONTRATOS**

*Por disposición de las Especificaciones generales CR-2002, artículo 108.05, el Contratista no podrá subcontratar más del 50% del total de la obra. Para exceder este límite, el Contratista requerirá de la autorización de la Administración. Sin embargo, como política general, el Contratista debe informar por escrito al Ingeniero de Proyecto los trabajos que vaya a subcontratar, así como también informar sobre la idoneidad del subcontratista. El Ingeniero de Proyecto debe constatar que la subcontratación propuesta no excede el límite de subcontratación. Asimismo, debe advertir al Contratista que, en ningún caso, la subcontratación lo releva de la responsabilidad por la ejecución total de la obra.*

## **SECCIÓN 8.02 EJECUCIÓN Y AVANCE DE OBRA**

*El instrumento que tendrá el Ingeniero de Proyecto para dar seguimiento a la ejecución y avance de la obra, será el programa de trabajo original (aprobado), presentado por el Contratista en la reunión de preconstrucción (artículo 108.02 del CR-2002) o actualizado según sea necesario. En general, el programa de trabajo se empleará para establecer una comprobación de avance y desarrollo de los trabajos.*

*Las actividades que se detallan en el programa de trabajo, deben contemplar la totalidad de los trabajos por ejecutar, descripción de las brigadas de equipo, cantidad de brigadas, rendimientos, cantidades de obra y duración normales, de tal forma que reflejen en forma detallada la ejecución de la obra.*

*Cuando exista duda de que el Contratista pueda concluir la obra satisfactoriamente en el tiempo programado, el Ingeniero de Proyecto debe tratar el tema con el Contratista con la brevedad posible para que, de ser necesario, se tomen las acciones que correspondan para evitar atrasos en la terminación de la obra.*

*Si durante la construcción resultará evidente un continuo atraso en los trabajos que ejecuta el Contratista y el tiempo transcurrido del plazo del contrato, sin que se observe alguna acción de parte del Contratista para corregir el atraso, el Ingeniero de Proyecto deberá notificarle por escrito que el avance de los trabajos es insatisfactorio, y le solicitará la presentación de un "programa de trabajo" que garantice que la obra se concluya dentro del plazo del contrato. Esto necesariamente obligará al Contratista a modificar sus operaciones y a suministrar los materiales, maquinaria y mano de obra complementarios que sean necesarios para ejecutar la cantidad de obra requerida dentro de los tiempos corregidos.*

### **SECCIÓN 8.03 CAPACIDAD DEL PERSONAL Y MAQUINARIA ASIGNADA AL PROYECTO**

*De acuerdo con lo establecido en el artículo 108.06 de las Especificaciones generales CR-2002, el Contratista deberá realizar la obra conforme a los requisitos del contrato, en forma diligente y bien acabada; en todo momento, el Contratista deberá emplear para dirigir la construcción del proyecto, personal profesional y técnico calificado, así como la mano de obra y la maquinaria necesarias para desarrollar las diferentes actividades de trabajo y poder así terminar la obra dentro del plazo del contrato. El Ingeniero de Proyecto debe ser cuidadoso en la observancia del estado y cantidad de maquinaria presente en el proyecto y de su rendimiento. Cuando considere que la maquinaria no es suficiente o no tiene la capacidad requerida, es necesario revisar la maquinaria ofrecida por el Contratista en su oferta y, de comprobarse que no corresponde, el ingeniero debe exigirle al Contratista normalizar esta situación, sea incorporando más maquinaria o sustituyendo la que dispone, lo antes posible, para evitar atrasos en la ejecución de la obra. En cuanto al personal profesional y técnico, el ingeniero exigirá que este tenga la preparación adecuada.*

*En cualquier momento, el ingeniero podrá expedir órdenes de servicio para ordenar al Contratista que suministre el personal o la maquinaria adecuada o que sustituya el personal o maquinaria inadecuada para llevar a cabo la obra. El no acatamiento de esta*

*orden dará lugar a la expedición de una orden de servicio que suspenda los trabajos hasta tanto no sean atendidas las órdenes emitidas y se corrija la deficiencia señalada, a satisfacción del ingeniero.*

*Para respaldar sus actuaciones, el ingeniero llevará registros del personal y maquinaria del Contratista, que le permitan fundamentar su decisión y, de esta forma, hacer frente a eventuales reclamos del Contratista.*

*Cuando se trate de trabajos por administración, bajo el renglón de pago 109.04, el ingeniero también exigirá la utilización de personal igualmente calificado y de maquinaria adecuada para la ejecución del trabajo.*

#### **SECCIÓN 8.04 PLAZO DEL CONTRATO**

*A) Salvo que en el Cartel de Licitación se especifique de otra forma, el plazo concedido para la terminación de la obra se establece sobre la base de días calendarios (ver definición en artículo 101.02 del CR-2002).*

*El cómputo del tiempo comenzará a partir de la fecha de inicio contenida en la Orden de Servicio N° 1 (Orden de Inicio), debidamente aprobada y comunicada por escrito al Contratista por la Dirección de Obras del CONAVI, y continuará hasta la terminación de la obra.*

*1) Cuando el plazo del contrato se establezca sobre la base de días calendarios, incluirá domingos, días feriados y días festivos. En los periodos de suspensión total de los trabajos, en los que la(s) causa(s) que la originan no sean imputables al Contratista, no se cargarán al plazo del contrato los días de suspensión. Cuando se trata de suspensiones parciales, el Ingeniero de Proyecto debe considerar, para determinar los días por cargar, el trabajo realizado, el trabajo que debió realizar el Contratista según programa de trabajo y el periodo de análisis (periodo de estimación).*

*La aplicación de este procedimiento se ilustra en el siguiente ejemplo:*

**Ejemplo:**

*Considérese que se ordena una suspensión parcial y que, durante el período de estimación (30 días), el Contratista produjo en obra un monto de ¢22.000.000,00 y, según el programa de trabajo, en condiciones normales (sin suspensión) debió producir ¢52.000.000,00.*

$$\text{Días por cargar al plazo del contrato} = \frac{¢22.000.000,00}{¢52.000.000,00} \times 30 = 13 \text{ días}$$

*En los períodos de suspensión (parcial o total), el ingeniero puede ordenar trabajos de conservación para mantener transitable partes del proyecto y/o caminos provisionales, con el fin de facilitar temporalmente el paso del tránsito. Cuando el pago de estos trabajos se realice con cargo al renglón 109.04, el importe que devengue el Contratista por la ejecución de estos trabajos no se tomará en cuenta para el cálculo de los días por cargar.*

- 2) *Cuando la base del plazo del contrato sea una fecha fija, la fecha de terminación de la obra será el día en que la obra esté enteramente terminada. Los efectos que las suspensiones de los trabajos surten en la fecha fija de terminación, serán los que se establezcan en el contrato. Si el Contratista no terminara la obra en la fecha prevista, sin que existan motivos justificados atendibles, los días por cargar con responsabilidad para el Contratista, serán los días calendarios que transcurran desde la fecha fija de terminación prevista hasta la fecha de terminación real de la obra.*

**B) Ajustes en el plazo del contrato:** *las disposiciones para los ajustes al plazo del contrato se hallan contenidas en el artículo 108.07 del CR-2002.*

C) **Consideraciones sobre ajustes al plazo:** cuando durante la ejecución del proyecto existan circunstancias que imposibiliten el desarrollo normal de los trabajos, el Contratista deberá presentar por escrito, previo al vencimiento del plazo, una solicitud de prórroga en la cual exponga los motivos que, en su opinión, justifican el atraso. No será admisible el argumento que pudiera presentar el Contratista aduciendo que fue especificado un plazo original insuficiente.

El Ingeniero de Proyecto efectuará un análisis cuidadoso de los motivos que aduce el Contratista en su solicitud (o reclamo), y procurará ser justo al resolver el reclamo. En el caso de que encontrase que la demora en el trabajo obedece a condiciones fuera del control del Contratista, podrá ampliar el plazo del contrato hasta donde la circunstancias lo justifiquen. En tal caso, preparará la orden de modificación correspondiente que servirá de base para elaborar el addendum al contrato o en el finiquito respectivo del proyecto.

## **SECCIÓN 8.05 SUSPENSIÓN DEL TRABAJO**

A) **Motivos de suspensión:** el artículo 105.02 del CR-2002 concede autoridad al Ingeniero de Proyecto para suspender total o parcialmente la obra cuando considere que existen fallas del Contratista en corregir condiciones de peligro para los obreros o para el público, o debido a desacato de órdenes o incumplimiento de regulaciones establecidas en el contrato. También, podrá ordenar suspensiones por condiciones de clima desfavorables que afecten la calidad de los trabajos, o por cualquier otra causa que perjudique el interés público. Se denomina "suspensión parcial" a la orden de suspensión expedida por el ingeniero que afecta solamente alguna(s) parte(s) del proyecto o actividades del proyecto. La suspensión del trabajo en todas las fases del proyecto, se considerará como una "suspensión total". Sin embargo, durante este período el ingeniero podrá permitir u ordenar operaciones menores que no estén relacionadas con la causa de la suspensión, así como trabajos de emergencia.

*En ningún caso se deberán ordenar suspensiones con el fin de permitir que el Contratista recupere atrasos en la obra por motivos de su responsabilidad.*

- B) Suspensión por condiciones de clima desfavorables:** *cuando prevalezcan condiciones de mal estado del tiempo u otras que afecten perjudicialmente el desarrollo de los trabajos, el Ingeniero de Proyecto podrá ordenar por escrito suspender parte de los trabajos o interrumpirlos totalmente durante el período que considere apropiado para salvaguardar el interés público.*
- C) Suspensión por falla del Contratista:** *en los casos en que se den incumplimientos del Contratista en corregir condiciones de peligro para la seguridad de los trabajadores, o por desacato de órdenes o disposiciones del contrato, el Ingeniero de Proyecto enviará una nota al Contratista en la que le señalará las deficiencias que debe corregir y le advertirá que, de no tomarse de inmediato las medidas que correspondan, se ordenará la suspensión de los trabajos afectados. Durante el período de suspensión, el Contratista deberá realizar todas las diligencias y trabajos necesarios que garanticen la seguridad del personal, conforme a las regulaciones en materia de seguridad laboral que correspondan. Corregidos los incumplimientos señalados, se procederá a ordenar la reanudación de los trabajos.*
- D) Contenido de las órdenes de suspensión:** *toda suspensión parcial o total deberá efectuarse mediante una orden de servicio, la cual deberá incluir:*
- 1) Número de identificación de la orden, fecha, nombre del Contratista y nombre del proyecto.*
  - 2) Motivo de la suspensión y declaración de si la suspensión es total o parcial. Si fuera parcial, deberán indicarse las actividades y los renglones de pago asociados a las actividades que se suspenden y, por consiguiente, las actividades en que se pueden continuar los trabajos.*
  - 3) Fecha a partir de la cual entrará en vigencia la suspensión.*
  - 4) Indicación del tiempo transcurrido hasta la fecha de suspensión.*

5) *En los casos de suspensión parcial, debe indicarse el procedimiento por seguir para el cómputo del tiempo por cargar al plazo del contrato.*

*Cuando se ordene una suspensión total seguida de una suspensión parcial, la orden de suspensión total deberá indicar el tiempo que se ha cargado en el período de suspensión parcial.*

*De igual forma deberá hacerse en las órdenes de reanudación de los trabajos.*

*Si la suspensión se ordena para corregir deficiencias que obedecen a culpa o falla del Contratista, la orden deberá indicar cuál plazo del contrato seguirá corriendo durante el período de suspensión.*

*En el capítulo 4, se incluyen modelos de órdenes de suspensión que contienen las indicaciones aquí señaladas.*

**E) Órdenes de reinicio de los trabajos:** *el reinicio de los trabajos debe realizarse mediante la expedición de una orden de servicio, la cual deberá incluir:*

1) *Número de identificación de la orden de servicio, fecha, nombre del Contratista y nombre del proyecto.*

2) *Motivo que justifica el levantamiento de la suspensión.*

3) *Indicación del tiempo (plazo) transcurrido hasta la fecha en que se haga efectiva la reanudación, incluyendo el tiempo que se carga al plazo del contrato durante la suspensión parcial, o, si la suspensión es total, indicación de que no se cargan días al plazo del contrato.*

4) *Indicación del tiempo que resta para completar el plazo autorizado del contrato.*

*En períodos de suspensión cortos, las órdenes se expedirán cuando las condiciones permitan el reinicio normal de los trabajos. Cuando la suspensión se ordene por períodos largos, las órdenes deberán expedirse con suficiente antelación a la fecha de reinicio de los trabajos, a fin de permitirle al Contratista volver a organizarse y trasladarse de nuevo al proyecto, según estime el Ingeniero de Proyecto.*

## *Capítulo 9*

---

# *Medición y pago*

**SECCIÓN 9.01 MEDICIÓN DE CANTIDADES**

A) **Generalidades:** en la sección 109 del CR-2002, se establecen los procedimientos para el cálculo de cantidades. También, deberán revisarse en detalle los planos de construcción y las especificaciones especiales del contrato, así como las demás secciones del CR-2002 que contienen artículos sobre “Medición y pago” y “Base para el pago”. En estos artículos, se detalla la forma en que deberán medirse las cantidades aceptadas para pago, así como el trabajo que cubre la compensación. En los casos en que la compensación no cubra la totalidad del trabajo ejecutado, se especifica la salvedad que corresponda, es decir, se indica que parte del trabajo deberá cubrirse bajo otro u otros renglones de pago (Ej.: “Bases para el pago”, de las secciones 408, 409, 410, etc., del CR-2002).

Antes de proceder a la medición de cantidades, el ingeniero de proyecto debe estudiar los planos de construcción y las especificaciones generales y especiales del contrato, con el fin de determinar qué ha de medirse y cómo se deberá medir el trabajo o cantidades por pagar. No deberán efectuarse mediciones para pago cuando estas no correspondan.

B) **Precisión del cálculo de cantidades:** el número de cifras decimales con que deben calcularse las cantidades por pagar varía según sea el valor o precio unitario de la unidad de trabajo (o renglón de pago) que se esté considerando. Así, una unidad de trabajo cuyo precio unitario sea elevado deberá calcularse con mayor número de cifras decimales que otra de menor precio. Otro aspecto por tomar en cuenta es la cantidad de unidades de trabajo de cada renglón de pago: generalmente en estos casos, el precio unitario no es elevado, pero las cantidades que se gastan sí lo son, lo cual significa que una determinación imprecisa de cantidades podría conducir a un perjuicio para la Administración o para el Contratista. Con base en estas consideraciones, resulta entonces conveniente establecer una guía que sirva de base para la determinación de cantidades para pago. En el anexo 9.01 A del presente capítulo, se incluye una lista de los renglones de pago de uso más frecuente

en la construcción de carreteras, en la cual se especifica el grado de exactitud con que se recomienda medir las cantidades correspondientes.

C) **Cálculo de cantidades de movimiento de tierra:** se empleará el método de la sección media sin corrección por curvatura. En este método se utilizan: la superficie de las secciones promedio, las secciones medias (tomadas en ángulo recto, respecto a la línea centro) y la distancia entre secciones sobre la línea centro.

La superficie de las secciones medias puede obtenerse ya sea por cálculo directo, basado en las notas de replanteo de taludes, o dibujando la sección y midiendo directamente la superficie. Se recomienda usar el método basado en el replanteo de taludes, debido a que normalmente requiere menos tiempo.

Existen otros métodos aceptables para el cálculo de superficies de la sección media, pero el de uso más frecuente y de mayor preferencia es el método entrecruzado (analítico), que se ilustra en los ejemplos incluidos en el anexo 9.01 B.

La toma de secciones transversales, después de terminada la nivelación, deberá ser mínima. Generalmente, si los cortes se han hecho ajustados al talud marcado, no habrá necesidad de tomar segundas secciones transversales, salvo en lugares en que haya discrepancia con el Contratista respecto al movimiento de tierra, o en cortes de roca en que haya habido excesos o disminución en la excavación. En las excavaciones en roca, en donde se requiere determinar el exceso permisible de excavación, puede ser necesario trazar la sección media.

D) **Acarreo y acarreo adicional (sobrecarreo):** se denomina acarreo al trabajo de transportar el material obtenido de una excavación (ubicación original) hasta su disposición final en la obra, exceptuando el transporte de material destinado a relleno para estructuras, relleno para fundación, subbase, base o provenientes de préstamo caso 2. El artículo 204.03 del CR-2002 define el "sobrecarreo" como aquel autorizado por el ingeniero, en exceso de la distancia especificada como

acarreo libre. La cantidad de material que deberá utilizarse en los cálculos de “acarreo” y “acarreo adicional” (sobrecarreo), es la cantidad de material medido en su posición original, excluyendo cualquier corrección por contracción o abultamiento. Además podrán emplearse, conjuntamente con los cálculos, un diagrama de masa o métodos analíticos.

La distancia de acarreo adicional para el material obtenido dentro de los límites de la calzada y colocado dentro de los límites de esta (prisma), será medida a lo largo de la línea de centro de la calzada.

Cuando el material por sobrecarrear provenga de áreas de préstamo fuera de los límites de la calzada (fuera del prisma), la distancia se medirá a lo largo de la ruta más corta que sea factible, determinada por el ingeniero.

Si el Contratista elige acarrear el material por otra ruta más larga, el cálculo para el pago se basará en la distancia de acarreo adicional medida a lo largo de la ruta designada por el ingeniero.

El acarreo adicional (sobrecarreo) se medirá por metro cúbico-kilómetro o por tonelada-kilómetro, según se haya sido especificado en el contrato.

- E) **Medición de materiales por peso:** para materiales cuyo pago esté especificado con base en su peso, la constancia oficial de haber sido entregados en el proyecto deberá llevarse en talonarios de recibos uniformes, numerados consecutivamente, en los cuales se consignará el peso registrado en la báscula (instrumento de pesaje). Los recibos deberán ser llenados por el pesador (u operador de planta), excepto en lo referente al sitio de colocación (estación), y este entregará el original y una copia al conductor del camión (o vagoneta) y conservará el duplicado (copia) en el talonario. El inspector ubicado en el sitio de la obra llenará el espacio del recibo previsto para consignar la estación de colocación, firmará los dos recibos (original más copia), devolverá al conductor la boleta original y conservará la copia. Para

*asegurarse la entrega en la obra de todo el material pesado, al final de la jornada de trabajo se hará una confrontación de la segunda y la tercera copia de la boleta. Efectuada esta confrontación, se pasará la segunda copia a la oficina de cálculo, para el control de pago de la estimación.*

*En el "diario del proyecto", el inspector de campo deberá anotar la cantidad de material colocado durante cada jornada de trabajo, así como la fecha, estación inicial y estación final del material colocado, y número del primer recibo y el último.*

*En la sección 109 de las Especificaciones generales CR-2002, se establece que la tara (pesaje de cada camión vacío) deberá realizarse, por lo menos, una vez al día, y en cualquier momento que el ingeniero lo ordene. Los pesos de la tara, la fecha y la hora deberán también anotarse en el libro diario del inspector.*

*El artículo 109.02 del CR-2002 estipula que los instrumentos de pesajes deberán ser precisos dentro de un 0,5 por ciento para cualquier lectura de pesaje en la escala de su capacidad, y que la revisión de su exactitud se efectuará tantas veces como el ingeniero lo estime necesario, para asegurar la precisión constante de los instrumentos de pesaje. Se establece, también, que cuando una revisión de su calibración indique que se ha estado pesando menos que el peso correcto, deberán ajustarse los instrumentos para que registren el peso correcto. En este caso, no se hará ningún reconocimiento por la diferencia de peso del material entre calibraciones. Si, por el contrario, los instrumentos de pesaje han estado indicando más del peso correcto, deberán también calibrarse para registrar el peso exacto, pero en este caso todo el material recibido entre calibraciones deberá reducirse por el porcentaje de error en exceso de un 0,5 por ciento. Para verificar el grado de exactitud del equipo de pesaje, en este capítulo se incluye el anexo 9.01 C, el cual contiene una guía para verificación y pesaje en el campo con báscula de plataforma.*

Antes de comenzar las operaciones de pesaje de cada día y durante la jornada de trabajo, el inspector debe comprobar cuidadosamente la horizontabilidad de la báscula de plataforma. Esto consiste en ajustar a cero los indicadores de la báscula cuando no tiene carga. En las básculas de brazos o romanas múltiples, se deberá comprobar su oscilación libre y su equidistancia en la parte alta y baja del anillo del extremo de la romana. Cualquiera de los brazos que no se utilice deberá fijarse firmemente en posición cero (horizontal). Para mayor información respecto a la comprobación de básculas de plataforma y pesaje, véase el anexo 9.01 C.

Los ajustes y reparaciones de los instrumentos de pesaje serán obligación del Contratista. La inspección verificará que los aparatos de pesaje se hallen debidamente calibrados, para asegurar que, en todo momento, los pesos que se registran en la báscula son los correctos.

En cualquier momento que el Ingeniero de Proyecto tenga dudas sobre la precisión (o calibración) de los instrumentos de pesaje, ordenará al Contratista suspender la pesada para que se revise su calibración.

F) **Medición de material bituminoso:** el material bituminoso para imprimación, riegos de liga, sellos de cura y tratamientos superficiales bituminosos, se pagará por volumen. La inspección de campo deberá registrar, en una libreta (y luego en el libro diario del inspector), un resumen del material colocado en cada riego, con indicación de fecha, estación inicial y estación final del riego colocado, lectura inicial y lectura final del volumen del tanque, y temperatura del material bituminoso en el momento de realizarse el riego. El pago de embarques por camión podrá efectuarse con base en volúmenes debidamente certificados, sujetos a corrección por pérdida o espumación. El Ingeniero de Proyecto comprobará las cantidades realmente gastadas, midiendo el volumen en los depósitos de almacenamiento ubicados en la obra. En el caso de detectarse una diferencia apreciable entre los dos registros, deberá utilizarse como base para el pago la medición especificada en ese renglón de pago.

*En la sección 109 del CR-2002, se establece que los materiales bituminosos que se pagan por volumen se medirán a la temperatura de 15,6 °C (60 °F), o se les corregirá al volumen equivalente a 15 °C (60 °F) (ver tabla de corrección por volumen en el anexo 9.01 D).*

### **SECCIÓN 9.02 TRABAJO A COSTO MÁS PORCENTAJE (TRABAJO POR ADMINISTRACIÓN)**

*A) Generalidades: en su artículo 109.04, las Especificaciones generales CR-2002, tratan todo lo relacionado con la ejecución de trabajos por administración. En ocasiones, en las especificaciones especiales del contrato se establecen trabajos por administración específicos, cuyo pago será cubierto bajo el renglón 109.04.*

*Usualmente, en los contratos se incluye el renglón de pago 109.04 "Trabajo a costo más porcentaje", y se le asigna una partida global para cubrir trabajos no contemplados en los renglones del contrato. Todo trabajo cuyo pago sea cubierto con cargo a este renglón, deberá solicitarse mediante órdenes de servicio.*

*El pago de los trabajos por administración se efectuará con base en los informes diarios (firmados por el ingeniero y el contratista), facturas con su recibido conforme, o certificaciones que corroboren el costo de los materiales utilizados.*

*Es esencial que se observe el requisito de llenar y firmar diariamente los informes durante la ejecución de los trabajos (ver formato de informe diario en el anexo 9.02 A).*

*Para cubrir el pago de un "trabajo por administración", deberá procederse de la siguiente forma:*

- 1) Expedir una orden de servicio, debidamente aprobada, que explique el trabajo específico que se ha de ejecutar.*

- 2) *Llevar registros diarios del trabajo efectuado, en los que consten: la mano de obra, la maquinaria y los materiales utilizados; estos registros deberán estar firmados por el representante del Contratista y el Ingeniero de Proyecto.*
- 3) *Llevar resúmenes mensuales de los registros diarios, en los que se indiquen los totales de mano de obra empleados, materiales y maquinaria utilizados, correspondientes al mes, y el cálculo del monto por reconocer de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 109.04 del CR-2002.*

*Este procedimiento debe seguirse para cada orden de servicio que solicite trabajos por administración.*

**B) Tarifas de mano de obra:** *tal como se indica en el inciso a) del artículo 109.04 del CR-2002, las tarifas por reconocer al personal empleado en las operaciones específicas de los trabajos por administración, serán las tarifas de salarios mínimos de ley aplicadas a las horas efectivamente trabajadas. Además, el Contratista recibirá una compensación por el costo de impuestos o tributos sobre las planillas de jornales, primas de seguros, y prestaciones generalmente aplicables a sus empleados, en proporción a los sueldos pagados. Si en las especificaciones especiales se establece un porcentaje fijo, el costo de la compensación será el producto de este porcentaje por el costo real de los salarios pagados. Si no se ha establecido ningún porcentaje fijo, la compensación será el monto efectivamente pagado por el Contratista por estos conceptos. Sobre el monto por pagar, se reconocerá un monto adicional equivalente al 20%, para cubrir la utilidad, administración y gastos financieros.*

**C) Registros diarios de trabajo por administración (informe diario):** *los registros diarios deberán prepararse en un formato similar al que se incluye en el anexo 9.02 A, para cada orden de servicio que autorice la ejecución de un trabajo por administración. Este formulario deberá ser firmado por el Ingeniero de Proyecto y por el representante del Contratista en el proyecto, en señal de conformidad*

*respecto a la mano de obra, maquinaria y materiales utilizados, así como de las tarifas aplicadas a cada uno de estos conceptos.*

*La finalidad de los registros diarios es documentar el trabajo que se realiza, como parte esencial del expediente permanente de la obra, así como cualquier otro documento (oficio o libretas de topografía) que se haya generado durante la construcción del proyecto.*

**D) Resumen de los trabajos por administración:** *cuando se utilicen formatos para resúmenes mensuales de trabajos por administración, deberá incluirse la información siguiente:*

- 1) Resumen de los totales diarios de mano de obra, maquinaria y materiales utilizados, conforme a la orden de servicio correspondiente*
- 2) Los márgenes o porcentajes autorizados por concepto de seguros, impuestos, cargas sociales, etc.*
- 3) El total por reconocer durante el mes, el total pagado en el período anterior y el total pagado a la fecha*

*Los resúmenes mensuales deberán prepararse para cada una de las órdenes de servicio que soportan trabajos por administración. A estos resúmenes, deberán adjuntarse los comprobantes correspondientes que respaldan el monto mensual por reconocer en la estimación de obra.*

### **SECCIÓN 9.03 PAGOS PARCIALES**

**A) Requisitos generales:** *en el artículo 109.06 del CR-2002, se contempla que el Ingeniero de Proyecto puede autorizar pagos parciales por fases de trabajo ejecutado de un renglón de pago. Cuando así se proceda, el ingeniero deberá asegurarse de que los materiales cumplen satisfactoriamente los requisitos del*

*contrato, o que dispone de los certificados de calidad de materiales manufacturados y que le sean satisfactorios.*

*Conforme se desarrollen las diferentes fases de un renglón de pago, el ingeniero podrá autorizar hasta un 75% del precio del renglón de pago. En el anexo 9.03 A se muestran, a manera de guía, porcentajes de ponderación que se consideran aceptables para cada unidad de trabajo (renglón de pago).*

*Estos porcentajes deben considerarse como una guía de orientación para el ingeniero de proyecto, el cual podrá modificarlos de acuerdo con las circunstancias particulares que se presenten en la ejecución de cada renglón de pago.*

*Cuando se trate de materiales manufacturados, a juicio del ingeniero podrán pagarse contra facturas canceladas o cartas de crédito, y en cada caso se exigirá la presentación de los certificados de calidad.*

**B) Comprobantes de estimación:** *para cada estimación de obra que se realice, deberán reunirse todos los comprobantes o documentos que respaldan el pago que se está autorizando. El informe de la inspección de la topografía, del laboratorio y los comprobantes de los trabajos por administración, así como el cálculo para determinación de cantidades, constituyen los documentos de soporte usuales que deben respaldar la estimación de obra. Cuando existan partidas en las que la estimación de cantidades no pueda medirse directamente, deberá tenerse especial cuidado en aplicarse el criterio más apropiado, de tal forma que la estimación de cantidades represente, tan aproximadamente como sea posible, la cantidad real de los trabajos ejecutados.*

### **SECCIÓN 9.04 TRABAJOS PREPARATORIOS**

*Cuando las circunstancias lo justifiquen o cuando así sea establecido en las especificaciones especiales, el Ingeniero de Proyecto podrá autorizar pagos por trabajos preparatorios si los solicita el Contratista.*

*Cuando se haga una estimación por este concepto, el Ingeniero de Proyecto deberá determinar, apropiadamente, la relación que el material y/o el trabajo preparatorio guarda con la partida (o monto) de la obra. La estimación no deberá exceder esa relación, independientemente del costo que el trabajo le haya representado al Contratista.*

*Generalmente, estos trabajos están relacionados con el emplazamiento de estructuras mayores (puentes), en donde se requieren trabajos preparatorios (obra falsa) costosos para erigir la estructura. Como ejemplos típicos de estos trabajos se mencionan, entre otros, los siguientes:*

- *Rellenos provisionales aguas adentro del río, o de cualquier otra condición de agua (esteros, lagunas, etc.)*
- *Pilotaje provisional para apoyar obra falsa*
- *Encierros con tablestacas para construcción de fundaciones*
- *Obras falsas importantes para construcción de superestructuras*
- *Adquisición (o alquiler) de equipos, que representa un alto componente del costo de la obra (Ej.: dragas, barcasas, grúas de gran capacidad, etc.)*

### **SECCIÓN 9.05 PAGO FINAL**

*A) Generalidades: todas las estimaciones y pagos parciales a que se refiere la sección 9.03 del presente manual, quedan sujetas a corrección en cualquier estimación posterior.*

*El pago final deberá hacerse tan pronto como sea posible, una vez finalizada y aceptada la obra por parte de la Administración. El pago final deberá estar soportado en una orden de modificación final, denominada "finiquito del contrato".*

*B) **Soportes de estimación final:** la estimación final constituye el comprobante que consigna las cantidades finales realmente ejecutadas para la liquidación del contrato. Como soporte deberán incluirse, al menos, los siguientes documentos:*

- Comprobante final (estimación final)*
- Cuadro de variación*
- Resumen de los trabajos por administración*
- Cómputo del tiempo del contrato*
- Informe de aceptación final*
- Certificación de los materiales utilizados*

*Estos documentos deberán elaborarse con base en los registros generales que se llevan durante la construcción del proyecto. En cada caso, deberán incluirse los comentarios explicativos que correspondan.*

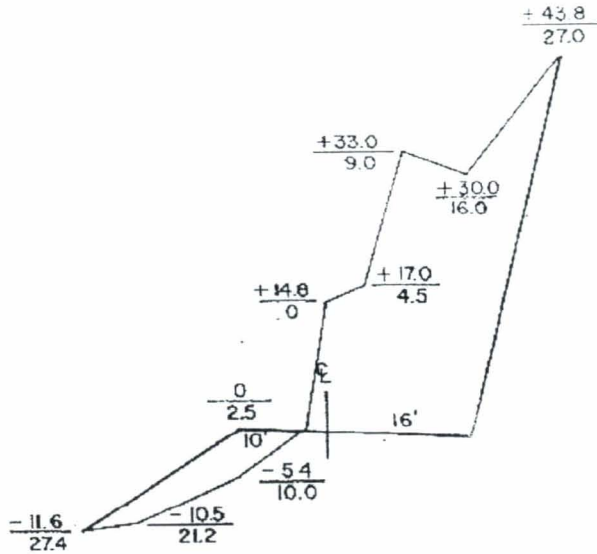
# *Anexos*

## Cifras recomendadas para el cálculo de cantidades para pago

Sección N°	Nombre de renglón de pago	Unidad	Cifra recomendada
201	Desmonte y limpieza	Ha	0,001
202	Remoción de estructuras	ml, m <sup>3</sup>	0,1
203	Excavación y terraplenado	m <sup>3</sup>	1
204	Acarreos	m <sup>3</sup> -km	1
205	Excavación para estructuras	m <sup>3</sup>	1
206	Conformación de subrasante	km.	1
207	Riego de agua	Lto	1
208	Destrucción de caminos existentes	km., m <sup>2</sup>	0,1
209	Mejoramiento de la subrasante	m <sup>2</sup>	1
301	Subbase	m <sup>3</sup>	1
302	Base de agregados triturados	m <sup>3</sup>	1
<i>Base estabilizada con cal hidratada</i>			
303 (1)	Cal hidratada	Ton.	0,01
303 (2)	Agregado para base estabilizada con cal hidratada	m <sup>3</sup>	1
<i>Base estabilizada con cemento Pórtland</i>			
304 (1)	Cemento Pórtland	Ton.	0,01
304 (2)	Agregado para base estabilizada con cemento Pórtland	m <sup>3</sup>	1
<i>Base de toba-cemento plástica</i>			
305 (1)	Base de toba-cemento plástica	m <sup>3</sup>	1
305 (2)	Sello de cura para base de toba-cemento	l	0,1
<i>Capa de base de mezcla asfáltica en caliente</i>			
306 (1)	Base de mezcla asfáltica en caliente	m <sup>3</sup>	0,1
306 (2)	Cemento asfáltico, grado .....	l	0,1
307	Agregados almacenados en apilamiento	m <sup>3</sup>	1
<i>Riego de imprimación</i>			
401 (1)	Emulsión asfáltica, tipo .....	l	0,1
401 (2)	Material de secado	m <sup>3</sup>	1
402	Riego de liga	l	0,1
403	Riego de sello (Fog Seal)	l	0,1
<i>Tratamientos superficiales bituminosos</i>			
404 (1)	Emulsión asfáltica	l	0,1
404 (2)	Agregado para tratamiento, tipo .....	m <sup>3</sup>	1
405	Lechada asfáltica, tipo .....	m <sup>2</sup>	0,01
<i>Mezcla asfáltica en caliente</i>			
406 (1)	Pavimento de hormigón en caliente	Ton.	0,01
406 (2)	Cemento asfáltico	l	0,1
<i>Pavimentos rígidos</i>			
501	Pavimento de hormigón hidráulico	m <sup>2</sup>	0,01
502	Pavimento de adoquines	m <sup>2</sup>	0,01
503	Pavimento de hormigón compactado con rodillo	m <sup>2</sup>	0,01
603	Hormigón estructural	m <sup>3</sup>	0,01
605	Acero de refuerzo	kg.	1

<i>Sección N°</i>	<i>Nombre de renglón de pago</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cifra recomendada</i>
611	<i>Barandas para puentes</i>	<i>ml</i>	<i>0,1</i>
701	<i>Tubos para alcantarillas</i>	<i>ml</i>	<i>0,1</i>
717	<i>Barreras de hormigón y guardacamino</i>	<i>ml</i>	<i>0,1</i>
721	<i>Cercas y portones</i>	<i>ml</i>	<i>1</i>
718	<i>Aceras de hormigón hidráulico</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>0,01</i>
716	<i>Cordón y cuneta</i>	<i>ml</i>	<i>0,1</i>
712	<i>Estructura de mampostería</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>0,01</i>

### CÁLCULO DEL AREA DE EXCAVACIÓN O RELLENO (POR EL MÉTODO ANALÍTICO)



ESTACIÓN 7+25

EST.	COTA	GR	IZQUIERDA	℄	DERECHA								
7+25	37.1	1622.34	0 (+)10	-11.6 (+)27.4	-10.5 (+)21.2	-5.4 (+)10.0	0 (+)2.5	+14.8 0	+17.0 (-)4.5	+33.0 (-)9.0	+30.0 (-)16.0	+43.8 (-)27.0	0 (-)16.0
			+11.2	+17.4	+18.7	+10.0	+7.0	+9.0	+11.5	+18.0	0		

## CÁLCULO PARA EL RELLENO

$$(-11.6) \times (-11.2) = +129.92$$

$$(-10.5) \times (+17.4) = -182.70$$

$$(-5.4) \times (+18.7) = -100.98$$

$$\text{SUMA ALGEBRAICA} = -153.76$$

$$\frac{153.76}{2} = 76.88 \text{ AREA DE RELLENO}$$

## CÁLCULO PARA LA EXCAVACIÓN

$$(+14.8) \times (+7.0) = +103.6$$

$$(+17.0) \times (+9.0) = +153.0$$

$$(+33.0) \times (+11.5) = +379.5$$

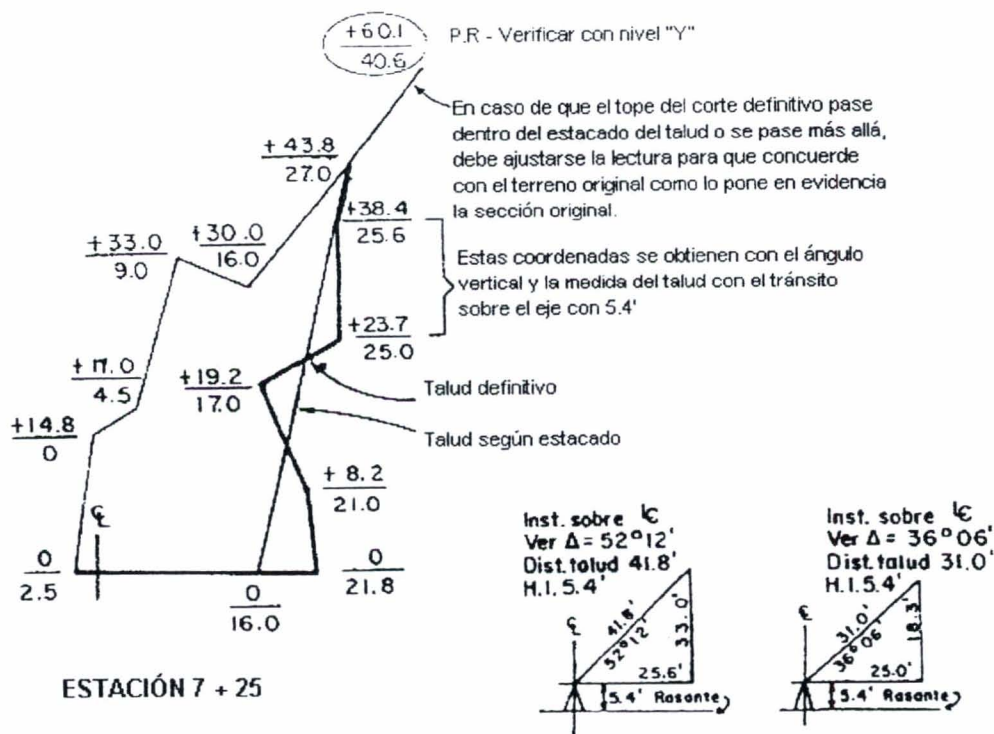
$$(+30.0) \times (+18.0) = +540.0$$

$$\text{SUMA ALGEBRAICA} = +1176.1$$

$$\frac{1176.1}{2} = 588.05 \text{ AREA DE EXCAVACION}$$

## CÁLCULO DEL AREA DE UN CORTE TRANSVERSAL VUELTO A MEDIR

(POR MEDIO DEL MÉTODO ANALÍTICO)



ESTACIÓN 7 + 25

$$\text{Sección Original} \quad \frac{0}{2.5} + \frac{14.8}{0} + \frac{17.0}{4.5} + \frac{33.0}{9.0} + \frac{30.0}{16.0} + \frac{43.8}{27.0} \frac{0}{16}$$

$$\text{Segunda Medición} \quad \frac{0}{16} + \frac{43.8}{(-)27.0} + \frac{38.4}{(-)25.6} + \frac{23.7}{(-)25.0} + \frac{19.2}{(-)17.0} + \frac{8.2}{(-)21.0} \frac{0}{(-)21.8} \frac{0}{16}$$

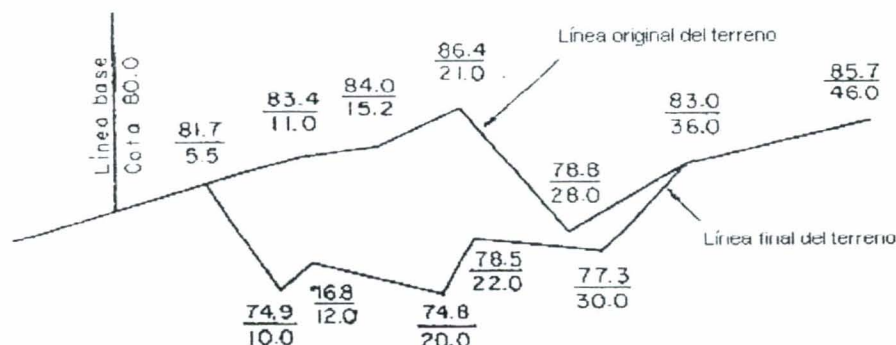
$$+ 3.6 \quad - 2.0 \quad - 8.6 \quad - 4.0 \quad + 4.8 \quad - 5.0$$

$$\begin{aligned} 16.0 \text{ de } 25.6 &= +9.6 \\ 27.0 \text{ " } 25.0 &= -2.0 \\ 25.6 \text{ " } 17.0 &= -8.6 \\ 25.0 \text{ " } 21.0 &= -4.0 \\ 17.0 \text{ " } 21.8 &= +4.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ (+9.6) \times (+43.8) = +420.48 \\ &+ (-2.0) \times (+38.4) = -76.80 \\ &+ (-8.6) \times (+23.7) = -203.82 \\ &+ (-4.0) \times (+19.2) = -76.80 \\ &+ (+4.8) \times (+8.2) = +39.36 \\ \hline &+459.84 - 357.42 = \frac{102.42}{2} = +51.21 \end{aligned}$$

### CÁLCULO DEL ÁREA DE CUALQUIER CORTE IRREGULAR (POR EL MÉTODO ANALÍTICO)

En este ejemplo se hacen los cálculos usando auténticas cotas de terreno real.



Las lecturas están en la dirección de las manecillas del reloj en derredor de la figura, comenzando y terminando en el mismo punto. Nótese que este punto se refiere verticalmente a la cota de la base (0.0) y que esta lectura 0.0 también se repite, entonces:

80.0	0.0	81.7	83.4	84.0	86.4	78.8	83.0	77.3	78.5	74.8	76.8	74.9	81.7	0.0
0.0	5.5	5.5	11.0	15.2	21.0	28.0	36.0	30.0	22.0	20.0	12.0	10.0	5.5	5.5

No son necesarios los signos más y menos mientras la figura quede por completo de un lado de las líneas base, empero, la diferencia algebraica es esencial en el siguiente cálculo. Es preciso considerar cuidadosamente los signos.

81.7 x (-5.5 + 11.0)	= +	449.35
83.4 x (-5.5 + 15.2)	= +	808.98
84.0 x (-11.0 + 21.0)	= +	840.00
86.4 x (-15.2 + 28.0)	= +	1,105.92
78.8 x (-21.0 + 36.0)	= +	1,182.00
83.0 x (-28.0 + 30.0)	= +	166.00
77.3 x (-36.0 + 22.0)	= -	1,082.20
78.5 x (-30.0 + 20.0)	= -	785.00
74.8 x (-22.0 + 2.0)	= -	748.00
76.8 x (-20.0 + 10.0)	= -	768.00
74.9 x (-12.0 + 5.5)	= -	486.86
81.7 x (-10.0 + 5.5)	= -	367.65
Doble del área	= +	314.55
Área	=	157.28

### **Guía para pruebas de pesaje en el campo con plataforma .**

Tal como se dispone en el artículo 109.02 del CR-2002 y en la sección 9.01 E) de este manual, es necesario que los aparatos pesadores se revisen, prueben y sellen tantas veces como el ingeniero lo considere necesario para que se asegure su constante exactitud; el ingeniero puede permitir el uso de estos aparatos, durante un período razonable, antes de ser sellados, siempre que las pruebas de campo indiquen que constantemente están dentro de los límites de precisión especificados (0.5 por ciento para cualquier lectura). Las instrucciones que siguen, con los esquemas a ellas adjuntos, serán útiles al Ingeniero de Proyecto para realizar las determinaciones de pesaje en el campo con básculas de plataforma.

#### **Comprobaciones de la instalación de pesaje:**

- 1) Compruébese la capacidad indicada por el fabricante de la báscula respecto a la capacidad para acomodar las cargas más pesadas que hayan que pesarse.
- 2) Compruébese el ancho, la profundidad, el drenaje y la capacidad de los cimientos, para evitar asentamientos indebidos y pesajes erróneos (véanse los esquemas de la figura 2).
- 3) Compruébese la colocación del entramado (véanse los esquemas de la figura 2).
- 4) Revítese la integridad de la báscula, para detectar piezas rotas, filos desgastados de las cuchillas, fricción en los bordes de la plataforma o de las piezas móviles, etc. Ordénese al Contratista, si fuere necesario, corregir los defectos de funcionamiento.
- 5) Compruébese la altura de la plataforma después de instalada y posteriormente a intervalos frecuentes, para asegurarse de que la báscula esté horizontal.
- 6) Compruébese la palanca transversal (que algunas veces se llama quinta palanca), para cerciorarse de que esté horizontal, cuando no hay peso alguno en la plataforma de la báscula (véanse los esquemas de la figura 1).
- 7) Compruébese la pesa corredora para que la uña (la pieza que desprende la pesa de las muescas del brazo o romana) esté funcionando perfectamente. (Cuando está encajada, la uña debe asentarse firmemente en las muescas del brazo, sin movimiento lateral alguno de la pesa). (Véanse los esquemas de la figura 1).
- 8) Compruébese la varilla de la romana (que une la palanca transversal con el brazo por medio de una abrazadera), para verificar que esté a plomo (véanse los esquemas de la figura 1).

### **Nivelación:**

Cuando la báscula está nivelada, el brazo o romana debe oscilar libremente y por igual, equidistante de la parte alta y el fondo del anillo de retén. También, el desplazamiento de la pesa en dos de las divisiones más pequeñas del brazo, a partir de la posición cero, hará que el brazo descanse en el fondo del anillo de retén. Para comprobar la nivelación, se recomiendan los pasos siguientes:

- 1) Conéctese la varilla de la romana al brazo o romana y a la palanca transversal.
- 2) Pónganse en cero todos los indicadores del brazo o romana.
- 3) Pónganse contrapesos en los puntos especificados por el fabricante.
- 4) Suéltese el mecanismo accionador del anillo de retén.
- 5) Aplíquese un ligero empuje al brazo. Si el brazo no oscila libremente y por igual en el anillo de retén, ajústese la barra niveladora.
- 6) Si el brazo sigue sin oscilar libremente y por igual en el anillo de retén, revisense los demás puntos indicados en la lista de comprobación de la instalación, con el fin de identificar la causa.

### **Pruebas de sección:**

**Generalidades:** deben efectuarse comprobaciones de la instalación y nivelación, y deben corregirse todas las fallas y todos los defectos de funcionamiento, antes de pasar a realizar las pruebas de sección.

Una sección es un tubo de aproximadamente 6 pulgadas (15 cm) de diámetro, que abarca todo el ancho de la báscula. En una unidad de báscula hay, cuando menos, dos secciones. El esquema de la figura 3 presenta la posición correcta del vehículo transportador en la plataforma de la báscula, para las pruebas de sección.

El vehículo que se utilice en las pruebas de sección, deberá ser del tipo y capacidad de los que se utilicen en el proyecto.

*Cuando el Contratista utilice más de un tipo de vehículo, se empleará para la prueba el vehículo de mayor capacidad. La carga de trabajo para la prueba deberá ser lo más aproximada posible a la capacidad que el Contratista se propone transportar.*

*El viento surte efectos desfavorables en la precisión de la prueba de sección. Por este motivo, las pruebas de sección tienen que llevarse a cabo cuando las condiciones de viento son favorables.*

*Es importante llevar un registro del proyecto, que documente todas las pruebas de sección que se realicen. En la figura 4, se presenta un formato adecuado para estos registros.*

*Las pruebas de sección se dividen en dos partes: pruebas de tensión de carga y pruebas de precisión de la báscula.*

#### **1) Prueba de tensión de carga:**

*La prueba de tensión de carga se lleva a cabo con el vehículo cargado colocado en distintas posiciones sobre la báscula, tal como lo indica la figura 3. Los pesos obtenidos en cada una de las posiciones de la prueba deberán anotarse, y se compararán para determinar si cada una de las secciones queda dentro de la variación permisible del 0,5 por ciento (5 kilogramos por 1.000 kilogramos) (véase la figura 4).*

*Si las pesadas de la prueba discrepan en más de 5 unidades por cada 1.000 unidades, se le ordenará al Contratista efectuar los ajustes necesarios. En este caso, deberá repetirse la prueba de tensión de carga. Antes de pasar a la prueba de precisión de la báscula, tienen que quedar atendidos los requisitos de la prueba de tensión de carga.*

## 2) Prueba de precisión de la báscula:

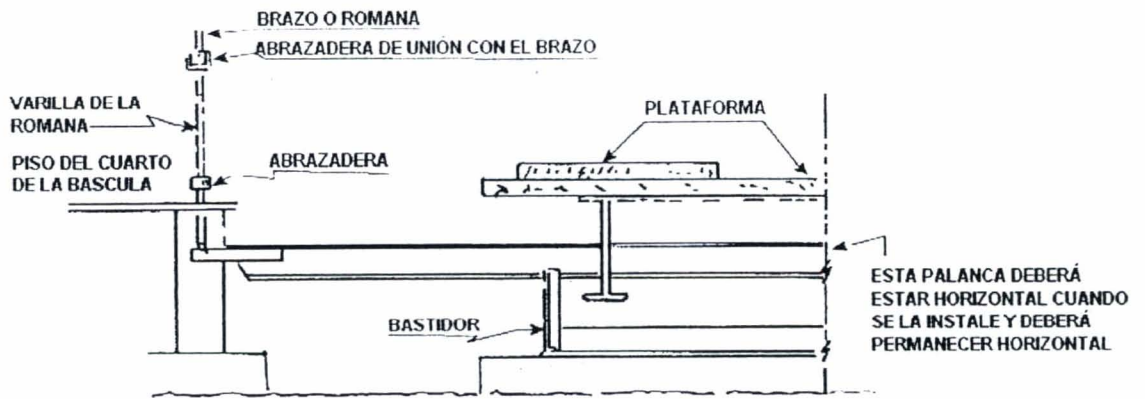
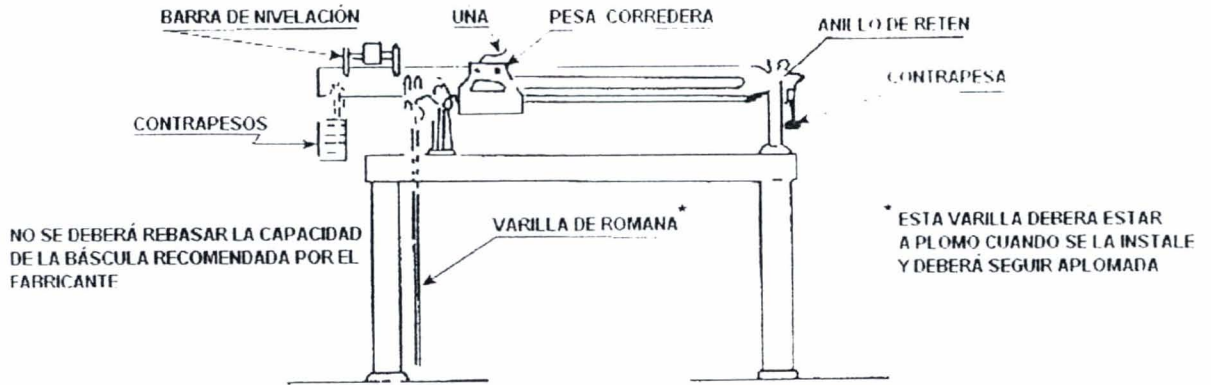
Para esta prueba, se utilizarán las pesas estándares de 25 kilos proporcionadas por el Contratista.

### **Fase A:**

- 1.- Efectuar una nueva comprobación de la nivelación de la báscula
- 2.- Situar la pesa corredera a 250 kilos
- 3.- Colocar 10 pesas estándares de 25 kilos en cualquier punto de la plataforma y de la báscula
- 4.- Soltar el mecanismo sujetador del anillo de retén. Si el brazo no oscila a una distancia igual de la parte alta y del fondo del anillo de retén, se solicitará al Contratista que realice los ajustes necesarios.
- 5.- Repetir los pasos 1 a 4, ambos inclusive, si hubiera necesidad de ajustes. Si no son necesarios, pasar a la fase B.

### **Fase B:**

- 1.- Pesar el mismo vehículo cargado que se utilizó en la prueba de tensión de carga, colocándolo sobre la báscula en las distintas posiciones indicadas en la figura 3.
- 2.- Añadir a la carga las 10 pesas estándares de 25 kilos, y efectuar una nueva pesada con el vehículo ocupando, en la plataforma de la báscula, las mismas posiciones indicadas en el punto anterior (1). Si la báscula funciona debidamente, cada pesada indicará 250 kilos más que las leídas en el punto 1.
- 3.- Repetir las fases A y B si hay necesidad de ajustes.

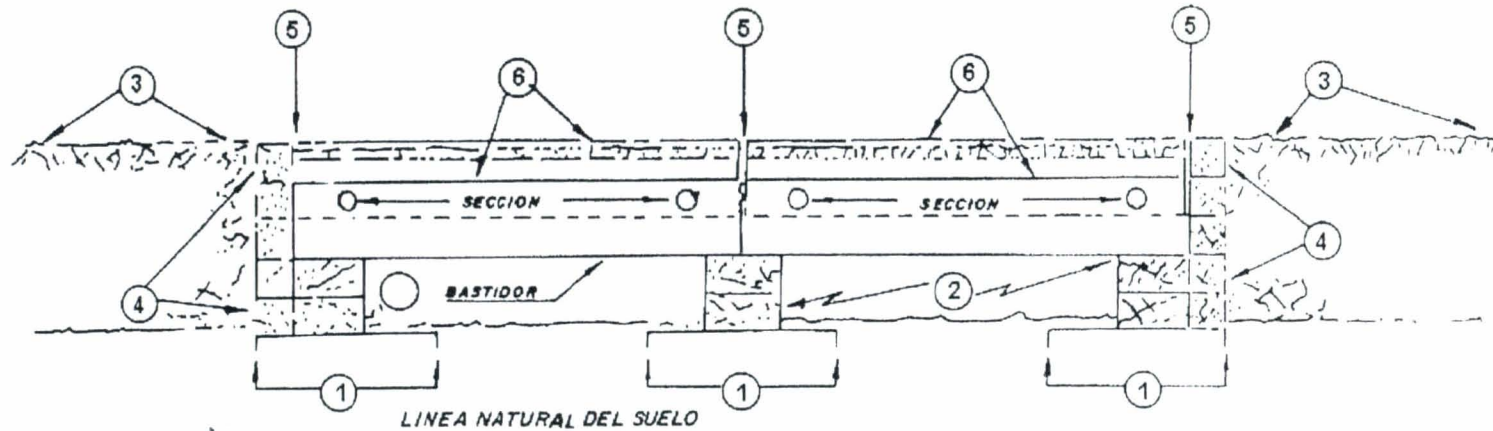
**BRAZO Y PILÓN DE LA ROMANA****CIMENTOS**

LOS CIMENTOS DEBERÁN PROPORCIONAR SOSTÉN Y SOPORTE ADECUADOS PARA QUE EVITEN EL ASENTAMIENTO INDEBIDO DE LA BÁSCULA PARA QUE SE ELIMINEN LAS POSIBILIDADES DE MAL FUNCIONAMIENTO LA BÁSCULA DEBERÁ CONSERVARSE PERFECTAMENTE HORIZONTAL

**CORTE EN ALZADO**

Esquema N° 1

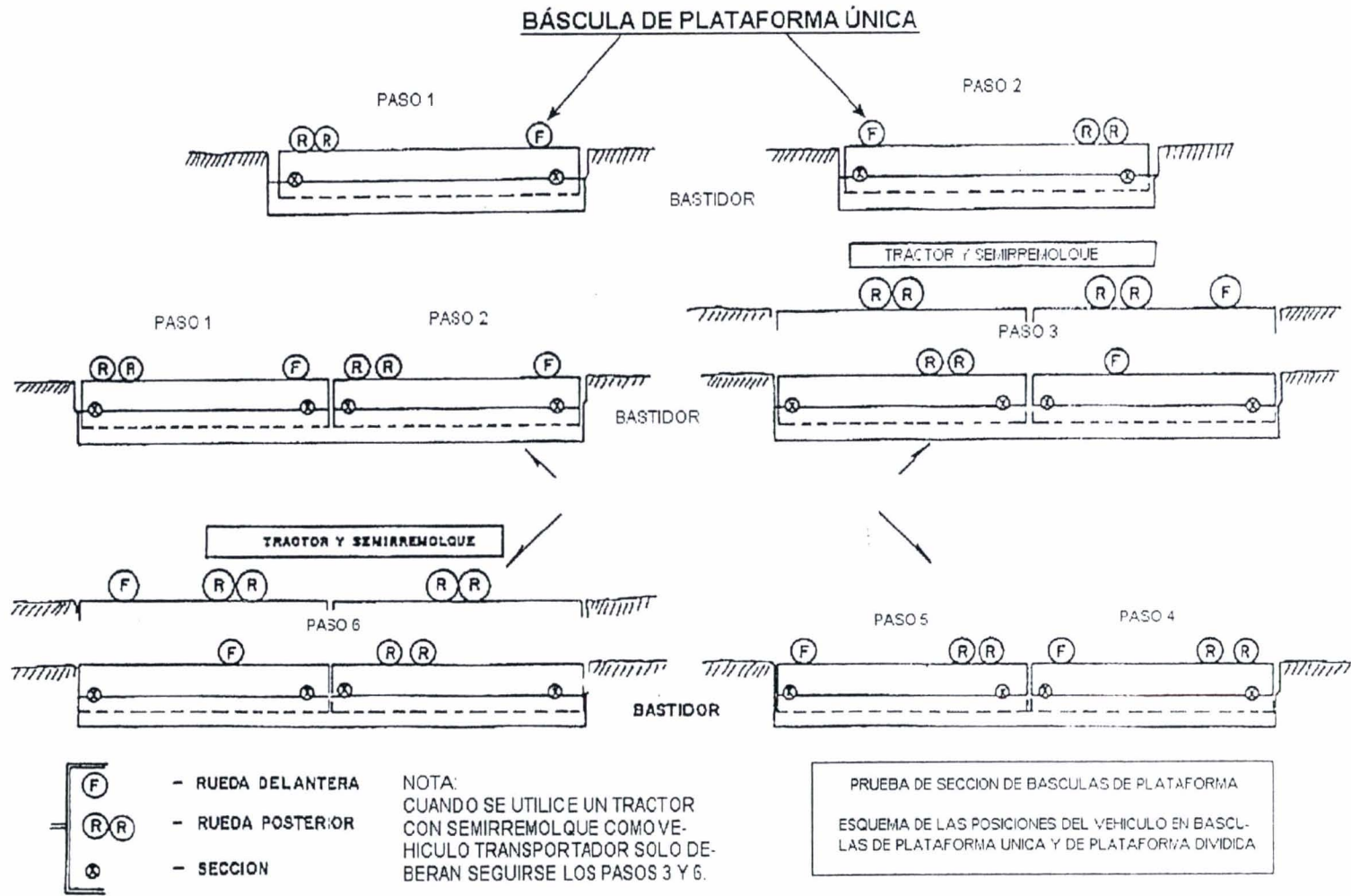
**BÁSCULAS DE PLATAFORMA  
PUNTOS DE COMPROBACIÓN PARA EL  
DEBIDO FUNCIONAMIENTO DE LA BÁSCULA**



- ① LOS CIMIENTOS HAN DE TENER EL ANCHO SUFICIENTE PARA LAS CONDICIONES DEL SUELO EN QUE SE APOYE. EL SUELO DE APOYO DEBERÁ SER BIEN APISONADO O COMPACTADO.
- ② ENTRANDO (ENTIBADO) QUE SE COLOCARÁ TAL COMO LO HAYA RECOMENDADO EL FABRICANTE EL ENTRAMADO MAL COLOCADO PUEDE SER CAUSA DE MAL FUNCIONAMIENTO Y DESGASTE EXCESIVO DE LA BÁSCULA.

- ③ LAS RAMPAS DE ACCESO HAN DE SER HORIZONTALES EN UNA LONGITUD APROXIMADA DE (2.5 A 3.6 m)
- ④ MURO DE CONTENCIÓN
- ⑤ COMPRUÉBESE QUE NO HAYA GRAVILLA CAIDA EN ESTOS INTERSTICIOS
- ⑥ LA BÁSCULA DEBERÁ INSTALARSE PERFECTAMENTE HORIZONTAL Y DEBERÁ CONSERVÁRSELA ASÍ

Esquema N° 2



Esquema N° 3

**PRUEBA DE SECCIÓN**

**Báscula: Howe (o similar) de 25 toneladas y unidades múltiples  
(2 unidades) para camiones**

	<i>Paso 1</i>	<i>Paso 2</i>	<i>Paso 3</i>	<i>Paso 4</i>	<i>Paso 5</i>	<i>Paso 6</i>
<b>Prueba N°1 de tensión de carga</b>	30.075	30.200	30.150	30.250	30.015	30.200
	<i>Nota: La Prueba N° 1 no resultó aceptable; el Contratista revisó la báscula y encontró que una unidad estaba desajustada; se reajustó para otra prueba de tensión de carga.</i>					
<b>Prueba N° 2 de tensión de carga</b>	30.075	30.100	30.085	30.100	30.075	30.085
	<i>La prueba N° 2 resultó aceptable</i> <i>Variación máxima: 30.100-30.075 25 kilos</i> <i>Variación permisible: 30.075 x 0,5 150 kilos</i>					

**PRUEBA DE PRECISIÓN DE LA BÁSCULA**

	<i>Paso 1</i>	<i>Paso 2</i>	<i>Paso 3</i>	<i>Paso 4</i>	<i>Paso 5</i>	<i>Paso 6</i>
<b>Fase A</b>	<i>La báscula indicaba pesos menores a los reales: 500 kilos daban una pesada de 450 kilos. Se le hicieron ajustes y se comprobó de nuevo con pesadas de 500 kilos que ahora resultaron correctas.</i>					
<b>Fase B</b>	30.375	30.400	30.085	30.400	30.375	30.385
<b>Adición de un peso conocido (250 kilos)</b>	30.625	30.650	30.635	30.650	30.625	30.635

*Las pruebas indican, que, en esta fecha, la báscula está dentro de las tolerancias permisibles.*

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Ingeniero de Proyecto:** \_\_\_\_\_

*Nota: Esta información deberá incluirse en los registros permanentes del proyecto*

ANEXO 9.01 D  
TABLAS DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60°F A,B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60°F A,B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60°F A,B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60°F A,B	
	A	B		A	B		A	B		A	B
0	1.0211	1.0241	75	0.9948	0.9940	150	0.9689	0.9647	225	0.9436	0.9361
1	1.0208	1.0237	76	0.9944	0.9936	151	0.9686	0.9643	226	0.9432	0.9358
2	1.0204	1.0204	77	0.9941	0.9932	152	0.9682	0.9639	227	0.9429	0.9354
3	1.0201	1.0229	78	0.9937	0.9929	153	0.9679	0.9635	228	0.9426	0.935
4	1.0197	1.0225	79	0.9934	0.9925	154	0.9675	0.9632	229	0.9422	0.9346
5	1.0194	1.0221	80	0.9930	0.9921	155	0.9672	0.9628	230	0.9419	0.9343
6	1.0190	1.0217	81	0.9927	0.9917	156	0.9669	0.9624	231	0.9416	0.9339
7	1.0186	1.0213	82	0.9923	0.9913	157	0.9665	0.9620	232	0.9412	0.9335
8	1.0183	1.0209	83	0.9920	0.9909	158	0.9662	0.9616	233	0.9409	0.9331
9	1.0179	1.0205	84	0.9916	0.9905	159	0.9658	0.9612	234	0.9405	0.9328
10	1.0176	1.0201	85	0.9913	0.9901	160	0.9655	0.9609	235	0.9402	0.9324
11	1.0172	1.0197	86	0.9909	0.9897	161	0.9652	0.9605	236	0.9399	0.932
12	1.0169	1.0193	87	0.9906	0.9893	162	0.9648	0.9601	237	0.9395	0.9316
13	1.0165	1.0189	88	0.9902	0.9889	163	0.9645	0.9597	238	0.9392	0.9313
14	1.0162	1.0185	89	0.9899	0.9885	164	0.9641	0.9593	239	0.9389	0.9309
15	1.0158	1.0181	90	0.9896	0.9881	165	0.9638	0.9589	240	0.9385	0.9305
16	1.0155	1.0177	91	0.9892	0.9877	166	0.9635	0.9585	241	0.9382	0.9301
17	1.0151	1.0173	92	0.9889	0.9873	167	0.9631	0.9582	242	0.9379	0.9298
18	1.0148	1.0168	93	0.9885	0.9869	168	0.9628	0.9578	243	0.9375	0.9294
19	1.0144	1.0164	94	0.9882	0.9865	169	0.9624	0.9574	244	0.9372	0.929
20	1.0141	1.0160	95	0.9878	0.9861	170	0.9621	0.9570	245	0.9369	0.9286
21	1.0137	1.0156	96	0.9875	0.9857	171	0.9618	0.9566	246	0.9365	0.9283
22	1.0133	1.0152	97	0.9871	0.9854	172	0.9614	0.9562	247	0.9362	0.9279
23	1.0130	1.0148	98	0.9868	0.9850	173	0.9611	0.9559	248	0.9359	0.9275
24	1.0126	1.0144	99	0.9864	0.9846	174	0.9607	0.9555	249	0.9356	0.9272
25	1.0123	1.0140	100	0.9861	0.9842	175	0.9604	0.9551	250	0.9352	0.9268
26	1.0119	1.0136	101	0.9857	0.9838	176	0.9601	0.9547	251	0.9349	0.9264
27	1.0116	1.0132	102	0.9854	0.9834	177	0.9597	0.9543	252	0.9346	0.926
28	1.0112	1.0128	103	0.9851	0.9830	178	0.9594	0.9539	253	0.9342	0.9257
29	1.0109	1.0124	104	0.9847	0.9826	179	0.9590	0.9536	254	0.9339	0.9253
30	1.0105	1.0120	105	0.9844	0.9822	180	0.9587	0.9532	255	0.9336	0.9249
31	1.0102	1.0116	106	0.9840	0.9818	181	0.9584	0.9528	256	0.9332	0.9245
32	1.0098	1.0112	107	0.9837	0.9814	182	0.9580	0.9524	257	0.9329	0.9242
33	1.0095	1.0108	108	0.9833	0.9810	183	0.9577	0.9520	258	0.9326	0.9238
34	1.0091	1.0104	109	0.9830	0.9806	184	0.9574	0.9517	259	0.9322	0.9234
35	1.0088	1.0100	110	0.9826	0.9803	185	0.9570	0.9513	260	0.9319	0.9231
36	1.0084	1.0096	111	0.9823	0.9799	186	0.9567	0.9509	261	0.9316	0.9227
37	1.0081	1.0092	112	0.9819	0.9795	187	0.9563	0.9505	262	0.9312	0.9223
38	1.0077	1.0088	113	0.9816	0.9791	188	0.9560	0.9501	263	0.9309	0.9219
39	1.0074	1.0084	114	0.9813	0.9787	189	0.9557	0.9498	264	0.9306	0.9216
40	1.0070	1.0080	115	0.9809	0.9783	190	0.9553	0.9494	265	0.9302	0.9212
41	1.0067	1.0076	116	0.9806	0.9779	191	0.9550	0.9490	266	0.9299	0.9208
42	1.0063	1.0072	117	0.9802	0.9775	192	0.9547	0.9486	267	0.9296	0.9205
43	1.0060	1.0068	118	0.9799	0.9771	193	0.9543	0.9482	268	0.9293	0.9201
44	1.0056	1.0064	119	0.9795	0.9767	194	0.9540	0.9478	269	0.9289	0.9197
45	1.0053	1.0060	120	0.9792	0.9763	195	0.9536	0.9475	270	0.9286	0.9194
46	1.0040	1.0056	121	0.9788	0.9760	196	0.9533	0.9471	271	0.9283	0.919
47	1.0046	1.0052	122	0.9785	0.9756	197	0.9530	0.9467	272	0.9279	0.9186
48	1.0042	1.0048	123	0.9782	0.9752	198	0.9526	0.9463	273	0.9276	0.9182
49	1.0038	1.0044	124	0.9778	0.9748	199	0.9523	0.9460	274	0.9273	0.9179
50	1.0035	1.0040	125	0.9775	0.9744	200	0.9520	0.9456	275	0.9269	0.9175
51	1.0031	1.0036	126	0.9771	0.9740	201	0.9516	0.9452	276	0.9266	0.9171
52	1.0028	1.0032	127	0.9768	0.9736	202	0.9513	0.9448	277	0.9263	0.9168
53	1.0024	1.0028	128	0.9764	0.9732	203	0.9509	0.9444	278	0.9259	0.9164
54	1.0021	1.0024	129	0.9761	0.9728	204	0.9506	0.9441	279	0.9256	0.916
55	1.0017	1.0020	130	0.9758	0.9725	205	0.9503	0.9437	280	0.9253	0.9157
56	1.0014	1.0016	131	0.9754	0.9721	206	0.9499	0.9433	281	0.925	0.9153
57	1.0010	1.0012	132	0.9751	0.9717	207	0.9496	0.9429	282	0.9246	0.9149
58	1.0007	1.0008	133	0.9747	0.9713	208	0.9493	0.9425	283	0.9243	0.9146
59	1.0003	1.0004	134	0.9744	0.9709	209	0.9489	0.9422	284	0.924	0.9142
60	1.0000	1.0000	135	0.9740	0.9705	210	0.9486	0.9418	285	0.9236	0.9138
61	0.9997	0.9996	136	0.9737	0.9701	211	0.9483	0.9414	286	0.9233	0.9135
62	0.9993	0.9992	137	0.9734	0.9697	212	0.9479	0.9410	287	0.923	0.9131
63	0.9990	0.9988	138	0.9730	0.9693	213	0.9476	0.9407	288	0.9227	0.9127
64	0.9986	0.9984	139	0.9727	0.9690	214	0.9472	0.9403	289	0.9223	0.9124
65	0.9983	0.9980	140	0.9723	0.9686	215	0.9469	0.9399	290	0.922	0.912
66	0.9979	0.9976	141	0.9720	0.9682	216	0.9466	0.9395	291	0.9217	0.9116
67	0.9976	0.9972	142	0.9716	0.9678	217	0.9462	0.9391	292	0.9213	0.9113
68	0.9972	0.9968	143	0.9713	0.9674	218	0.9459	0.9388	293	0.921	0.9109
69	0.9969	0.9964	144	0.9710	0.9670	219	0.9456	0.9384	294	0.9207	0.9105
70	0.9965	0.9960	145	0.9706	0.9666	220	0.9452	0.9380	295	0.9204	0.9102
71	0.9962	0.9956	146	0.9703	0.9662	221	0.9449	0.9376	296	0.92	0.9098
72	0.9958	0.9952	147	0.9699	0.9659	222	0.9446	0.9373	297	0.9197	0.9094
73	0.9955	0.9948	148	0.9696	0.9655	223	0.9442	0.9369	298	0.9194	0.9091
74	0.9951	0.9944	149	0.9693	0.9651	224	0.9439	0.9365	299	0.919	0.9087

<sup>A</sup> Use factores de la columna A para asfaltos con densidad API de 14.9° o menor, a 60°F, o con un peso específico 60/60°F de 0.967 o mayor.

<sup>B</sup> Use factores de la columna B para asfaltos con densidades API de 15° a 34.9°, a 60°F, o con un peso específico 60/60°F de 0.850 a 0.966.

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60° F A, B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60° F A, B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60° F A, B		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 60° F A, B	
	A	B		A	B		A	B		A	B
300	0.9187	0.9083	350	0.9024	0.8902	400	0.8864	0.8724	450	0.8705	0.855
301	0.9184	0.9080	351	0.9021	0.8899	401	0.8861	0.8721	451	0.8702	0.8347
302	0.9181	0.9076	352	0.9018	0.8895	402	0.8857	0.8717	452	0.8699	0.8543
303	0.9177	0.9072	353	0.9015	0.8891	403	0.8854	0.8714	453	0.8696	0.854
304	0.9174	0.9069	354	0.9011	0.8888	404	0.8851	0.8710	454	0.8693	0.8536
305	0.9171	0.9065	355	0.9008	0.8884	405	0.8848	0.8707	455	0.869	0.8533
306	0.9167	0.9061	356	0.9005	0.8881	406	0.8845	0.8703	456	0.8687	0.8529
307	0.9164	0.9058	357	0.9002	0.8877	407	0.8841	0.8700	457	0.8683	0.8526
308	0.9161	0.9054	358	0.8998	0.8873	408	0.8838	0.8696	458	0.868	0.8522
309	0.9158	0.9050	359	0.8995	0.8870	409	0.8835	0.8693	459	0.8677	0.8519
310	0.9154	0.9047	360	0.8992	0.8866	410	0.8832	0.8689	460	0.8674	0.8516
311	0.9151	0.9043	361	0.8989	0.8863	411	0.8829	0.8686	461	0.8671	0.8512
312	0.9148	0.9039	362	0.8986	0.8859	412	0.8826	0.8682	462	0.8668	0.8509
313	0.9145	0.9036	363	0.8982	0.8856	413	0.8822	0.8679	463	0.8665	0.8505
314	0.9141	0.9032	364	0.8979	0.8852	414	0.8819	0.8675	464	0.8661	0.8502
315	0.9138	0.9029	365	0.8976	0.8848	415	0.8816	0.8672	465	0.8658	0.8498
316	0.9135	0.9025	366	0.8973	0.8845	416	0.8813	0.8668	466	0.8655	0.8495
317	0.9132	0.9021	367	0.8969	0.8841	417	0.8810	0.8665	467	0.8652	0.8492
318	0.9128	0.9018	368	0.8966	0.8838	418	0.8806	0.8661	468	0.8649	0.8488
319	0.9125	0.9014	369	0.8963	0.8834	419	0.8803	0.8658	469	0.8646	0.8485
320	0.9122	0.9010	370	0.8960	0.8831	420	0.8800	0.8654	470	0.8643	0.8481
321	0.9118	0.9007	371	0.8957	0.8827	421	0.8797	0.8651	471	0.864	0.8478
322	0.9115	0.9003	372	0.8953	0.8823	422	0.8794	0.8647	472	0.8636	0.8474
323	0.9112	0.9000	373	0.8950	0.8820	423	0.8791	0.8644	473	0.8633	0.8471
324	0.9109	0.8996	374	0.8947	0.8816	424	0.8787	0.8640	474	0.863	0.8468
325	0.9105	0.8992	375	0.8944	0.8813	425	0.8784	0.8637	475	0.8627	0.8464
326	0.9102	0.8989	376	0.8941	0.8809	426	0.8781	0.8633	476	0.8624	0.8461
327	0.9099	0.8985	377	0.8937	0.8806	427	0.8778	0.8630	477	0.8621	0.8457
328	0.9096	0.8981	378	0.8934	0.8802	428	0.8775	0.8626	478	0.8618	0.8454
329	0.9092	0.8978	379	0.8931	0.8799	429	0.8772	0.8623	479	0.8615	0.8451
330	0.9089	0.8974	380	0.8928	0.8795	430	0.8768	0.8619	480	0.8611	0.8447
331	0.9086	0.8971	381	0.8924	0.8792	431	0.8765	0.8616	481	0.8608	0.8444
332	0.9083	0.8967	382	0.8921	0.8788	432	0.8762	0.8612	482	0.8605	0.844
333	0.9079	0.8963	383	0.8918	0.8784	433	0.8759	0.8609	483	0.8602	0.8437
334	0.9076	0.8960	384	0.8915	0.8781	434	0.8756	0.8605	484	0.8599	0.8433
335	0.9073	0.8956	385	0.8912	0.8777	435	0.8753	0.8602	485	0.8596	0.843
336	0.9070	0.8952	386	0.8908	0.8774	436	0.8749	0.8599	486	0.8593	0.8427
337	0.9066	0.8949	387	0.8905	0.8770	437	0.8746	0.8595	487	0.859	0.8423
338	0.9063	0.8945	388	0.8902	0.8767	438	0.8743	0.8592	488	0.8587	0.842
339	0.9060	0.8942	389	0.8899	0.8763	439	0.8740	0.8588	489	0.8583	0.8416
340	0.9057	0.8938	390	0.8896	0.8760	440	0.8737	0.8585	490	0.858	0.8413
341	0.9053	0.8934	391	0.8892	0.8756	441	0.8734	0.8581	491	-0.8577	0.841
342	0.9050	0.8931	392	0.8889	0.8753	442	0.8731	0.8576	492	0.8574	0.8406
343	0.9047	0.8927	393	0.8886	0.8749	443	0.8727	0.8574	493	0.8571	0.8403
344	0.9044	0.8924	394	0.8883	0.8746	444	0.8724	0.8571	494	0.8568	0.8399
345	0.9040	0.8920	395	0.8880	0.8742	445	0.8721	0.8567	495	0.8565	0.8396
346	0.9037	0.8916	396	0.8876	0.8738	446	0.8718	0.8564	496	0.8562	0.8393
347	0.9034	0.8913	397	0.8873	0.8735	447	0.8715	0.8560	497	0.8559	0.8389
348	0.9031	0.8909	398	0.8870	0.8731	448	0.8712	0.8557	498	0.8556	0.8386
349	0.9028	0.8906	399	0.8867	0.8728	449	0.8709	0.8554	499	0.8552	0.8383
									500	0.8549	0.8379

<sup>A</sup> Use factores de la columna A para asfaltos con densidad API de 14.9° o menor, a 60°F, o con un peso específico 60/60°F de 0.967 o mayor.

<sup>B</sup> Use factores de la columna B para asfaltos con densidades API de 15° a 34.9°, a 60°F, o con un peso específico 60/60°F de 0.850 a 0.966.

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C.D.</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C.D.</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C.D.</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C.D.</sup>	
	A	B		A	B		A	B		A	B
125.0	0.9326	0.9238	162.5	0.9104	0.8991	200.0	0.8886	0.8749	237.5	0.8673	0.8514
125.5	0.9323	0.9235	163.0	0.9101	0.8987	200.5	0.8883	0.8746	238.0	0.8670	0.8510
126.0	0.9320	0.9231	163.5	0.9098	0.8984	201.0	0.8880	0.8743	238.5	0.8667	0.8507
126.5	0.9317	0.9228	164.0	0.9095	0.8981	201.5	0.8877	0.8739	239.0	0.8664	0.8504
127.0	0.9314	0.9225	164.5	0.9092	0.8977	202.0	0.8874	0.8736	239.5	0.8661	0.8501
127.5	0.9311	0.9222	165.0	0.9089	0.8974	202.5	0.8872	0.8733	240.0	0.8658	0.8498
128.0	0.9308	0.9218	165.5	0.9086	0.8971	203.0	0.8869	0.8730	240.5	0.8655	0.8495
128.5	0.9305	0.9215	166.0	0.9083	0.8968	203.5	0.8866	0.8727	241.0	0.8652	0.8492
129.0	0.9302	0.9212	166.5	0.9080	0.8964	204.0	0.8863	0.8723	241.5	0.8650	0.8489
129.5	0.9299	0.9208	167.0	0.9077	0.8961	204.5	0.8860	0.8720	242.0	0.8647	0.8486
130.0	0.9296	0.9205	167.5	0.9075	0.8958	205.0	0.8857	0.8717	242.5	0.8644	0.8483
130.5	0.9293	0.9202	168.0	0.9072	0.8955	205.5	0.8854	0.8714	243.0	0.8641	0.8440
131.0	0.9290	0.9198	168.5	0.9069	0.8952	206.0	0.8851	0.8711	243.5	0.8638	0.8477
131.5	0.9287	0.9195	169.0	0.9066	0.8948	206.5	0.8848	0.8708	244.0	0.8636	0.8474
132.0	0.9284	0.9191	169.5	0.9063	0.8945	207.0	0.8846	0.8705	244.5	0.8633	0.8471
132.5	0.9281	0.9188	170.0	0.9060	0.8942	207.5	0.8843	0.8702	245.0	0.8630	0.8468
133.0	0.9278	0.9185	170.5	0.9057	0.8939	208.0	0.8840	0.8698	245.5	0.8627	0.8465
133.5	0.9275	0.9181	171.0	0.9054	0.8935	208.5	0.8837	0.8695	246.0	0.8624	0.8462
134.0	0.9272	0.9178	171.5	0.9051	0.8932	209.0	0.8835	0.8692	246.5	0.8622	0.8459
134.5	0.9269	0.9174	172.0	0.9048	0.8929	209.5	0.8832	0.8689	247.0	0.8619	0.8456
135.0	0.9266	0.9171	172.5	0.9046	0.8926	210.0	0.8829	0.8686	247.5	0.8616	0.8453
135.5	0.9263	0.9168	173.0	0.9043	0.8922	210.5	0.8826	0.8683	248.0	0.8613	0.8449
136.0	0.9260	0.9164	173.5	0.9040	0.8919	211.0	0.8823	0.8680	248.5	0.8610	0.8446
136.5	0.9257	0.9161	174.0	0.9037	0.8916	211.5	0.8820	0.8676	249.0	0.8608	0.8443
137.0	0.9254	0.9158	174.5	0.9034	0.8912	212.0	0.8817	0.8673	249.5	0.8605	0.8440
137.5	0.9251	0.9155	175.0	0.9031	0.8909	212.5	0.8815	0.8670	250.0	0.8602	0.8437
138.0	0.9248	0.9151	175.5	0.9028	0.8906	213.0	0.8812	0.8667	250.5	0.8599	0.8434
138.5	0.9246	0.9148	176.0	0.9025	0.8903	213.5	0.8809	0.8664	251.0	0.8596	0.8431
139.0	0.9242	0.9145	176.5	0.9022	0.8899	214.0	0.8806	0.8660	251.5	0.8594	0.8428
139.5	0.9239	0.9141	177.0	0.9019	0.8896	214.5	0.8803	0.8657	252.0	0.8591	0.8425
140.0	0.9236	0.9138	177.5	0.9017	0.8893	215.0	0.8800	0.8654	252.5	0.8588	0.8422
140.5	0.9233	0.9135	178.0	0.9014	0.8890	215.5	0.8797	0.8651	253.0	0.8585	0.8416
141.0	0.9230	0.9131	178.5	0.9011	0.8887	216.0	0.8794	0.8648	253.5	0.8582	0.8415
141.5	0.9227	0.9128	179.0	0.9008	0.8883	216.5	0.8792	0.8645	254.0	0.8580	0.8412
142.0	0.9224	0.9125	179.5	0.9005	0.8880	217.0	0.8789	0.8642	254.5	0.8577	0.8409
142.5	0.9222	0.9122	180.0	0.9002	0.8877	217.5	0.8786	0.8639	255.0	0.8574	0.8406
143.0	0.9219	0.9118	180.5	0.8999	0.8874	218.0	0.8783	0.8635	255.5	0.8571	0.8403
143.5	0.9216	0.9115	181.0	0.8996	0.8871	218.5	0.8780	0.8632	256.0	0.8568	0.8400
144.0	0.9213	0.9112	181.5	0.8993	0.8867	219.0	0.8778	0.8629	256.5	0.8566	0.8397
144.5	0.9210	0.9108	182.0	0.8990	0.8864	219.5	0.8775	0.8626	257.0	0.8563	0.8394
145.0	0.9207	0.9105	182.5	0.8988	0.8861	220.0	0.8772	0.8623	257.5	0.8560	0.8391
145.5	0.9204	0.9102	183.0	0.8985	0.8858	220.5	0.8769	0.8620	258.0	0.8557	0.8388
146.0	0.9201	0.9098	183.5	0.8982	0.8855	221.0	0.8766	0.8617	258.5	0.8554	0.8385
146.5	0.9198	0.9095	184.0	0.8979	0.8851	221.5	0.8763	0.8614	259.0	0.8552	0.8382
147.0	0.9195	0.9092	184.5	0.8976	0.8848	222.0	0.8760	0.8611	259.5	0.8549	0.8379
147.5	0.9192	0.9089	185.0	0.8973	0.8845	222.5	0.8758	0.8608	260.0	0.8546	0.8376
148.0	0.9189	0.9085	185.5	0.8970	0.8842	223.0	0.8755	0.8604	260.5	0.8543	0.8373
148.5	0.9186	0.9082	186.0	0.8967	0.8839	223.5	0.8752	0.8601	261.0	0.8540	0.8370
149.0	0.9183	0.9079	186.5	0.8964	0.8835	224.0	0.8749	0.8598	261.5	0.8538	0.8367
149.5	0.9180	0.9075	187.0	0.8961	0.8832	224.5	0.8746	0.8595	262.0	0.8535	0.8364
150.0	0.9177	0.9072	187.5	0.8959	0.8829	225.0	0.8743	0.8592	262.5	0.8532	0.8361
150.5	0.9174	0.9069	188.0	0.8956	0.8826	225.5	0.8740	0.8589	263.0	0.8529	0.8357
151.0	0.9171	0.9065	188.5	0.8953	0.8823	226.0	0.8737	0.8586	263.5	0.8526	0.8354
151.5	0.9168	0.9062	189.0	0.8950	0.8819	226.5	0.8735	0.8582	264.0	0.8524	0.8351
152.0	0.9165	0.9059	189.5	0.8947	0.8816	227.0	0.8732	0.8579	264.5	0.8521	0.8348
152.5	0.9163	0.9056	190.0	0.8944	0.8813	227.5	0.8729	0.8576	265.0	0.8518	0.8345
153.0	0.9160	0.9052	190.5	0.8941	0.8810	228.0	0.8726	0.8573	265.5	0.8515	0.8342
153.5	0.9157	0.9049	191.0	0.8938	0.8807	228.5	0.8723	0.8570	266.0	0.8512	0.8339
154.0	0.9154	0.9046	191.5	0.8935	0.8803	229.0	0.8721	0.8566	266.5	0.8510	0.8336
154.5	0.9151	0.9042	192.0	0.8932	0.8800	229.5	0.8718	0.8563	267.0	0.8507	0.8333
155.0	0.9148	0.9039	192.5	0.8930	0.8797	230.0	0.8715	0.8560	267.5	0.8504	0.8330
155.5	0.9145	0.9036	193.0	0.8927	0.8794	230.5	0.8712	0.8557	268.0	0.8501	0.8326
156.0	0.9142	0.9033	193.5	0.8924	0.8791	231.0	0.8709	0.8554	268.5	0.8498	0.8323
156.5	0.9139	0.9029	194.0	0.8921	0.8787	231.5	0.8707	0.8551	269.0	0.8496	0.832
157.0	0.9136	0.9026	194.5	0.8918	0.8784	232.0	0.8704	0.8548	269.5	0.8493	0.831

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>	
	A	B		A	B		A	B		A	B
157.5	0.9133	0.9023	195.0	0.8915	0.8781	232.5	0.8701	0.8545	270.0	0.8490	0.8314
158.0	0.9130	0.9020	195.5	0.8912	0.8778	233.0	0.8698	0.8541	270.5	0.8487	0.8311
158.5	0.9127	0.9017	196.0	0.8909	0.8775	233.5	0.8695	0.8538	271.0	0.8484	0.8308
159.0	0.9124	0.9013	196.5	0.8906	0.8771	234.0	0.8693	0.8535	271.5	0.8482	0.8305
159.5	0.9121	0.9010	197.0	0.8903	0.8768	234.5	0.8690	0.8532	272.0	0.8479	0.8302
160.0	0.9118	0.9007	197.5	0.8901	0.8765	235.0	0.8687	0.8529	272.5	0.8476	0.8299
160.5	0.9115	0.9004	198.0	0.8898	0.8762	235.5	0.8684	0.8526	273.0	0.8473	0.8296
161.0	0.9112	0.9000	198.5	0.8895	0.8759	236.0	0.8681	0.8523	273.5	0.8470	0.8293
161.5	0.9109	0.8997	199.0	0.8892	0.8755	236.5	0.8678	0.8520	274.0	0.8468	0.8290
162.0	0.9106	0.8994	199.5	0.8889	0.8752	237.0	0.8675	0.8517	274.5	0.8465	0.8287

<sup>C</sup> Use factores de la columna A para asfaltos con densidades de 966 kg/m<sup>3</sup> o mayores, a 15°C

<sup>D</sup> Use factores de la columna B para asfaltos con densidades de 850 kg/m<sup>3</sup> a 965 kg/m<sup>3</sup>, a 15°C

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C C.D.		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C C.D.		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C C.D.		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C C.D.	
	A	B		A	B		A	B		A	B
-25.0	1.0254	1.0290	12.5	1.0016	1.0019	50.0	0.9792	0.9752	87.5	0.9552	0.9492
-24.5	1.0251	1.0285	13.0	1.0012	1.0014	50.5	0.9779	0.9749	88.0	0.9548	0.9489
-24.0	1.0248	1.0283	13.5	1.0009	1.0014	51.0	0.9776	0.9745	88.5	0.9545	0.9485
-23.5	1.0244	1.0279	14.0	1.0005	1.0007	51.5	0.9773	0.9742	89.0	0.9542	0.9482
-23.0	1.0241	1.0275	14.5	1.0003	1.0004	52.0	0.9770	0.9738	89.5	0.9539	0.9478
-22.5	1.0238	1.0272	15.0	1.0000	1.0000	52.5	0.9767	0.9735	90.0	0.9536	0.9475
-22.0	1.0235	1.0268	15.5	0.9997	0.9998	53.0	0.9763	0.9731	90.5	0.9533	0.9472
-21.5	1.0232	1.0265	16.0	0.9994	0.9993	53.5	0.9760	0.9728	91.0	0.9530	0.9468
-21.0	1.0228	1.0261	16.5	0.9991	0.9989	54.0	0.9757	0.9724	91.5	0.9527	0.9465
-20.5	1.0225	1.0258	17.0	0.9988	0.9986	54.5	0.9754	0.9721	92.0	0.9524	0.9461
-20.0	1.0222	1.0254	17.5	0.9985	0.9982	55.0	0.9751	0.9717	92.5	0.9521	0.9458
-19.5	1.0219	1.0250	18.0	0.9981	0.9978	55.5	0.9748	0.9714	93.0	0.9518	0.9455
-19.0	1.0216	1.0247	18.5	0.9978	0.9975	56.0	0.9745	0.9710	93.5	0.9515	0.9451
-18.5	1.0212	1.0243	19.0	0.9975	0.9971	56.5	0.9742	0.9707	94.0	0.9512	0.9448
-18.0	1.0209	1.0239	19.5	0.9972	0.9968	57.0	0.9739	0.9703	94.5	0.9509	0.9444
-17.5	1.0206	1.0236	20.0	0.9969	0.9964	57.5	0.9736	0.9700	95.0	0.9506	0.9441
-17.0	1.0203	1.0232	20.5	0.9966	0.9961	58.0	0.9732	0.9696	95.5	0.9503	0.9438
-16.5	1.0200	1.0228	21.0	0.9963	0.9957	58.5	0.9729	0.9693	96.0	0.9500	0.9434
-16.0	1.0196	1.0224	21.5	0.9959	0.9954	59.0	0.9726	0.9689	96.5	0.9497	0.9431
-15.5	1.0193	1.0221	22.0	0.9956	0.9950	59.5	0.9723	0.9686	97.0	0.9494	0.9427
-15.0	1.0190	1.0217	22.5	0.9953	0.9947	60.0	0.9720	0.9682	97.5	0.9491	0.9424
-14.5	1.0187	1.0213	23.0	0.9950	0.9943	60.5	0.9717	0.9679	98.0	0.9488	0.9421
-14.0	1.0184	1.0210	23.5	0.9947	0.9940	61.0	0.9714	0.9675	98.5	0.9485	0.9417
-13.5	1.0180	1.0206	24.0	0.9943	0.9936	61.5	0.9711	0.9672	99.0	0.9482	0.9414
-13.0	1.0177	1.0203	24.5	0.9940	0.9933	62.0	0.9708	0.9668	99.5	0.9479	0.9410
-12.5	1.0174	1.0199	25.0	0.9937	0.9929	62.5	0.9705	0.9665	100.0	0.9476	0.9407
-12.0	1.0171	1.0195	25.5	0.9937	0.9925	63.0	0.9701	0.9661	100.5	0.9473	0.9404
-11.5	1.0168	1.0192	26.0	0.9934	0.9922	63.5	0.9698	0.9658	101.0	0.9470	0.9401
-11.0	1.0164	1.0188	26.5	0.9928	0.9918	64.0	0.9695	0.9654	101.5	0.9467	0.9398
-10.5	1.0161	1.0185	27.0	0.9925	0.9915	64.5	0.9692	0.9651	102.0	0.9464	0.9393
-10.0	1.0158	1.0181	27.5	0.9922	0.9911	65.0	0.9689	0.9647	102.5	0.9461	0.9390
-9.5	1.0155	1.0177	28.0	0.9918	0.9907	65.5	0.9686	0.9644	103.0	0.9458	0.9387
-9.0	1.0152	1.0174	28.5	0.9915	0.9904	66.0	0.9683	0.9640	103.5	0.9455	0.9383
-8.5	1.0148	1.0170	29.0	0.9912	0.9900	66.5	0.9680	0.9637	104.0	0.9452	0.9380
-8.0	1.0145	1.0166	29.5	0.9909	0.9897	67.0	0.9677	0.9633	104.5	0.9449	0.9376
-7.5	1.0142	1.0163	30.0	0.9906	0.9893	67.5	0.9674	0.9630	105.0	0.9446	0.9373
-7.0	1.0139	1.0159	30.5	0.9903	0.9889	68.0	0.9670	0.9626	105.5	0.9443	0.9370
-6.5	1.0136	1.0155	31.0	0.9900	0.9886	68.5	0.9667	0.9623	106.0	0.9440	0.9366
-6.0	1.0132	1.0151	31.5	0.9897	0.9882	69.0	0.9664	0.9619	106.5	0.9437	0.9363
-5.5	1.0129	1.0148	32.0	0.9894	0.9879	69.5	0.9661	0.9616	107.0	0.9434	0.9359
-5.0	1.0126	1.0144	32.5	0.9891	0.9875	70.0	0.9658	0.9612	107.5	0.9431	0.9356
-4.5	1.0123	1.0140	33.0	0.9887	0.9871	70.5	0.9655	0.9609	108.0	0.9428	0.9353
-4.0	1.0120	1.0137	33.5	0.9884	0.9868	71.0	0.9652	0.9605	108.5	0.9425	0.9349
-3.5	1.0117	1.0133	34.0	0.9881	0.9864	71.5	0.9649	0.9602	109.0	0.9422	0.9346
-3.0	1.0114	1.0130	34.5	0.9878	0.9861	72.0	0.9646	0.9598	109.5	0.9419	0.9342
-2.5	1.0111	1.0126	35.0	0.9875	0.9857	72.5	0.9643	0.9595	110.0	0.9416	0.9339
-2.0	1.0107	1.0122	35.5	0.9872	0.9854	73.0	0.9640	0.9592	110.5	0.9413	0.9336
-1.5	1.0104	1.0119	36.0	0.9869	0.9850	73.5	0.9637	0.9588	111.0	0.9410	0.9332
-1.0	1.0101	1.0115	36.5	0.9866	0.9847	74.0	0.9634	0.9585	111.5	0.9407	0.9329
-0.5	1.0098	1.0112	37.0	0.9863	0.9843	74.5	0.9631	0.9581	112.0	0.9404	0.9325
0.0	1.0095	1.0108	37.5	0.9860	0.9840	75.0	0.9628	0.9578	112.5	0.9401	0.9322
0.5	1.0092	1.0104	38.0	0.9856	0.9836	75.5	0.9625	0.9575	113.0	0.9397	0.9319
1.0	1.0089	1.0101	38.5	0.9853	0.9833	76.0	0.9622	0.9571	113.5	0.9394	0.9315
1.5	1.0085	1.0097	39.0	0.9850	0.9829	76.5	0.9619	0.9568	114.0	0.9391	0.9312
2.0	1.0082	1.0094	39.5	0.9847	0.9826	77.0	0.9616	0.9564	114.5	0.9388	0.9308
2.5	1.0079	1.0090	40.0	0.9844	0.9822	77.5	0.9613	0.9561	115.0	0.9385	0.9305
3.0	1.0076	1.0086	40.5	0.9841	0.9819	78.0	0.9609	0.9557	115.5	0.9382	0.9302
3.5	1.0073	1.0083	41.0	0.9838	0.9815	78.5	0.9606	0.9554	116.0	0.9379	0.9299

Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>		Temperatura Observada	Factor de Corrección de Volumen para 15° C <sup>C,D</sup>	
	A	B		A	B		A	B		A	B
4.0	1.0069	1.0079	41.5	0.9835	0.9812	79.0	0.9503	0.9550	116.5	0.9376	0.9295
4.5	1.0066	1.0076	42.0	0.9832	0.9808	79.5	0.9500	0.9547	117.0	0.9373	0.9292
5.0	1.0063	1.0072	42.5	0.9829	0.9805	80.0	0.9597	0.9543	117.5	0.9371	0.9289
5.5	1.0060	1.0068	43.0	0.9825	0.9801	80.5	0.9594	0.9540	118.0	0.9368	0.9285
6.0	1.0057	1.0065	43.5	0.9822	0.9798	81.0	0.9591	0.9536	118.5	0.9365	0.9282
6.5	1.0053	1.0061	44.0	0.9819	0.9794	81.5	0.9588	0.9533	119.0	0.9362	0.9279
7.0	1.0050	1.0058	44.5	0.9816	0.9791	82.0	0.9585	0.9529	119.5	0.9359	0.9275
7.5	1.0047	1.0054	45.0	0.9813	0.9787	82.5	0.9582	0.9526	120.0	0.9356	0.9272
8.0	1.0044	1.0050	45.5	0.9810	0.9784	83.0	0.9578	0.9523	120.5	0.9353	0.9269
8.5	1.0041	1.0047	46.0	0.9807	0.9780	83.5	0.9576	0.9519	121.0	0.9350	0.9265
9.0	1.0037	1.0043	46.5	0.9804	0.9777	84.0	0.9573	0.9516	121.5	0.9347	0.9262
9.5	1.0034	1.0040	47.0	0.9801	0.9773	84.5	0.9570	0.9512	122.0	0.9344	0.9258
10.0	1.0031	1.0036	47.5	0.9798	0.9770	85.0	0.9567	0.9509	122.5	0.9341	0.9255
10.5	1.0028	1.0032	48.0	0.9794	0.9766	85.5	0.9564	0.9506	123.0	0.9338	0.9252
11.0	1.0025	1.0029	48.5	0.9791	0.9763	86.0	0.9561	0.9502	123.5	0.9335	0.9248
11.5	1.0022	1.0025	49.0	0.9788	0.9759	86.5	0.9558	0.9499	124.0	0.9332	0.9245
12.0	1.0019	1.0022	49.5	0.9785	0.9756	87.0	0.9555	0.9495	124.5	0.9329	0.9241

<sup>C</sup> Use factores de la columna A para asfaltos con densidades de 966 kg/m<sup>3</sup> o mayores, a 15°C

<sup>D</sup> Use factores de la columna B para asfaltos con densidades de 850 kg/m<sup>3</sup> a 965 kg/m<sup>3</sup>, a 15°C

**ANEXO 9.02 A**  
**CONTROL DE TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN**

<b>EMPRESA CONSTRUCTORA:</b>				Fecha: _____	Proyecto: _____
<b>INFORME DIARIO</b>				Cantidad autorizada: _____	Orden N° _____
<b>MANO DE OBRA</b>				Descripción del trabajo:	
Nombres	Horas	Salario	Monto		
Total mano de obra					
<b>EQUIPO</b>				<b>RESUMEN</b>	
Tipo	Horas	Precio por hora	Monto	Costo mano de obra	
				Seguros y derechos laborales	
				Otros gastos laborales	
				Más ____%	
				Subtotal	
				Costo de materiales	
				Más ____%	
				Subtotal	
				Costo por alquiler de equipo	
				Costo total de este día	
				Costo total anterior	
				Costo total a pagar	
Total por alquiler de equipo					
<b>MATERIALES</b>				<p><i>Hacemos constar que el trabajo fue realizado con la total utilización del equipo, materiales y mano de obra indicados.</i></p> Ingeniero: _____ Contratista: _____	
Clase	Cant.	Precio unitario	Monto		
Total por materiales					

## ANEXO 9.03 A

## GUÍA PARA ESTIMAR (PONDERAR) AVANDE DE DIFERENTES UNIDADES DE TRABAJO

<i>Unidad de Trabajo</i> <i>(Reglón de pago)</i>	<i>Asignación</i> <i>(por ciento acumulado)</i>
<b>DESMONTE Y LIMPIEZA</b>	
• Corte y trazado	35
• Aserrado y apilado	60
• Quema	75
• Desmonte y limpieza terminados	100
<b>EXCAVACIÓN EN ROCA</b>	
• Replanteo	5
• Barrenos y voladura	35
• Nivelado y terminado burdo de la rasante	75
• Excavación terminada y limpia	100
<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>	
• Excavación terminada	70
• Estructura rellena y compactada (cuando el relleno no se paga aparte)	100
<b>EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA</b>	
• Nivelado y terminado burdo de la subrasante	60
• Terminado, salvo redondeo de taludes	75
• Excavación terminada y tapada con subbase	100
<b>PRÉSTAMO SELECCIONADO PARA ACABADO Y SUBBASE</b>	
• Colocado en la calzada	50
• Esparcido y compactado	75
• Limpieza de la excavación terminada	100

**AGREGADO TRITURADO (no para mezcla asfáltica)**

- Triturado y apilado 50
- Colocado en la calzada 75
- Terminado (esparcido y compactado, espesor completo) 100

**CARPETA ASFÁLTICA MEZCLADA EN PLANTA**

- Triturado y apilado (agregado) 40
- Trabajo terminado (mezcla colocada y verificada) 100

**MEZCLA EN CAMINO**

- Mezclado 50
- Esparcida y compactada 75
- Trabajo terminado (espesor completo y verificado) 100

**ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

- Trabajo preparatorio y hormigón ya colado 70
- Formaletas retiradas y hormigón acabado 75
- Limpieza terminada del lugar de la estructura 100

**ESTRUCTURAS DE ACERO**

- Trabajo preparatorio y acero estructuras levantado 60
- Pintura de intemperie terminada 75
- Limpieza terminada del lugar de la estructura 100

**TUBERÍA (suministro del tubo, 100% del valor de éste)**

- Colocado y solaqueado en sitio 75
- Relleno de alcantarilla 100

*Nota: Las ponderaciones son solo aproximadas y estarán sujetas a modificarse, según criterio del ingeniero de proyecto.*

## *Capítulo 10*

---

### *Detalles de construcción*

**SECCIÓN 10.01 DESMONTE Y LIMPIEZA**

A) **Generalidades:** *la vegetación y los escombros que se han de desmontar, desbrozar, eliminar y retirar de acuerdo con lo establecido en la sección 201 del CR-2002, incluyen todos los objetos que se encuentran en la superficie: árboles, tocones, raíces y otros obstáculos que sobresalen del suelo dentro de los límites señalados, salvo los objetos destinados a seguir en su lugar o que deban eliminarse de acuerdo con otras partidas del contrato.*

*Antes de que comiencen las operaciones de desmonte y limpieza, el Ingeniero de Proyecto deberá cuidar los siguientes puntos:*

- 1) Comprobar que estén claramente señalados los límites de todas las superficies en las que el Contratista habrá de ejecutar algún trabajo. Debe quedar bien claro para el Contratista que se han dispuesto entradas y salidas para su acceso al proyecto, así como para los dueños de propiedades contiguas a este, y observar fielmente lo dispuesto en la sección 110 "Especificaciones ambientales generales" del CR-2002.*
- 2) Recorrer, junto con el Contratista (o su representante), el lugar del trabajo y tratar con él, tanto el trabajo que habrá de realizarse, como cualesquiera detalles especiales de este. Estos detalles incluirán: árboles que deberán respetarse, estacas, puntos de control, referencias de topografía que habrán de conservarse, y todas las instalaciones de servicio público conocidas que podrían resultar dañadas durante las operaciones de desmonte.*
- 3) Verificar que se señalen o se ubiquen las fuentes hidrográficas, las cuales no deben ser contaminadas o afectadas con los desechos o productos provenientes de la limpieza y desmonte, de acuerdo con lo establecido en el artículo 110.08 del CR-2002.*

**B) Operaciones de desmonte y limpieza:**

- 1) **Equipo y métodos:** la elección del equipo para este trabajo la efectuará el Contratista, considerando que el equipo pueda realizar el trabajo de modo satisfactorio. Esta elección del equipo deberá estar sujeta a limitaciones impuestas por las especificaciones o por el sentido común. Tiene que vigilarse el uso de explosivos, sobre todo en áreas de mucho tráfico o cercanas a poblaciones.
- 2) **Remoción de árboles, maleza, tocones y raíces:** los árboles, tocones y raíces grandes deben quitarse de las áreas de excavación, hasta una profundidad suficiente para impedir que este material indeseable se mezcle con el que ha de incorporarse al terraplén. Estas superficies que han de excavarse, normalmente necesitarán que se las desmoche para la supresión de pequeños arbustos, vegetación, basura y otros materiales indeseables.
- 3) **Eliminación de otros obstáculos:** cuando el pliego de licitación no contenga una partida para la eliminación de estructuras y obstáculos, como se establece en la sección 202, los que se encuentren dentro de los límites señalados por el ingeniero se habrán de eliminar como una obligación subsidiaria comprendida en la sección 203 del CR-2002. Puede haber casos en los que sea deseable eliminar estructuras que no quedan dentro de esos límites. En estos casos, si la eliminación de tales estructuras no está comprendida en las disposiciones especiales, deberá confeccionarse una orden de servicio, con base en trabajos por administración a costo más porcentaje.
- 4) **Conservación de objetos destinados a permanecer:** tendrán que tomarse medidas precautorias para proteger contra daños a los objetos destinados a permanecer en su lugar durante las operaciones de desmonte y limpieza. Estos objetos pueden incluir: árboles, matorrales, mojones de topografía, objetos de valor histórico o arqueológico, y otros más. El claro señalamiento de estos

*objetos y enterar al Contratista de cuál es su emplazamiento, ayudarán a su conservación.*

*Los árboles cercanos a la parte superior de cortes altos no deberán señalarse para que se los conserve, puesto que pueden convertirse en un peligro para el tránsito o pueden amenazar la estabilidad de los taludes.*

- 5) **Madera que se debe conservar:** cuando ha de conservarse la madera negociable, esta debe ser cortada, aserrada y apilada de acuerdo con las disposiciones especiales. Cuando a lo largo de la carretera no haya un lugar adecuado para apilar la madera que deba recuperarse, puede hacerse necesario desboscar otra extensión más para su apilado. Deberá mantenerse al mínimo la distancia a que esta madera tenga que acarrear para llevarla a los lugares de apilado. Este desmonte adicional deberá incluirse en la medición, para su pago de acuerdo con lo establecido en la sección 201 del CR-2002.*
- 6) **Peligros:** las operaciones de desmonte y limpieza, particularmente en regiones de árboles maderables densos y altos, pueden ser muy peligrosas. El personal de ingeniería del proyecto deberá poner especial cuidado cuando se trabaje en las inmediaciones de operaciones de desmonte. Deberá cerciorarse de que las operaciones del Contratista no lo ponga en peligro, no den por resultado peligro en potencia para el público transeúnte, y no produzcan daños en las instalaciones existentes en el derecho de vía ni en las propiedades adyacentes. Los árboles extremadamente altos reclaman un cuidado extra, así como equipo adecuado para que su caída al cortarlos no cause daños a la propiedad circundante.*

*Volar con explosivos los tocones o troncos, y quemar desechos, también son métodos peligrosos. Deberá vigilarse el uso de explosivos, principalmente en áreas de mucho tráfico o cercanas a poblaciones. Los requisitos impuestos por el contrato respecto al uso de explosivos y cómo prevenir y combatir incendios,*

*están contenidos en los artículos 107.09 y 201.03 del CR-2002, respectivamente.*

## **SECCIÓN 10.02 EXCAVACIÓN Y TERRAPLENADO**

*A) Generalidades: el artículo 203.01 del CR-2002 dispone que todos los materiales excavados que sean adecuados, habrán de utilizarse en la formación de terraplenes, subrasantes, espaldones, rellenos de fundación de estructuras y para otros fines indicados en los planos o que se ordenen.*

*Durante el desarrollo de la obra, el Ingeniero de Proyecto deberá evaluar continuamente la calidad de los materiales que se saquen de excavaciones, para que así se asegure el uso más eficaz de tales materiales. Deberá efectuar, también, una cuidadosa comprobación del balance de las cantidades de corte y relleno. Como comprobación de los factores presuntivos de contracción utilizados al elaborar el diagrama de masas, deberá llevar un registro de la cantidad extraída de cada corte y del relleno que realmente representó.*

*Es obligación del Ingeniero de Proyecto recomendar los cambios que considere necesarios para ajustarse a las condiciones de campo que se presenten, a medida que la obra vaya avanzando. A veces, se debe variar la inclinación de los taludes u ordenar la construcción de terrazas en el corte, con el fin de lograr una mayor estabilidad, o para permitir que nazca la vegetación. Cuando se encuentre una cantidad de roca mayor que la prevista, la economía impondrá taludes más empinados. Ciertos cambios de rasante o de alineación pueden requerirse para que se equilibren las cantidades, se evite el desperdicio de materiales y se reduzcan al mínimo los excesos en volúmenes de excavación. La calidad de los materiales para la subrasante puede imponer el replanteo del espesor del pavimento, o de la capa de base y/o de la subbase, lo que implica ajustes en la explanación. Al recomendar cambios, el Ingeniero de Proyecto deberá guiarse por el capítulo 4 de este Manual. En cuanto sea posible, deberá preverse la necesidad de cambios, y la*

*orden se expedirá antes de que el Contratista comience las operaciones de nivelación en las zonas afectadas.*

*Se deben inspeccionar constantemente los taludes laterales, cunetas y zanjas de drenaje. Si en cualquier momento el Contratista excava fuera de las estacas de talud, por debajo de la subrasante, o si debido a sus métodos de trabajo causa exceso de corte del suelo, el Ingeniero de Proyecto le notificará inmediatamente, por escrito, que el artículo 203.15 del CR-2002 no permite la medición de este material para su pago.*

*Antes de que se acepte el trabajo, la calzada deberá ajustarse razonablemente al alineamiento, pendiente y sección transversal requeridos.*

*El Ingeniero de Proyecto deberá observar los procedimientos de barrenado, explosión de cargas y otras operaciones de nivelación del Contratista, de acuerdo con lo establecido en el artículo 107.09 del CR-2002, y le advertirá acerca de la ruptura excesiva del suelo y de la obligación que le impone el artículo 107.12 del CR-2002 en cuanto a proteger y restablecer los bienes ajenos.*

#### **B) Requisitos para la construcción:**

- 1) **Materiales:** *en la etapa de diseño de una carretera es necesario llevar a cabo muestreos de los suelos existentes en el corredor donde se localiza el trazado del proyecto. para definir la estructura del pavimento.*

*Normalmente, la investigación que se realiza en esta etapa, puede diferir de las condiciones reales encontradas durante la construcción, situación esta prevista en el artículo 104.03 de las Especificaciones Generales CR-2002.*

*En proyectos de construcción nueva, las perforaciones que se realizan no siempre se avanzan hasta alcanzar los niveles de subrasante, particularmente*

*cuando el perfil de esta se halla por debajo de cortes importantes (generalmente mayores de 2 ó 3 metros), o bien cuando los suelos existentes presentan condiciones desfavorables (suelos heterogéneos con presencia de fragmentos de roca, areniscas consolidadas, etc.), que dificultan o imposibilitan profundizar las perforaciones con el equipo usualmente utilizado en este tipo de investigaciones (auger barreno).*

*Otra limitante que presentan estos estudios preliminares es el distanciamiento entre puntos investigados (generalmente cada 300 ó 400 metros), obligando esto a extrapolaciones de las características de los materiales (suelos) investigados, que bien podrían diferir sustancialmente tanto en sus propiedades como en el estado de su condición (exceso de humedad por flujos de agua subterránea, etc.).*

*Durante el proceso de construcción, cuando se realizan las excavaciones (movimiento de tierra), se tendrán al descubierto las condiciones reales de los tipos de suelos en los niveles de subrasante. En esta fase de la construcción será importante y conveniente que el Ingeniero de Proyecto realice muestreos de los suelos encontrados para asegurar que los valores de índice de soporte (CBR) y demás características del material, sean concordantes con los valores utilizados en la etapa de diseño. Cuando existan diferencias apreciables que justifiquen revisar el diseño de la estructura del pavimento, el Ingeniero de Proyecto tomará las acciones que correspondan y reunirá la información pertinente (tráfico, estudios de suelos, período de diseño, etc.) que le permitan hacer una verificación de los espesores del pavimento con los nuevos parámetros obtenidos.*

*Para facilitar la revisión es importante y recomendable ordenar toda la información relacionada con resultados de pruebas obtenidos en la capa de diseño, y durante la construcción, hechos por la ingeniería de proyecto, disponer del trazado de la carretera (planta y perfil), e incorporando en el perfil todos los datos de las evaluaciones. Reunida de esta forma la información, ayudará al*

análisis, confrontando los resultados obtenidos y su localización en zonas de corte y relleno.

Será de utilidad además que se dibuje un perfil de línea de centro a una escala apropiada, en donde se muestre:

- a) los lugares de las perforaciones, la clasificación de las capas encontradas en las perforaciones, datos de pruebas (límite líquido, índice de plasticidad, máxima densidad en seco y contenido óptimo de humedad), y la clasificación del suelo de cada una de las muestras ensayadas;
  - b) los sitios, en secciones de relleno, donde se hicieron pruebas de densidad indicándose y el porcentaje de compactación;
  - c) el espesor del pavimento y del préstamo seleccionado para acabado, si lo hubiere, tal como fue diseñada y como fue construida.
- 2) **Préstamos:** cuando en el Cartel de Licitación se ha incluido la excavación para préstamos caso 1, el Contratista estará obligado a utilizar las fuentes indicadas en los planos o las especificadas en las disposiciones especiales. La excavación para préstamos caso 2 se obtendrá de fuentes aportadas por el Contratista. Es muy importante que el Ingeniero de Proyecto tenga presente que el Contratista debe observar lo dispuesto en el artículo 203.09 del CR-2002, en el sentido de que no podrá colocarse material de préstamo en un relleno hasta que se haya utilizado en él todo el material adecuado proveniente de la excavación del prisma de la carretera.

Los préstamos escogidos para el acabado de la subrasante, aparecen a menudo especificados en los proyectos en los que las condiciones del suelo son inadecuadas, y en estos casos se obtienen de excavaciones para préstamos caso 1

y caso 2. A menos que las disposiciones especiales ordenen lo contrario, este material reunirá los requisitos señalados en la tabla 203-1 del CR-2002.

*La función primordial de estos materiales puestos en la calzada, es proteger los suelos más débiles de la subrasante, contra la deformación inducida por el tránsito. Una deformación repetida o excesiva de los suelos de la subrasante, llevará directamente a la perturbación o falla de las capas componentes del pavimento. Los suelos de la subrasante de calidad más débil o más deficiente, requerirán mayores espesores de material protector que los que exigen los suelos de mejor calidad. El volumen y peso del tránsito, las condiciones climáticas, los niveles de las aguas freáticas y otros factores, influyen también en el espesor de la capa protectora necesaria para cualquier suelo dado.*

*El propósito del contrato es que se haga el uso más eficaz posible de los materiales excavados, y el Contratista y el Ingeniero deben percatarse de que los préstamos escogidos para la protección de la subrasante pueden y deben disminuirse (o eliminarse) si en las operaciones de excavación se descubre un material adecuado.*

*Cuando el contrato incluye una partida de préstamo seleccionado para acabado que se obtendrá de excavaciones para préstamos y, posteriormente, se decide que en los cortes para la calzada de la carretera hay material satisfactorio disponible para la construcción de la subrasante, y que su precio unitario y distancia de acarreo son favorables, la sustitución podrá llevarse a cabo mediante un addendum al contrato. Este addendum deberá realizarse lo más rápido posible, con el fin de que el Contratista pueda corregir sus métodos constructivos de excavación y acarreo de materiales de préstamo para acabado.*

*Por regla general, la intención no es que los materiales para acabado se excaven, se apilen y, más tarde, se utilicen en la obra. Siempre que sea factible, para la conservación de los materiales para acabado deberá dejarse el material*

*en su posición original. Los materiales apilados o conservados, exigirán el pago de dobles maniobras y, por lo tanto, esto se aceptará solamente en circunstancias especiales.*

*Cuando la fuente del material propuesto para su utilización no ha sido objeto de pruebas y aprobaciones anteriores, el Ingeniero de Proyecto no permitirá el uso de la fuente sino hasta que esta haya quedado aprobada por la Administración de acuerdo con lo establecido en el artículo 203.08 del CR-2002.*

*Si para las excavaciones para préstamos caso 1 se necesitara alguna otra servidumbre de paso o de cualquier otro orden, el Ingeniero de Proyecto deberá obtener, a su debido tiempo, las descripciones necesarias de los predios y enviarlas a la Dirección de Obras para que esta proceda a la acción pertinente.*

3) **Capa vegetal:** *cuando los planos o disposiciones especiales dispongan que se retire y almacene tierra vegetal adecuada, solo se conservará suelo o tierra vegetal suficientemente fértil para favorecer o mantener el crecimiento de la vegetación, a criterio del ingeniero.*

4) **Resquebrajadura previa de rocas:** *antes de comenzar las operaciones de barrenado para la resquebrajadura previa de rocas, tal como se especifica en el artículo 203.09 del CR-2002, el Contratista deberá proporcionar su plano de barrenado y voladura. Aunque este plano deberá ser aprobado por el Ingeniero de Proyecto, no libera al Contratista de su responsabilidad de utilizar procedimientos apropiados para barrenar y hacer las voladuras. El Ingeniero de Proyecto deberá observar continuamente los métodos que se utilicen y deberá llevar registros adecuados de los resultados que se obtengan.*

*En el anexo 10.02 A, se exponen varios factores que deberán tomarse en consideración cuando se proyecten operaciones de barrenado y voladura.*

- 5) **Redondeado de taludes en cortes:** *excepto en roca sólida, los taludes en cortes deben redondearse tal como se indica en los planos. El método para la medición y la base para el pago se especificarán en las disposiciones especiales.*

*El Ingeniero de Proyecto deberá sugerir al Contratista que proceda al redondeado de los taludes, como parte de las operaciones de nivelación burda. Esto reducirá al mínimo el trabajo que ello implica, y mejorará su calidad general.*

*Para que se obtengan las superficies razonablemente lisas y uniformes que señalan las especificaciones, los taludes han de curvarse y ajustarse para que armonicen con los rasgos panorámicos existentes, y también de modo que los taludes de cortes y terraplenes se unan a otros o se fundan con las superficies naturales del terreno, sin rupturas apreciables. El Ingeniero de Proyecto puede ayudar a que se logren los resultados deseados, revisando cuidadosamente las estacas de talud y realizando los ajustes adecuados antes de que comiencen los trabajos de nivelación. Sin embargo, el factor más importante para que se logre una apariencia agradable es el uso hábil del equipo por parte del Contratista durante las operaciones de excavación.*

- 6) **Desagües y zanjas:** *a menudo resulta difícil obtener un drenaje satisfactorio, particularmente en terreno plano. Los desagües deberán drenar rápida y eficazmente hacia fuera de la carretera. Las zanjas deberán "copetearse" del lado contrario al que se encuentre la calzada al final de los cortes, y habrán de extenderse por el suelo natural hasta un punto en el que el agua no descargue a lo largo de la unión del talud de relleno y el suelo natural. Deberán evitarse los cambios bruscos de declive de esas zanjas de desagüe, para que así se impida la erosión o la obstrucción. De ser posible, la pendiente hidráulica de los desagües no deberá rebasar la que sea propia del material. Cuando este declive quede rebasado en pendientes fuertes, el Ingeniero de Proyecto deberá consultar con la Dirección de Obras para determinar la necesidad de otros*

desagües transversales, más el revestimiento de desagües u otras medidas que impidan la erosión. El sobreebanco de la carretera, según sea la curvatura y el peralte de las curvas, exige particular cuidado para que se aseguren desagües con la gradiente satisfactoria.

Cuando parezca probable un drenaje superficial considerable en la cima de un corte, el Ingeniero de Proyecto deberá consultar con la Dirección de Obras respecto a las medidas que hayan de tomarse. Uno de los procedimientos por seguir sería la construcción de zanjas en lo alto del corte (contracunetas), para que lleven el caudal de agua a los cursos de drenaje natural. Estas contracunetas deberán estar suficientemente alejadas del borde del corte, para impedir filtraciones de tal magnitud que ocasionen derrumbes, y no deberán tener una pendiente tan pronunciada como para que \* produzcan erosión (ver figura 10.6 a).

- 7) **Drenaje del subsuelo:** para la vida útil de la carretera, es esencial que se preste una atención primordial a los subdrenajes, pues con ello se logrará una disminución de los costos de conservación. Si el Ingeniero de Proyecto sospechase la existencia de aguas freáticas en tal magnitud que puedan afectar la estabilidad de la carretera, y si en los planos y especificaciones no se han dispuesto medidas correctivas, deberá investigar el estado del subsuelo y someter sus hallazgos a la Dirección de Obras, para que esta, a su vez, los examine. En algunas condiciones y en algunos tipos de suelos, la estabilización puede llevarse a cabo instalando subdrenajes.
- 8) **Preparación de la fundación del terraplén:** la calidad de la construcción del terraplén depende, en gran medida, del estado inicial y/o de la preparación adecuada de la fundación. La presencia de planos de deslizamiento en el subsuelo, los materiales blandos o saturados y los manantiales o filtraciones, son algunas de las condiciones que pueden ser causa de fallas de los terraplenes y, por lo tanto, merecen cuidadosa atención.

*Los planos y/o las disposiciones especiales ofrecerán medidas correctivas para condiciones inadecuadas conocidas. No obstante, las superficies de cimentación pueden evaluarse mejor después de que hayan quedado terminadas las operaciones de desmonte y limpieza. Por lo tanto, todas las superficies para la fundación de terraplenes tienen que examinarse cuidadosamente antes de comenzar la construcción del terraplén, con el fin de determinar su idoneidad o la necesidad de un tratamiento correctivo. Algunas extensiones cuya capacidad de soporte sea dudosa, quizás solo reclamen la construcción de un refuerzo a la subrasante. Otras exigirán extensos sistemas de subdrenajes, capas filtrantes de zanjas de piedra o terraplenes de rocas.*

*En la construcción de terraplenes, debe prestarse particular cuidado a la obtención del mejor entramamiento posible entre las superficies de los taludes originales y el nuevo terraplén (ver figura 10.3). Cuando se construya un terraplén en la ladera de una montaña, deberá excavarse un número suficiente de terrazas (banqueo) para que aseguren un soporte firme sobre material sólido (ver figuras 10.3 y 10.6). La excavación que se origina con la construcción de estos bancos o terrazas, tiene que medirse y pagarse según lo dispone la sección 203 del CR-2002.*

*Uno de los puntos más frecuentes de fallas de terraplenes es la transición en que la subrasante de la carretera pasa de un terraplén a una excavación. Por eso, es aconsejable explorarlos para descubrir la posible necesidad de subdrenajes que eliminen el agua de filtración.*

*Deberá informarse a la Dirección de Obras acerca de todas las extensiones de fundación de terraplenes que necesiten tratamiento correctivo que no se haya previsto en los planos ni en las disposiciones especiales, o las superficies que requieran tratamiento correctivo apreciablemente distinto del que se haya previsto. Además, deberán enviarse las recomendaciones del Ingeniero de Proyecto.*

9) **Fallas de terraplenes, causas y medidas correctivas:** los corrimientos y fallas de terraplenes se deben, principalmente, al diseño o construcción inadecuados o a ambas causas. A continuación, se tratan cuatro causas principales de fallas de terraplenes. Con el fin de impedir las fallas y proporcionar soluciones económicas cuando se presenten, el diseño del terraplén deberá ajustarse a las condiciones locales. El diseño deberá basarse en una explicación exhaustiva de las condiciones para la fundación y de los materiales disponibles para el terraplén.

a) **Fallas debido a que el peso del terraplén desplaza material blando de la fundación:** generalmente, este tipo de fallas se caracteriza por deslizamiento lateral de una parte del relleno, o por asentamiento del suelo de fundación (ver figura 10.1). Para que se logre un terraplén satisfactorio sobre una fundación blanda, pueden seguirse tres formas de proceder:

- 1) retirar el suelo blando y sustituirlo con suelo adecuado
- 2) disminuir los esfuerzos cortantes aplicados
- 3) reforzar el suelo blando de la fundación

El retiro y sustitución puede ser el método más económico para profundidades de aproximadamente tres metros. La disminución de los esfuerzos cortantes puede lograrse reduciendo la altura del terraplén, empleando materiales de poco peso para el terraplén y aplanando los taludes laterales, o bien, utilizando bermas al pie del talud.

El reforzamiento del suelo de la fundación puede llevarse a cabo por consolidación. Pueden utilizarse zanjas de desagüe o drenaje para que baje el nivel de las aguas freáticas y para que el suelo blando de la fundación se consolide por su propio peso. Si se dispone de tiempo para consolidar la fundación, la construcción lenta puede permitir que el aumento de la

*resistencia marche a la par del aumento de la carga. Una cama filtrante de arena, colocada directamente sobre el suelo blando de los cimientos, o drenajes verticales con arena combinados con una cama filtrante de arena, acelerarán el ritmo permisible de la construcción. Este ritmo deberá controlarse con mediciones de campo durante la construcción.*

*La solución que se adopte para prevenir o remediar las fallas de terraplenes, deberá basarse en los resultados de las investigaciones del subsuelo.*

*Las fallas del pavimento debidas a una consolidación excesiva de suelo blando de la fundación, pueden disminuirse retirando el material blando, disponiendo un tiempo suficiente para la consolidación antes de la pavimentación, o bien, acelerando la consolidación, utilizando para ello una sobrecarga temporal y uno de los métodos de drenaje arriba indicados.*

- b) **Fallas debidas a los esfuerzos horizontales producidos porque el peso del relleno no es mayor que la correspondiente resistencia a los esfuerzos cortantes:** Esta condición se produce cuando los taludes son demasiado empinados para la altura del relleno y el tipo de material (ver figura 10.3 b), o cuando el material está mal compactado. La compactación adecuada y el diseño correcto de los taludes son factores esenciales para una estabilidad permanente del relleno.*
- c) **Fallas debidas a que el peso del terraplén origina movimientos en un plano de deslizamiento bien definido en las fundaciones adyacentes:** este tipo de falla del terraplén se caracteriza, generalmente, por el desplazamiento en masa del relleno, sin deslizamiento. El modo usual de remediarlo es interceptar y eliminar el agua subterránea, abriendo zanjas o colocando subdrenajes sobre el relleno.*

d) **Fallas debidas a pérdida de estabilidad del terraplén en las laderas montañosas por estancamiento de aguas filtradas que originan saturación:** usualmente, este tipo de fallas se identifica por un resbalamiento de una parte o de la totalidad del relleno. Cuando se abre alguna de estas fallas, el agua estancada suele brotar hasta que se ha aliviado la presión hidrostática. La prevención de estas fallas consiste, por lo general, en disponer una vía de escape para las aguas de filtración, por medio de subdrenajes o colocando material muy poroso en la parte inferior del relleno. Cuando el ingeniero prevea posibles filtraciones en el pie del relleno, no deberá escatimar en realizar camas filtrantes.

10) **Cortes de taludes:** tanto la estabilidad de los rellenos como los cortes de taludes, deben ser considerados cuidadosamente durante la etapa de diseño, para reducir costos de mantenimiento y los impactos en el medio ambiente.

Los deslizamientos en cortes de taludes producen frecuentemente obstrucción en la vía, afectando el sistema de drenaje superficial (cunetas) y produciendo deterioro en la superficie de ruedo.

Los tipos de deslizamientos comprenden caída de rocas, deslizamiento traslacional y rotacional, y fallas concordales. Los tipos más frecuentes de deslizamientos se muestra en la figura 10.7.

Los taludes en los que se encuentran formaciones de gran altura de roca sólida y masivos o sedimentos bien cimentados, por lo general son estables en cortes de pendientes pronunciadas  $\frac{1}{4}:1$  a  $\frac{1}{2}:1$  (horizontal: vertical). Las excavaciones de gran altura deberán ser construídas con plataformas (terrazas) de 3 a 5 m de ancho y de 8 a 15 m de altura, para detener la caída de rocas en la vía y proveer seguridad a los usuarios de la vía.

*Las figuras 10.5 y 10.6 muestran configuraciones típicas de cortes de talud en roca.*

*En formaciones de roca fracturada, los taludes deberán ser hechos generalmente de  $\frac{1}{2}$ : 1 a  $\frac{3}{4}$ :1. Los cortes altos deberán construirse con taludes más aplanados para evitar problemas de inestabilidad.*

*Otras consideraciones:*

*Con frecuencia resulta conveniente realizar el redondeo de taludes para alisar la transición del corte al terreno natural, particularmente esta operación debe exigirse en construcción de vías de altas normas.*

*Es recomendable también eliminar árboles grandes cercas de las orillas de los cortes, cuyas raíces han sido socavadas por la excavación. Sin embargo, deberán dejarse arbustos y árboles pequeños que no han sido afectados por la excavación para proveer fortaleza al suelo y soporte al talud. En la mayoría de los casos, los árboles contribuyen a la estabilidad de los taludes y raras veces constituyen un factor de riesgo en la estabilidad de un talud.*

*Los cortes en suelos arcillosos con taludes pronunciados, con el tiempo pierden estabilidad. Por tal razón se recomienda hacer los cortes relativamente planos 2:1 a 3:1.*

*Las fallas de talud de corte en suelo más comunes, se presentan cuando se tienen suelos blandos en estratos inferiores (fallas de tipo rotacional y traslación), ver figura 10.8. Para mitigar este tipo de fallas deben preverse zanjas (o trincheras) de drenajes para interceptar los flujos de agua subterránea, creando fronteras permeables (estructura granular) que permitan la captación y evasión de las aguas*

11) **Compactación del terraplén:** todas las capas del material colocado para formar el terraplén deberán ser compactadas, hasta alcanzar la densidad especificada. La compactación de las partes inferiores será necesaria para impedir asentamientos y asegurar taludes estables. Es importante que las partes superiores del terraplén, próximas a la subrasante, se compacten uniformemente y proporcionen una capacidad de soporte adecuada, y uniformidad en la superficie.

Todos los terraplenes han de compactarse de acuerdo con alguno de los métodos establecidos en los artículos 203.11, 203.12 y 203.13 del CR-2002. En ninguno de estos casos se señala cuál equipo debe utilizarse para la compactación, por lo que el Contratista está en libertad de emplear el que él mismo escoja, siempre que este compacte el terraplén de acuerdo con los requisitos del contrato, los cuales se describen a continuación:

- **Artículo 203.11 del CR-2002:** cuando se especifique la aplicación de este artículo para la compactación de terraplenes, el Contratista está obligado a compactar los terraplenes hasta que se alcance una densidad uniforme no inferior al 95% del máximo determinado por el ensayo AASHTO T-99.

Este artículo especifica que se hagan pruebas de densidad del terraplén compactado, de acuerdo con los métodos AASHTO T-191, T-205, T-233 o dispositivos probadores nucleares debidamente calibrados según el método AASHTO T-238.

El éxito de las operaciones de compactación depende, en gran medida, del control adecuado de la humedad. En toda la capa de terraplén, debe distribuirse uniformemente la cantidad para lograr una compactación satisfactoria, siempre que el espesor de la capa no rebase las capacidades de la apisonadora que se utilice. La tendencia común a construir

terraplenes con contenido de humedad que queda del lado seco respecto al "óptimo", dificulta la tarea de conseguir una distribución uniforme de la humedad. Generalmente, lo mejor es que la compactación se comience con un contenido de humedad ligeramente alto; sin embargo, en lugares húmedos, lo mejor puede ser iniciar la compactación con el contenido de humedad cerca de su punto óptimo.

La mezcla de suelos y agua ha de ser total. Para que se obtenga un estado húmedo uniforme, hay que quebrar o desmenuzar los terrones y trozos grandes. Siempre que sea necesario agregar humedad en arcillas muy plásticas, por lo general esta labor se llevará a cabo satisfactoriamente arando con profundidad el suelo y volteándolo; pero, en determinados casos extremos, la labor se efectuará de modo más expedito, utilizando algún tipo de revoladora mecánica.

Cuando se añada agua a una capa de material, tiene que ponerse mucho cuidado en evitar el traslape o los claros entre pasadas sucesivas del equipo distribuidor de agua. Las franjas empapadas o las poco húmedas son inconvenientes y hay que evitarlas. El Contratista deberá dar instrucciones al operador que maneje el equipo, para que comience aplicando el agua a un lado del relleno hasta el otro lado, para evitar así que en el centro del terraplén queden franjas empapadas o poco húmedas. Debe hacerse hincapié en la importancia de efectuar varias aplicaciones ligeras, en lugar de una sola aplicación abundante de agua.

- **Artículo 203.12 del CR-2002:** en aquellas zonas del país en donde se presentan condiciones de clima excepcionalmente críticas por la presencia de lluvias constantes, que imposibilitan materialmente la densificación de terraplenes utilizando el equipo y los procedimientos normales de trabajo para compactar terraplenes por el método descrito en el artículo 203.11 del CR-2002, se compactan los terraplenes siguiendo este procedimiento: el

proceso de construcción consistirá, básicamente, en el extendido del material en capas no mayores de 20 cm, siempre y cuando el suelo no tenga un índice de humedad mayor de 1,2. Por lo menos en cada capa de suelo, hay que darle por lo menos una cobertura completa con un equipo que no sobrepase una presión de contacto rodaje-suelo de 0,70 a 1,00 kg/cm<sup>2</sup>.

Para efectos de este método, se define índice de humedad ( $I_w$ ) como el cociente de dividir la humedad natural ( $W_n$ ) entre el límite plástico (LP):

$$I_w = \frac{W_n}{L.P} \leq 1,2$$

- **Artículo 203.13 del CR-2002:** en aquellos terraplenes formados por gravas, bolones o rocas de más de 15 cm en su mayor dimensión, en los cuales no se puedan efectuar ensayos prácticos de control de compactación, el Ingeniero de Proyecto podrá aceptar el trabajo de terraplenado con base en un número mínimo de pasadas del equipo de compactación, uniformemente distribuido sobre toda la superficie de cada capa que forma el terraplén, de manera que se obtenga la estabilidad necesaria y requerida.

FIGURA 10.1  
FALLA POR CORTE Y ASENTAMIENTO

FIG. a) CIZALLE (Estabilidad)

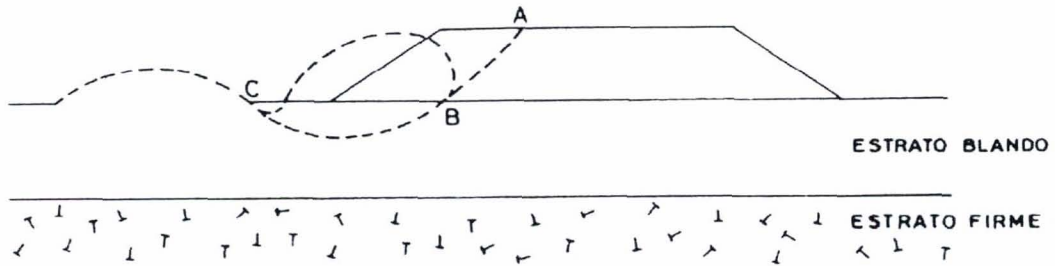


FIG. b) ASENTAMIENTO Y COMPRESION

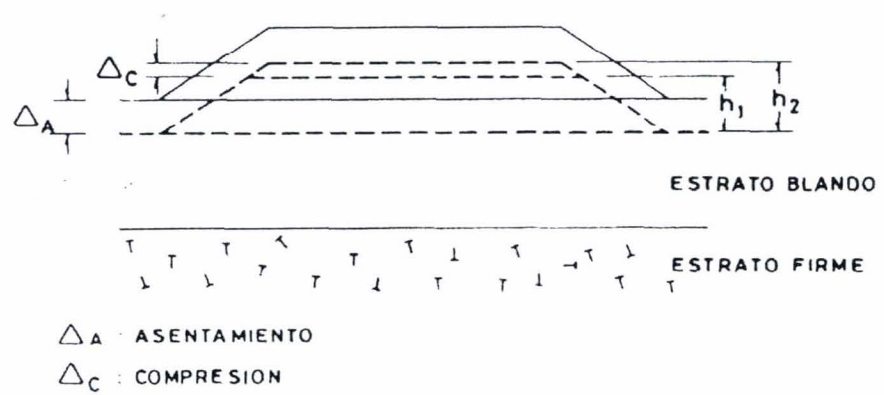


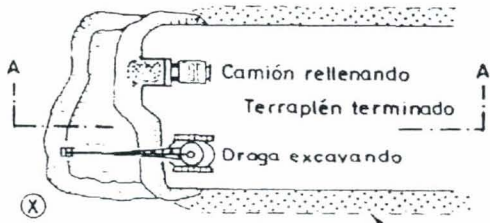
FIGURA 10.2

CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES EN SUELOS INESTABLES

MÉTODO DE EXCAVACIÓN TOTAL DE LA TURBA

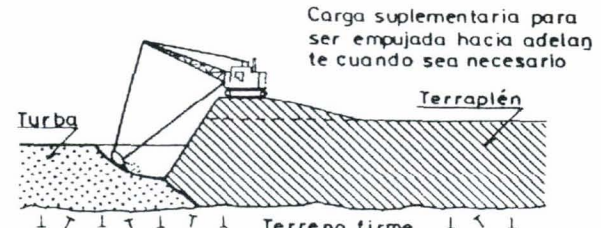


SECCIÓN A-A

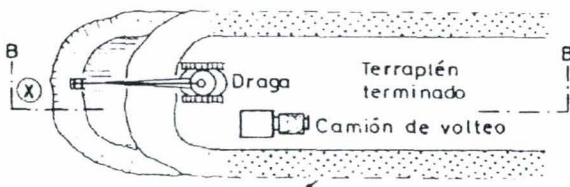


PLANTA

MÉTODO DE EXCAVACIÓN Y DESPLAZAMIENTO PARCIALES DE LA TURBA



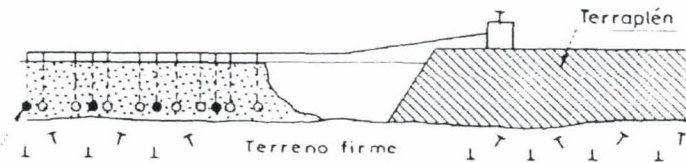
SECCIÓN B-B



PLANTA

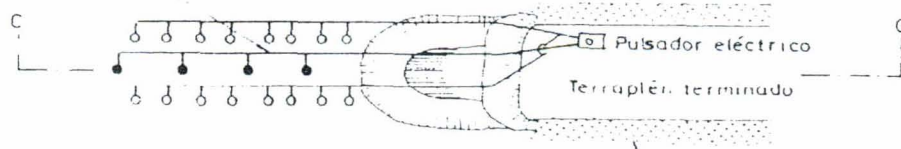
Sería mas económico, aunque no siempre practicable, que la draga trabaje desde la superficie de la turba (e); en el lugar señalado con (X)

MÉTODO DE VOLADURA EN TRINCHERA



SECCIÓN C-C

Carga lista para explotar (línea central retardada de 1-2seg)

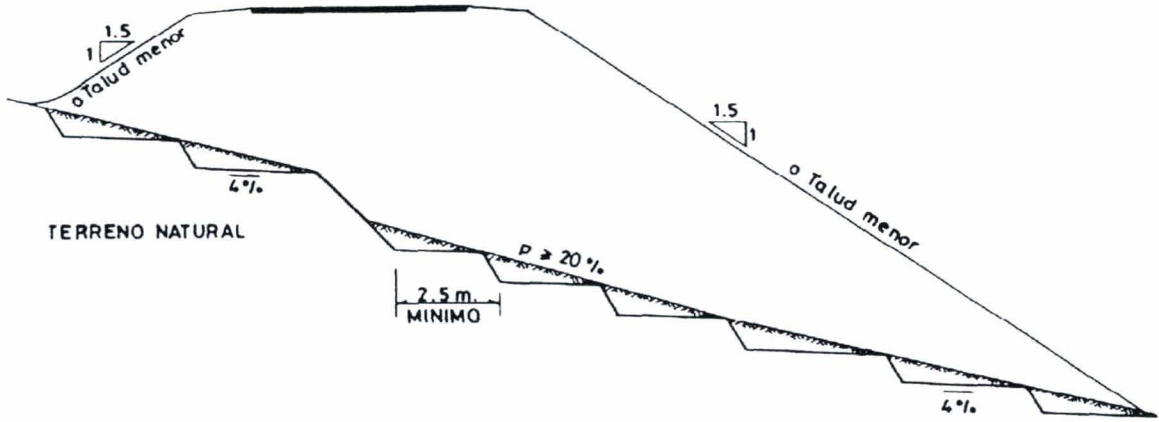


PLANTA

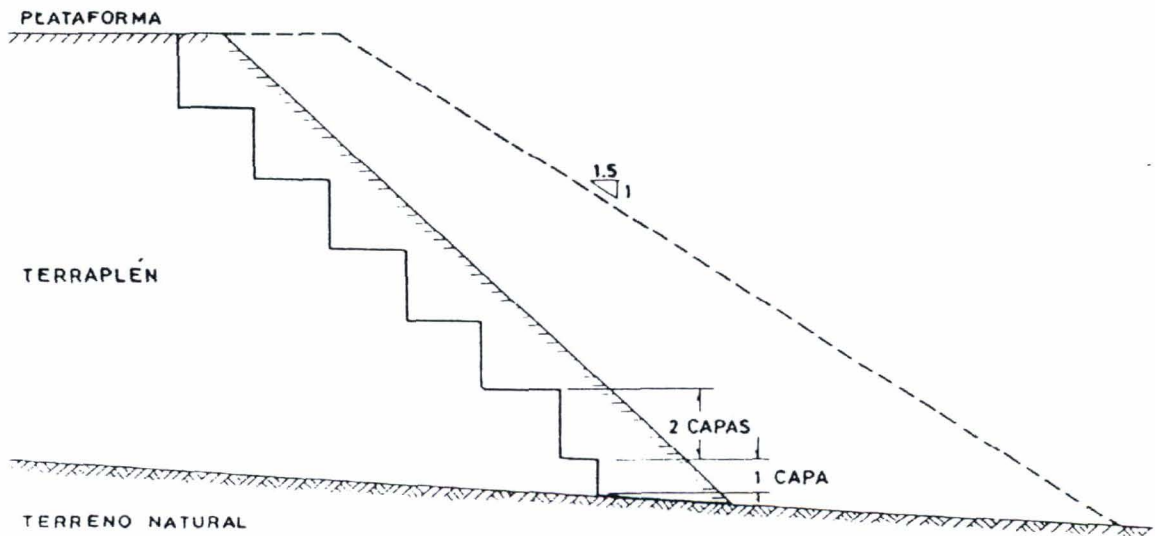
Turba procedente de la excavación

FIGURA 10.3  
TERRAPLENES EN LADERA

ESCALONAMIENTO DE LA BASE DEL TERRAPLÉN



ENSANCHE DE TERRAPLÉN Y CAMBIO DE TALUD



### FIGURA 10.4 TALUD DE CORTE EN ROCA

FIG. 1.) CIZALLE A LO LARGO DE ESTRATO MUY METEORIZADO  
ACTIVADO POR CORTE

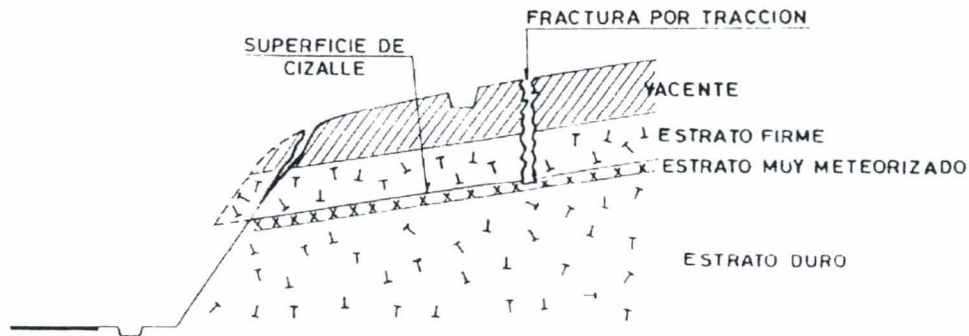
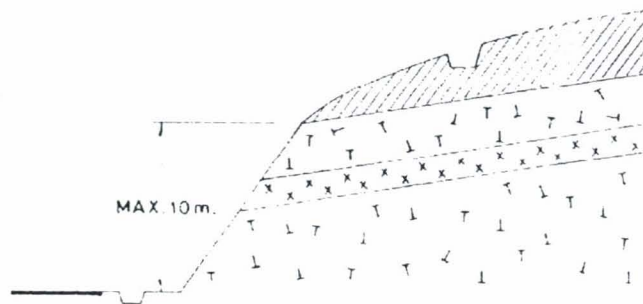


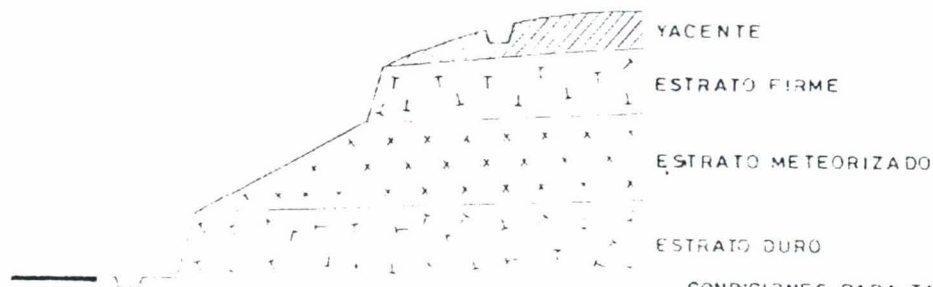
FIG 2a.) CORTE CON TALUD UNIFORME



#### CONDICIONES PARA TALUD UNIFORME

- a) Formación Rocosa
- b) Meteorización Uniforme
- c) Sin Discontinuidades
- d) Buena información para el Diseño
- e) Cortes Bajos
- f) Puede llegar hasta 15 m. si se cuenta con Información Geológica muy completa

FIG. 2b.) CORTE CON TALUD VARIABLE



#### CONDICIONES PARA TALUD VARIABLE

- a) Buena información para el Diseño
- b) Sin Discontinuidades
- c) Taludes Naturalmente Escarpados
- d) Propiedad de Gran Valor sobre los Cortes

FIGURA 10.5  
TALUD DE CORTE EN ROCA CON BANCOS

FIG. a.) BANCOS PERMANENTES

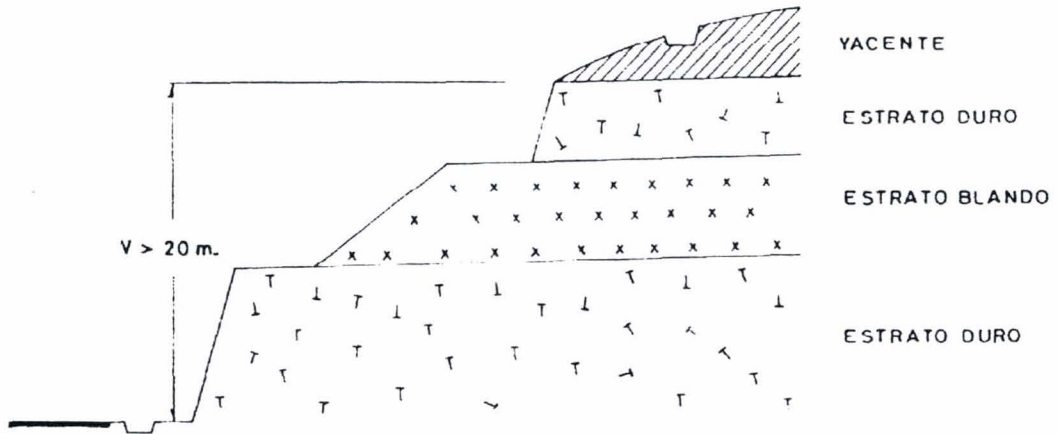


FIG. b.) BANCO TEMPORAL

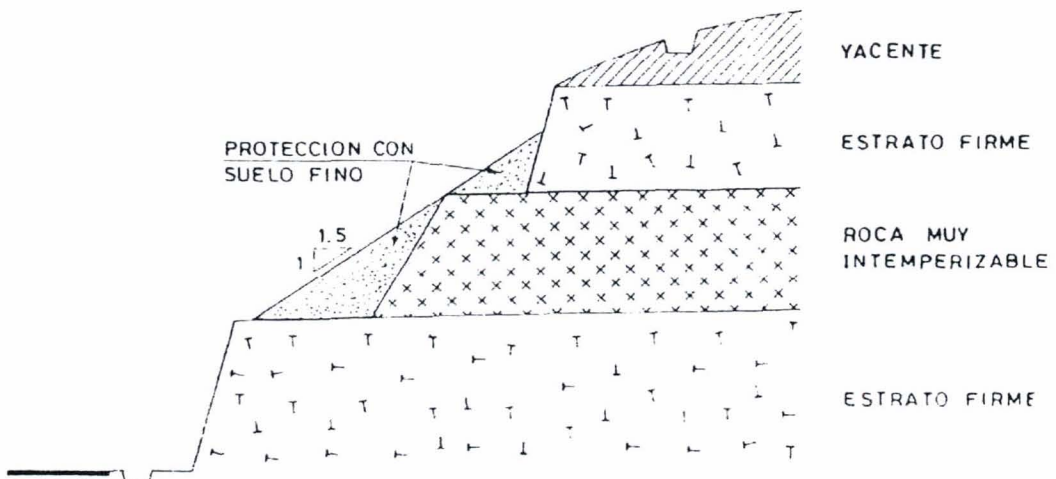


FIGURA 10.6  
TALUD DE CORTE EN ROCA CON BANCOS

FIG. a.) BANCO PERMANENTE EN CORTE DE ROCA

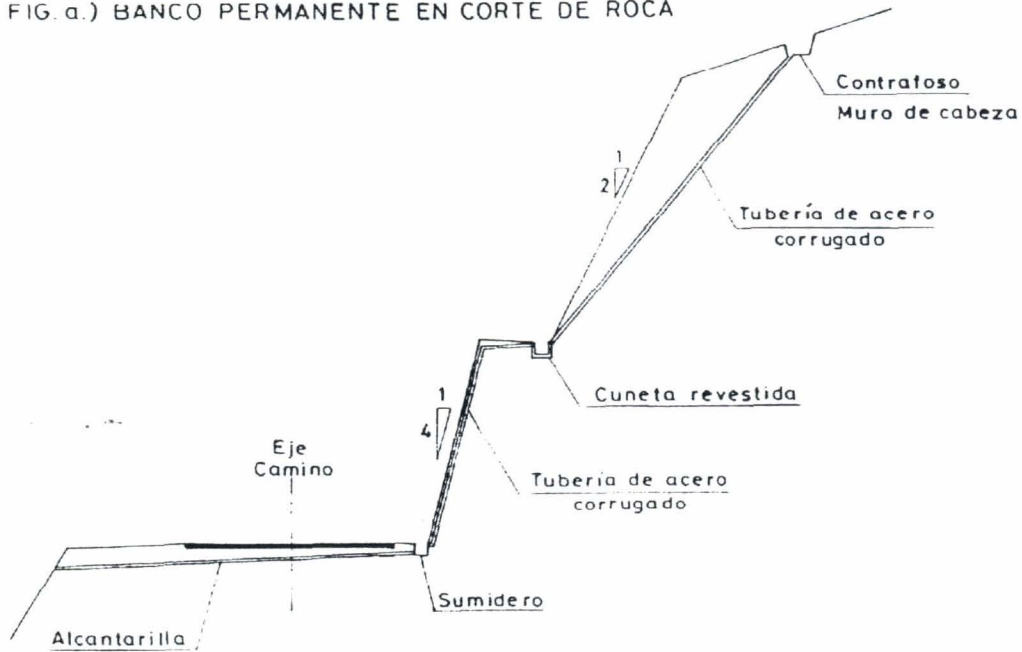


FIG. b.) PRINCIPIOS DE DISEÑOS PARA BANCOS EN ROCA

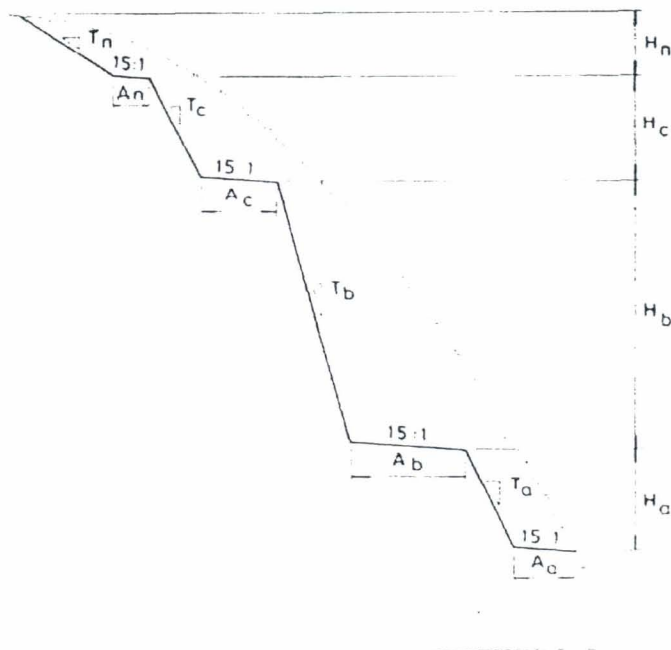
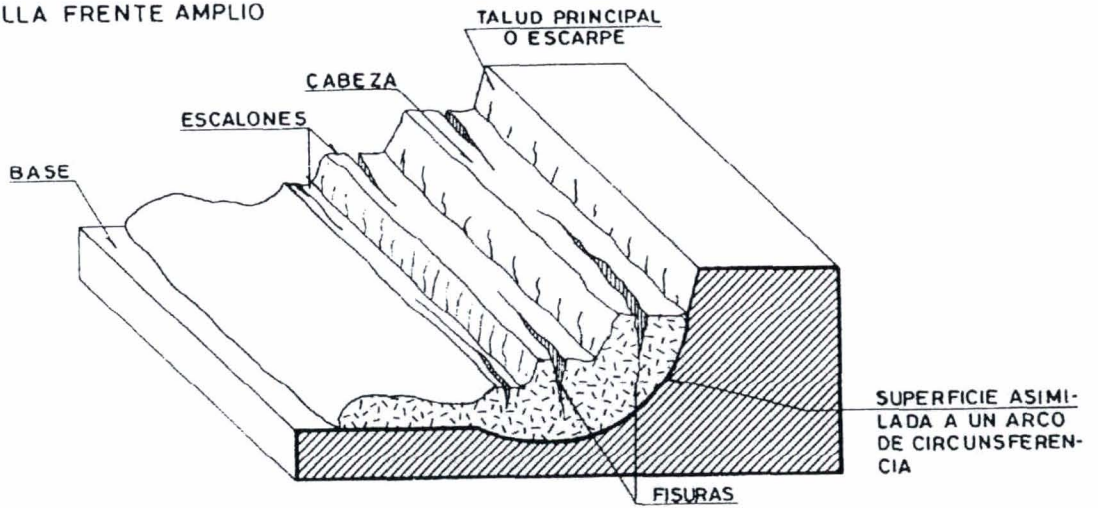


FIGURA 10.7  
FALLAS DE TALUD DE CORTE EN SUELO

FIG. a.) FALLAS ROTACIONALES

a.1.) FALLA FRENTE AMPLIO



a.2.) FALLA CONCOIDAL

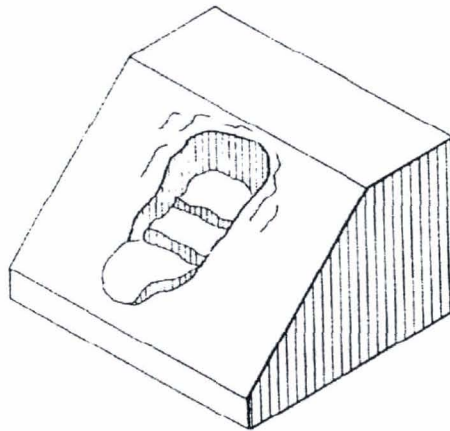


FIG b.) FALLA TRASLACIONAL

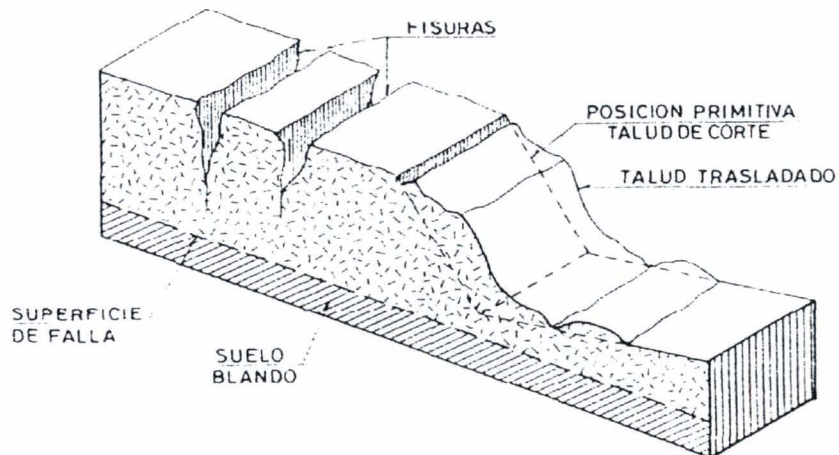


FIGURA 10.8  
FALLAS DE TALUD DE CORTE EN SUELO

FIG. a.) FALLA COMPUESTA ROTACIONAL Y TRASLACIONAL

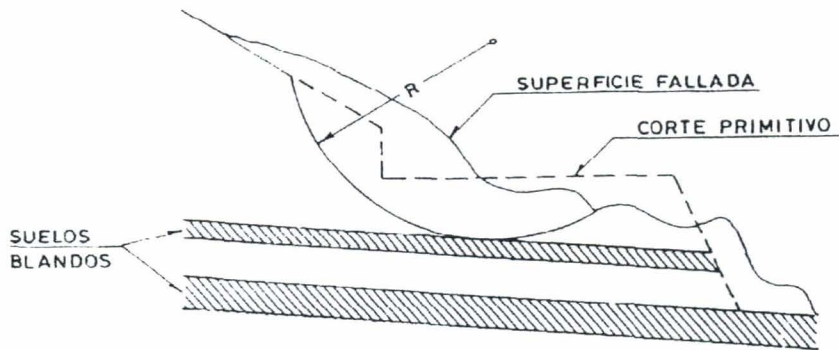
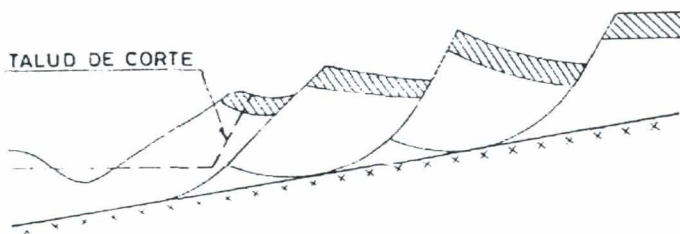


FIG. b.) FALLAS REGRESIVAS

b. 1.) ROTACIONALES



b. 2.) TRASLACIONALES

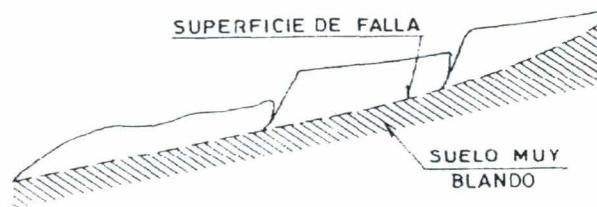


FIG. c.) FALLAS SUCESIVAS



### **SECCIÓN 10.03 ACARREO ADICIONAL**

A) **Generalidades:** *el acarreo extra o adicional exige un cuidadoso análisis, con el fin de que se eviten los acarreos excesivos y se aseguren los registros adecuados para el cálculo de las cantidades por pagar.*

*Los puntos de equilibrio indicados en los planos, representan el acarreo más económico, calculado por factores teóricos de esponjamiento y contracción. Sin embargo, el cálculo de las cantidades por pagar se basará en el acarreo autorizado que realmente se haya hecho, menos la distancia del acarreo libre. Por lo tanto, el Ingeniero de Proyecto deberá llevar constancias adecuadas de los puntos de equilibrio que verdaderamente se utilicen, de todos los cambios ordenados o autorizados, así como de cualquier rodeo no autorizado que haga el Contratista. Si el Contratista elige, por su propia conveniencia y comodidad, que el acarreo del material se realice dando un rodeo, el Ingeniero de Proyecto deberá advertirle que no se efectuará pago alguno por el acarreo adicional o extra que resulte de tal rodeo. Cuando el Contratista escoja dar un rodeo considerable, quizá sea imposible determinar el emplazamiento de todos los puntos de equilibrio. En estos casos, deberán utilizarse los puntos de control más críticos y habrán de calcularse los puntos de equilibrio intermedios. Si el Contratista elige acarrear el material sobre alguna ruta, y tal ruta es más larga, los cálculos se basarán en la distancia de acarreo adicional medida a lo largo de la ruta designada por el Ingeniero.*

### **SECCIÓN 10.04 EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS**

A) **Generalidades:** *por regla general, la excavación para estructuras aparece cotizada en la licitación a precios considerablemente más altos que los precios señalados a las excavaciones comprendidas en la sección 203 del CR-2002. El motivo de este precio más alto no se debe solamente a la dificultad en llevar a cabo la excavación, sino también a la preparación de la base para la estructura propuesta. El costo de rellenar en torno de la estructura, después de que esta se ha*

*colocado su lugar, debe quedar incluido en la partida correspondiente a la excavación, a menos que en el pliego de licitación se haya dispuesto su pago por separado.*

*Los agujeros para drenajes quedarán asegurados si el material contiguo a los agujeros tiene una alta permeabilidad y no está sujeto a atascamiento. En los casos en que se utilice gravilla o piedra triturada, los materiales gruesos habrán de colocarse junto a los agujeros de drenaje.*

**B) Pago:**

- 1) **Excavación:** siempre que se haga necesario excavar por debajo de la rasante de una fundación o de los cimientos de una estructura propuesta, con el fin de eliminar roca u otro material inadecuado, la excavación se medirá hasta la profundidad que ordene el ingeniero. Cualquier excavación hasta una profundidad de más de 1,5 metros por debajo de la profundidad original para esa fundación, se pagará de la manera dispuesta en el artículo 205.09, inciso g) del CR-2002, a menos que se indique de otra forma.*

*El artículo 205.09 del CR-2002 dispone que la medición de la excavación para estructuras no incluirá ninguna excavación para cambios de canales. Cuando una estructura está situada dentro de los límites de un cambio de canal, la medición de la excavación para la estructura se limitará a la excavación adicional que sea necesaria, fuera de los límites del cambio propuesto del canal o por debajo de ellos.*

*En condiciones normales, las estructuras han de colocarse antes de la construcción de terraplenes contiguos. Si el constructor prefiere construir un terraplén antes de instalar una estructura, la medición de la excavación para estructuras se limitará a la que se necesite por debajo de la superficie inicial del suelo. Sin embargo, si la construcción anticipada del terraplén la ha*

ordenado el ingeniero, o si a los planos se les añade una estructura después de que se ha construido un terraplén, entonces la excavación para estructuras se medirá en toda la profundidad necesaria.

- 2) **Relleno para fundaciones:** si en el pliego de licitación hay alguna partida para relleno de fundación, la medición para su pago se efectuará en la posición final. El pago incluye el costo de proporcionar el material, así como su colocación. Sin embargo, si no hubiere partida alguna para relleno de fundación y se hiciera necesaria la sustitución de materiales inadecuados, el trabajo de colocación del nuevo material y de compactarlo es subsidiario a la partida "excavación para estructuras". En este caso, la cantidad de material que se utilice en rellenar la fundación deberá medirse en su posición original, y se pagará de acuerdo con la partida adecuada (excavación para estructuras, excavación sin clasificar o excavación para préstamos).

#### **SECCIÓN 10.05 AGREGADOS PARA LA SUBBASE Y BASE**

- A) **Generalidades:** el espesor del pavimento, tal como aparece indicado en los cortes o secciones típicas de los planos, se diseña de acuerdo con el tipo de suelo de la subrasante, las condiciones climáticas, el tránsito y otros factores. Las capas de subbase y base deberán colocarse con los espesores indicados en los planos, a menos que otras circunstancias hagan necesario colocar un espesor distinto. Debido al diferente peso específico de los materiales y de la compactación durante la construcción, cuando se coloque el material deberán efectuarse ajustes con el fin de obtener el espesor especificado del material compactado.

El Ingeniero de Proyecto deberá prestar cuidadosa atención a las operaciones de producción de agregados, para minimizar la afectación de las áreas de emplazamiento de la maquinaria (plantas trituradoras) y los sitios de explotación (tajos y playones de ríos) de tal forma que se produzca el mínimo impacto posible a las condiciones naturales del área afectada y su entorno. De igual forma deberá

evitarse la contaminación de corrientes de aguas y cualquier otra fuente o naciente de agua. Cuando el Contratista produce agregados de una fuente caso 1, el Ingeniero de Proyecto tendrá autoridad para ordenar que el material se obtenga selectivamente de un tajo y rechazar como inaceptables partes de un yacimiento.

B) **Materiales:** el Ingeniero de Proyecto tiene la obligación de velar para que los materiales se muestreen y prueben de acuerdo con las especificaciones.

C) **Requisitos para la construcción:**

1) **Mezclado:** a menos que las disposiciones especiales ordenen lo contrario, el Contratista puede mezclar el material para la capa de subbase y base empleando mezcladora estacionaria, equipo de mezclado móvil o el de mezcla en el camino.

2) **Compactación:** el Ingeniero de Proyecto deberá pedir al Contratista suficientes determinaciones de la humedad de los materiales para la capa de subbase y base, con el fin de que se asegure la debida compactación. En los materiales corrientes, este contenido de humedad habrá de ser aproximadamente del 9 ó 10 por ciento en el momento de la compactación, si bien su cantidad variará con el peso específico, la textura de la superficie y la granulometría de los agregados. Es esencial que, antes de que se comiencen a esparcir y a compactar los agregados, se haya mezclado con ellos la cantidad adecuada de agua. Las capas de asiento tienen que apisonarse suficientemente y con una compactadora de rodillo del tipo que asegure la compactación mínima especificada. El exceso de agua será causa de que los agregados finos salgan a la superficie al someterlos a compactación. En estos casos, el apisonado deberá suspenderse hasta que se haya eliminado el agua sobrante. Un exceso de agregados finos en la parte superior de la base, o bien, formando una capa entre la base y la superficie bituminosa, puede dar como resultado fallas del pavimento bituminoso.

- 3) **Apilado de los agregados:** si el Contratista escoge apilar los agregados para la base antes de colocarlos, el apilado se efectuará de acuerdo con el artículo 106.09 del CR-2002.

## **SECCIÓN 10.06 PAVIMENTOS RÍGIDOS**

### **A) Producción del hormigón:**

- 1) **Organización de la planta:** la producción de hormigón consiste en escoger, dosificar y mezclar agregados, cemento, agua y aditivos.

*El área de almacenamiento de los materiales y de producción del hormigón debe ser amplia y estar situada lo más cerca posible de la obra, pero fuera de la plataforma del pavimento que se construirá.*

*Su posición en relación con el conjunto de la obra debe ser aquella en la que el tiempo total del transporte del concreto sea mínimo, sobre todo para épocas cálidas.*

*La distancia máxima entre la planta y el punto donde se está pavimentando debe corresponder a un tiempo de transporte del hormigón fresco inferior a 45 minutos. El tiempo máximo de conservación de hormigón, entre el fin del mezclado y el principio del curado, no debe pasar de una hora y media.*

*La organización de los lugares de almacenamiento de materiales y de circulación es muy importante. Aparte de los sitios necesarios para el almacenamiento de los materiales (con los cuales se deben evitar siempre las mezclas entre ellos, y con otros materiales) y de otras instalaciones de lavado de los equipos de transporte, hay que definir con precisión la circulación de los vehículos que se desplazan en el área, entre los cuales los principales son: los*

*camiones de abastecimiento de materiales (agregados y cemento), los cargadores de estos materiales, y los carros de transporte del hormigón.*

*La cantidad de materiales almacenados antes del inicio de la obra, está determinada por la capacidad de producción de quebrador y del ritmo previsto de realización de los trabajos. Se recomienda, sin embargo, realizar un suministro con anticipación, que represente al menos el 50% de la cantidad total de los agregados necesarios.*

*Este depósito se efectúa sobre un suelo de grava tratada, de espesor suficiente, de unos 15 cm, con las pendientes y las cunetas que permitan la evacuación del agua de escorrentía.*

*Los apilamientos de los diferentes agregados deben estar separados o, inclusive, aislados por paredes, para evitar cualquier mezcla.*

*Los equipos utilizados para la carga, transporte, almacenamiento y manejo de los agregados deben trabajar de tal modo que no contaminen los materiales y que modifiquen lo menos posible su granulometría (por segregación o trituración).*

*Por su parte, la fábrica de cemento deberá tener una producción compatible con el ritmo de los trabajos. Para un rendimiento medio, se debe prever en la planta un almacenamiento correspondiente a dos días de funcionamiento, excepto que la fábrica de cemento esté a menos de 50 km de la planta y disponga de un almacenamiento de reserva.*

*La importancia de la calidad del agua necesaria exige un estudio de suministro y de almacenamiento. A modo de ejemplo, es necesario prever cerca de 350 litros de agua por metro cúbico de hormigón producido. Un tercio es empleado para*

*preparar el hormigón, y las dos terceras partes restantes para el lavado de los camiones, el corte de las juntas, etc.*

*Si el suministro de agua se realiza con base en una cañería, conviene asegurarse de que no haya riesgos de insuficiencia o de interrupción. En otros casos, es necesario disponer de tanques en el mismo sitio, para una alimentación mediante camiones cisternas.*

2) **Suministro del hormigón:** *el hormigón se puede producir o suministrar con diferentes sistemas y plantas, entre las cuales se pueden mencionar:*

- Las plantas discontinuas*
- Las plantas continuas*
- O suministro por una planta comercial de hormigón premezclado*

*La elección del tipo de central está ligada al ritmo de la colocación del concreto y a la importancia de la obra.*

*Es común el suministro a partir de plantas de mezclas discontinuas, pero en la actualidad están ganando terreno las plantas de mezclas continuas, desarrolladas para producir grava-cemento u hormigón compactado con rodillo.*

*La utilización de una planta comercial de hormigón premezclado no se puede tener en cuenta sino para ritmos inferiores a 100 m<sup>3</sup>/hora.*

*Por razones de regularidad en la realización de la obra (influencia del hormigón en el comportamiento del equipo), se aconseja utilizar dos centrales para atender la maquinaria colocadora de hormigón.*

*Las centrales se clasifican en la siguiente forma:*

**Clase 1:** son las que tienen dispositivos de pesaje de precisión común y no son automáticas. No están provistas de ningún medio de control en su funcionamiento.

**Clase 2:** son centrales automáticas, con dispositivos de pesaje de precisión común.

**Clase 3:** son centrales automáticas, con dispositivos de pesaje de precisión media, provistos de dispositivos de registros de la energía de mezclado.

**Clase 4:** son centrales automáticas, con dispositivos de pesaje de buena precisión, provistos de dispositivos de registros de las pesadas y de la energía gastada durante el mezclado.

Si la dosificación de los agregados es discontinua, puede ser acumulativa, y cada tipo de agregado se pesa por separado.

Las básculas deben tener una capacidad acorde con la del mezclador, de modo que las pesadas se realicen en las zonas de buena precisión de las básculas. Si  $C$  es la capacidad nominal del mezclador y se expresa en metros cúbicos, la capacidad máxima de las básculas sería:

- Para el cemento:  $0.6 C$  toneladas.
- Para los agregados:  $3 C$  toneladas, en caso de pesaje acumulativo, y de  $1.5 C$  toneladas por agregado, en caso de pesaje en básculas separadas.
- Para el agua. se dosifica pesada:  $0.3 C$  toneladas.
- En el momento de poner al servicio la planta, se debe efectuar una verificación a las básculas, la cual ha de repetirse cada vez que se instale la planta. Las básculas deben calibrar y verificar con frecuencia comparando el valor leído en el indicador de la báscula con el valor de las masas

*marcadas, taras dispuestas sobre el receptáculo de pesaje. Es conveniente realizar estas operaciones al menos una vez por semana.*

*Con frecuencia, la dosificación del agua es difícil de efectuar con una buena regularidad. El agua total de la mezcla está compuesta por:*

- *El agua contenida en los agregados, que no se puede medir de una manera precisa y continua en la planta.*
- *El agua añadida, cuya cantidad está asegurada tanto por el pesaje como por un medidor volumétrico.*
- *El agua susceptible de ser añadida por comando manual para ajustar la consistencia.*
- *El agua de dilución de los aditivos.*

*Los detectores que miden el contenido de agua de los agregados se deben unificar y colocar en las zonas activas de las tolvas.*

*La dosificación de los aditivos se realiza siempre en solución; cada aditivo dispone de un nivel de dosificación diferente, que se puede asegurar mediante pesaje, o con la ayuda de dispositivos de bombeo, del tipo volumétrico, asociados a un equipo de reloj.*

3) ***Plantas centrales más utilizadas:*** *las plantas centrales de mezclas más usadas son:*

- *Las centrales con uno o dos mezcladores de eje horizontal y que se descargan por basculamiento, cuyo volumen oscila entre 4 y 7,5 m<sup>3</sup>. Las capacidades efectivas de estos equipos varían alrededor de 140 a 360 m<sup>3</sup> de hormigón por hora. La duración de un ciclo completo es del orden de 90 segundos. Para algunas de estas centrales, la adición de una premezcladora permite reducir ese tiempo a 60 segundos.*

- *Las centrales de una o dos mezcladoras de eje horizontal y vaciado por abertura, en la parte inferior, sin basculamiento, cuyo volumen puede estar entre 3 y 7 m<sup>3</sup>. Las capacidades efectivas varían de 140 a 300 m<sup>3</sup>/hora.*
- *Las centrales en las cuales la mezcla del hormigón se realiza en un tambor homogeneizador, que puede estar fijo en relación con un recipiente o en movimiento.*

*Estos equipos permiten obtener una buena homogeneización de los constituyentes siempre que se sigan las recomendaciones mínimas:*

- *La primera de ellas es que cada clase de mezclador tiene un ciclo de introducción óptima de los constituyentes, el cual se debe definir antes de iniciar la operación de la planta, y mantener durante todo el tiempo que dure la obra.*
- *Se puede decir que, para una hormigonera, el ciclo óptimo corresponde a una introducción simultánea de todos los constituyentes y a que se realice un apilado de los materiales en la banda transportadora de alimentación.*
- *La segunda se relaciona con el tiempo de mezclado, que debe ser suficiente para obtener la homogeneización, la cual se puede verificar con la ayuda del vatímetro: se considera que, cuando la potencia del mezclador se hace constante, el producto alcanza la homogeneidad máxima que le permite el mezclador.*

*El almacenamiento, la dosificación y el mezclado de los constituyentes no son independientes. Estas tres operaciones deben ser compatibles entre ellas y funcionar armónicamente, lo cual se obtiene con la automatización de la central.*

*Entre las condiciones de compatibilidad, se pueden citar, por ejemplo:*

- *Que los ritmos de suministro a partir del depósito principal, así como las capacidades de almacenamiento intermedio en la central, permitan una alimentación regular de los dosificadores.*
- *Que los aparatos de dosificación tengan la capacidad necesaria para poder llenar la mezcladora a un ritmo suficiente (central continua) o de una sola vez (central discontinua).*
- *Que la automatización sea bastante confiable para dirigir el funcionamiento de los dosificadores y la alimentación de la mezcladora de una manera muy puntual.*
- *Que la mezcladora sea eficaz para lograr la homogeneización de la mezcla, incluso si el ciclo de producción presentara algunas irregularidades.*

*Para limitar el tiempo de mezclado, algunas centrales disponen de un premezclador, un recipiente suplementario ubicado en la parte superior de la mezcladora, donde se introducen los materiales secos que se mezclan; después, los materiales se empujan hacia la mezcladora, dentro de la cual el agua está depositada y los materiales continúan mezclándose. Se gana un tiempo no despreciable, sobre el total del mezclado, que corresponde a la duración de vaciado de la mezcladora.*

- 4) **Control de la producción:** además del control clásico sobre el concreto fresco (manejabilidad<sup>1</sup>, asentamiento, contenido de aire incluido) y sobre el concreto duro (resistencia mecánica), se aconseja un control continuo de la producción

---

<sup>1</sup> Manejabilidad y trabajabilidad = Facilidad con que la mezcla se puede trabajar

*del concreto mediante registros gráficos, acompañados de registros numéricos, en las plantas de por lo menos 500 m<sup>3</sup>/día.*

*Estos registros tienen un triple fin:*

- Proporcionar al Ingeniero de Proyecto los medios para juzgar la calidad del trabajo efectuado para la empresa, al instante o después.*
- Suministrar los medios para controlar la producción, en función de los elementos planteados por el control integrado, y, por lo tanto, reaccionar muy rápido en caso de anomalías constatadas (ajuste de una desviación o, en el extremo, rechazo de una mezcla).*
- Brindar al personal de control los medios necesarios para un seguimiento eficaz y continuo, y para vigilar los controles clásicos.*

*El material de registro permite recoger las informaciones mediante receptores, que registran el peso de los agregados y del cemento, la dosificación del agua, de los aditivos, la medida de la energía de mezclado, la fecha, la hora y el número de la mezcla producida.*

*Estos parámetros se registran con cada mezcla, y el gráfico permite verificar la regularidad de la producción o eventuales anomalías.*

*Estas informaciones se procesan en una computadora y se obtiene la siguiente información: fecha, hora, número de la mezcla, pesos de los diferentes componentes, subrayando aquellos que sobrepasan las tolerancias admitidas. En este punto, es fácil verificar si hay una anomalía en la producción; si el nivel de alarma se ha alcanzado, una supervisión estricta de las mezclas siguientes permite indicar si se trata de un accidente, o si hay una desviación y entonces remediarla eventualmente.*

*Sin son los niveles de rechazo los que se han alcanzado, esto implica normalmente suspender la producción para buscar la causa del defecto.*

*Este registro permite efectuar tratamientos de tipo estadístico sobre la regularidad de la producción, los procedimientos por seguir, etc.*

- 5) **Control de los equipos:** *sin embargo, antes de empezar a producir, hay que estar seguros de la buena calidad y del inmejorable estado del material que se empleará.*

*Para apreciar la aptitud del equipo, conviene verificar que las tolerancias de producción se respeten y que los constituyentes de la mezcla sean homogeneizados eficazmente.*

*El hormigón producido según la composición fijada, debe tener las propiedades esperadas, ya sea en estado fresco (manejabilidad) o en su estado endurecido (resistencias superiores o iguales a las fijadas).*

*Estas verificaciones se realizan por toma de muestras (al menos tres) en varios puntos de la bachada. Se considera que la homogeneización es satisfactoria si, en primer lugar, las variaciones de consistencia son inferiores a 1 cm para el ensayo de asentamiento, en relación con el valor medio de los resultados de ensayos; y, en segundo lugar, si las variaciones del contenido de aire incluido son inferiores al 1% con respecto al valor medio.*

*Las mezcladoras del laboratorio y de la planta tienen, por lo general, una eficiencia muy diferente y hacen que, con frecuencia, sea necesario ajustar la composición del hormigón, modificando las cantidades de agua, plastificantes e incluso de aire.*

*Debe tenerse en cuenta que los ajustes se deben efectuar modificando en cada paso, un solo parámetro, ya que cada uno de ellos influye sobre el conjunto de características del hormigón. El ajuste de las dosificaciones es muy delicado, en especial cuando el hormigón en cuestión presenta una consistencia áspera como consecuencia de deficiencias en la granulometría de los agregados.*

*Según la sensibilidad de la resistencia al contenido de agua del diseño, se ajustan la “manejabilidad” y la consistencia por medio del cambio de la dosificación de agua y plastificante.*

*Por otra parte, es necesario que las condiciones de producción se conserven; el tiempo de mezclado, por ejemplo, actúa sobre el contenido de aire incluido, pero también sobre la “manejabilidad”.*

*El orden cronológico deseable de las operaciones es el siguiente:*

- Ajuste de la cantidad de agua (y eventualmente del plastificante), para obtener una consistencia aproximada al valor medio previsto en el contrato.*
- Ajuste de la cantidad de aditivo incorporador de aire, para obtener la cantidad de aire incluido cercana a la prevista en el contrato.*
- Después de obtener los valores deseados, se deben controlar las características mecánicas del concreto.*

*Los resultados que se obtienen en el tercer paso, son los únicos que se deben utilizar para juzgar la validez de los ensayos: se deben, pues, anotar todos los valores que caracterizan el hormigón.*

*Se toman tres muestras de hormigón por bacheada y una de cemento y de aditivo. Estas muestras deben ser representativas de los constituyentes que entran en la*

*composición de las mezclas consideradas y, por lo tanto, se deben realizar entre el depósito y el dosificador.*

*De cada una de estas muestras, se determinan los parámetros de producción (cantidades dosificadas y curvas de mezclado) y se hacen tres tomas de muestras de hormigón: la primera al final del primer sexto del tiempo de vaciado de la mezcla, la segunda en la mitad de este tiempo y la tercera al comienzo del último sexto. La cantidad de hormigón por muestra debe ser suficiente para medir la consistencia y el contenido de aire incluido, y para confeccionar tres probetas para medir la resistencia mecánica.*

*La variación de las medidas sobre estas tres muestras no debe sobrepasar:*

- *Dos centímetros de asentamiento en el cono de Abrahams.*
- *El 3% para la relación entre los pesos del mortero y el total del concreto, considerando el mortero como el conjunto de material de tamaño inferior a 5 mm.*

*La prueba se declara satisfactoria si, además, los resultados mecánicos a siete días se ajustan a las especificaciones.*

*En el caso de que no fuera así, se podría repetir la prueba o esperar los resultados a 28 días. De aquí la necesidad de realizar los estudios con suficiente anterioridad.*

- 6) **Control del hormigón:** *en las centrales de mezclas continuas, se debe asegurar que la homogeneización efectuada sea suficiente, independientemente del volumen de producción de la central.*

*Esta se puede juzgar satisfactoriamente cuando, sobre cinco mezclas espaciadas 30 segundos, las variaciones son inferiores a:*

- *El 1% para aire incluido.*
- *Dos centímetros para el asentamiento en el cono de Abrahams.*
- *El 3% para la relación entre los pesos del mortero y el total del concreto, considerando el mortero como el material de tamaño inferior a 5 mm.*

*Se trata, pues, de los mismos criterios usados para las centrales discontinuas. Las centrales continuas aún no se usan bastante para la producción de hormigón plástico para vías. Por lo tanto se recomienda, al menos en el comienzo de la producción, realizar controles de contenido de aire, de asentamiento en el cono, de composición granulométrica y de resistencia.*

*Cuando se hayan tomado las medidas iniciales, verificado y unificado la precisión y exactitud de las básculas, entonces es necesario asegurar, durante todo el trabajo, que los equipos continúen funcionando bien y que las medidas no hayan sufrido desviaciones.*

*Así, en principio todos los días, y luego por lo menos una vez por semana, conviene verificar que:*

- *Las compuertas que controlan la salida de los agregados funcionan correctamente, así como el vibrador que ayuda a la descarga de arena y el de medida del contenido de agua.*
- *Los tornillos de extracción funcionan adecuadamente, y que el suministro de cemento a la báscula y la descarga sobre la banda de alimentación son correctos.*
- *El suministro de agua es adecuado, que no hay fugas, y asegurarse del buen funcionamiento del contador y de la bomba volumétrica, sobre todo si la presión del circuito de alimentación es susceptible de variaciones.*

- *Están funcionando bien los dispositivos auxiliares de aditivo y del agua, y que el dispositivo de dosificación está calibrado; que son eficientes los agitadores en los recipientes y es bueno el funcionamiento de los medidores de nivel en los tanques de depósito.*
- *Las básculas están debidamente calibradas.*

*Hay que verificar la movilidad de los recipientes de pesaje sobre sus soportes, y, en particular, asegurarse de que el llenado con el peso previsto del recipiente de pesaje de agregados, no estorbe al cerrar la compuerta.*

*Un mantenimiento insuficiente (compuerta trabada con un agregado grueso, por ejemplo) puede producir diferencias importantes de contenido. Sin embargo, los dispositivos de manejo de las centrales discontinuas tienen ciertas seguridades que impiden:*

- *Que se inicie el pesaje si todas las básculas no han regresado a cero.*
- *La apertura de las compuertas de alimentación de las tolvas de pesaje si los obturadores de vaciado no están cerrados.*
- *La maniobra de los obturadores de vaciado de las tolvas de pesaje si los pesos tomados no se alcanzan para cada uno de los constituyentes.*
- *La duración del mezclado en las centrales discontinuas (contada a partir del momento en que todos los constituyentes están dentro del mezclador) no debe ser inferior a 50 segundos, a menos que algunos ensayos prueben que la homogeneidad se puede obtener en un tiempo menor, especialmente en las centrales provistas de un premezclador.*

*Al hormigón producido se le deben controlar sus propiedades mediante ensayos normalizados, a saber:*

- *Para el hormigón fresco, y salvo una estipulación contraria del contrato, las pruebas del control de producción corresponden al productor de la mezcla. Estas se deben realizar en la cercanía del sitio de producción del concreto. Dentro de estas pruebas, merecen mención:*
  - *La de consistencia por medio del asentamiento del cono, a razón de un ensayo por cada 20 m<sup>3</sup> de concreto producido, o al menos cada dos horas.*
  - *La del aire incluido con la misma periodicidad que la anterior.*

*Los resultados de las pruebas se consignan en un registro especial que está a disposición del Ingeniero de obra.*

- *Para el control del hormigón endurecido, se procede a la toma de muestras y a la elaboración de las probetas y de los ensayos para las pruebas de control de resistencia.*

*El hormigón para los ensayos de resistencia por flexión, se toma en el sitio de la producción, y cada probeta proviene de una mezcla diferente. Salvo estipulación diferente del contrato, cada día se confeccionan tres grupos de probetas prismáticas.*

*Después de escoger el hormigón y elaborar las probetas (en condiciones lo más cercanas posible a las del equipo), estas se conservan en el molde a una temperatura lo más cercana posible a 20 °C, protegidas del sol y, si es posible, bajo una tela de cabuya que debe mantenerse húmeda.*

*Si las probetas se ensayan en el laboratorio, después de retirarlas de la formaleta se deben cubrir con un material impermeable y transportarlas al laboratorio en el menor tiempo posible. Allí se conservan a una temperatura de  $20 \pm 1$  °C, sea en ambiente saturado o sumergido.*

*Si se van a ensayar en la planta, las probetas se sumergen desde que se retiran de la formaleta, y se conservan a una temperatura lo más cercana posible a 20 °C.*

*En ambos casos, antes del ensayo las probetas se secan con un trapo, pero no totalmente. Todas las probetas se marcan con pintura en el momento del desmoldeo.*

### **B) Transporte y colocación del hormigón:**

**1) Transporte del hormigón:** *el transporte del hormigón se puede efectuar con las mezclas secas, o después de mezclarlo con agua en las centrales.*

- **Transporte del hormigón seco:** *el transporte del hormigón seco se realiza cuando la mezcla del hormigón se efectúa en la planta para obras de poca importancia.*
- **Transporte del hormigón mezclado en una planta central:** *el transporte del hormigón producido en plantas centrales de mezclas, se debe realizar en condiciones tales que, a la llegada a la obra, responda a las características exigidas y pueda utilizarse al instante; y que el abastecimiento sea suficiente para que la alimentación del equipo extendedor sea lo más regular posible, sobre todo con el fin de evitar las interrupciones y pasadas sucesivas.*

*El transporte se efectúa mediante vagonetas o camiones con capacidad para transportar un número completo de batidas (1 ó 2).*

*El número de vehículos para el transporte del hormigón debe ser mayor en dos o tres unidades al número teórico, teniendo en cuenta la distancia de la central a la obra, las características de la vía que se toma (trazado, estado de recubrimiento, perfil), el tráfico y, por lo tanto, la velocidad media de circulación; la necesidad de asegurar una limpieza de vehículos y, en especial, su lavado por lo menos una vez cada día, considerando las condiciones meteorológicas y las interrupciones accidentales.*

*Los camiones cargados no deben circular por los pavimentos recién construidos, excepto en el caso de que el hormigón haya alcanzado los límites de resistencia fijados para permitir el paso de vehículos.*

*Si el hormigón se descarga directamente sobre el suelo, en períodos cálidos y secos el suelo debe humedecerse para evitar cualquier pérdida de agua del hormigón.*

***Dos métodos de descarga:*** *el hormigón se descarga en el eje de la vía o en dos cordones paralelos, y la distribución del hormigón sobre toda la longitud se realiza con la ayuda de un tornillo sin fin.*

*Sin embargo, se debe anotar que la descarga en dos cordones cercanos a los bordes es preferible cuando el equipo deslizante trabaja en grandes anchos (8 m o más), o inclusive cuando el dispositivo repartidor del equipo no es muy eficiente y actúa sólo en la superficie, lo cual provoca acumulaciones y escapes de mortero que, cuando se producen contra las formaletas, ocasionan hundimientos de los bordes de las losas a la salida de las formaletas deslizantes.*

*Cuando el suministro de hormigón se efectúa a partir de una planta fija de hormigón premezclado cercano a la obra, la primera operación que se debe realizar a la llegada de la obra es verificar el recibo de entrega, en el cual se debe controlar la hora de producción, la calidad y la cantidad de los diversos constituyentes.*

*Si el hormigón se transporta con carros mezcladores, existe la posibilidad de girar la tolva con gran velocidad antes de descargarla; esta operación tiene como fin reincorporar, dentro de la masa del hormigón, el agregado que caería casi siempre al comienzo de la descarga.*

- 2) ***Colocación del hormigón:*** *en el diseño del pavimento, se determinan todas las características del pavimento, tanto del trazado geométrico como el de las estructuras en sí, ya sea que se trate de un pavimento de hormigón o de uno de asfalto.*

*El espesor de la losa podrá ser uniforme o tener un perfil trapezoidal con un sobreespesor a la derecha, en el lado por donde circulan los vehículos pesados.*

*El tipo de drenaje entre las capas que constituyen el pavimento, se debe definir con anterioridad con el fin de que los trabajos correspondientes se puedan realizar a tiempo, tratándose de un hormigón pobre que separe la fundación de la capa de rodadura, o de la capa drenante sobre la cual se coloca una losa gruesa, o de la capa de recubrimiento asfáltico.*

*La calidad de la base es muy importante para la durabilidad del pavimento, y es definitivo que, en las juntas y en los bordes de la losa, la base sea bien drenada y lo menos sensible al agua, y que evite los riesgos de bombeo.*

*Los defectos que se deben señalar son los geométricos, espesor y horizontalidad, pero también los defectos de homogeneidad de la resistencia, de dureza superficial, las fisuras, degradaciones superficiales, etc.*

*La colocación de los mojones en la obra obliga al Contratista a verificar las cotas y dar a conocer sus observaciones; también, debe proceder a colocar los mojones complementarios.*

*Al mismo tiempo, se deben determinar las coordenadas de los bordes de las losas de 10 en 10 m, en los trayectos rectos, y de 5 en 5 m en las curvas, de manera que se pueda asegurar la colocación de las formaletas, o la implantación de los hilos en el caso de utilizar equipos dirigidos por sensores en dirección y altitud.*

*La flecha del hilo entre dos soportes debe ser inferior a 1 mm. De todas maneras, los topógrafos deben garantizar que los soportes no se desplacen.*

*Estos soportes se deben instalar 48 horas antes del paso del equipo, con el fin de verificar el espesor mínimo de la losa y rectificar, si es necesario, el perfil longitudinal. Cuando se detecten grandes variaciones en el espesor del concreto, especialmente en el borde de la vía, se puede colocar una capa de nivelación que sirva de refuerzo de la vía para el paso del equipo.*

*Para construir una sobrecapa de hormigón, es indispensable disponer de un plano topográfico que permita definir el nuevo perfil de la vía y asegurar así las transiciones en los cruces.*

*Teniendo en cuenta que los mojones condicionan el perfil definitivo de la vía, se deben instalar con cuidado.*

Según las características del pavimento por construir, el hormigón se puede colocar:

- *Mediante la compactación del hormigón con regla vibratoria, sostenida entre las formaletas.*
- *Por nivelación y compactación del hormigón con un equipo apoyado sobre formaletas fijas.*
- *Con un equipo de formaletas deslizantes.*

Los tres procedimientos, a su vez, determinan los equipos de colocación y, de cierta manera, la evolución de las técnicas de construcción de los pavimentos de hormigón que ha pasado por:

- *Formaletas fijas, con vibración y terminación manual.*
- *Formaletas fijas, con vibración y terminación mecánica.*
- *Equipos de formaletas deslizantes, que posee un sistema de formaletas integradas y que se desplaza sobre ruedas u orugas.*

Este equipo es similar a una terminadora de las utilizadas para productos asfálticos, pero que ha sido aceptada para colocar el hormigón.

- a) **Distribución y colocación del hormigón entre formaletas fijas:** generalmente, las formaletas se fabrican en acero y sirven al mismo tiempo de molde para la losa y de rieles de circulación para los equipos de distribución, de colocación en la obra y del acabado del hormigón. Su altura corresponde al espesor de la losa.

*Cada elemento de la formaleta tiene una longitud de por lo menos 3 m, y la zona de circulación no debe presentar defectos de más de 3 mm bajo la regla de 3 m.*

*Está prohibido el empleo de formaletas deformadas o torcidas. La rigidez vertical y la transversal deben ser suficientes para que, bajo el peso de los equipos cargados, no se produzca ninguna deflexión perjudicial, que dañe a su vez al hormigón fresco (el desplazamiento de la zona de rodamiento de la formaleta bajo el paso de los equipos debe ser inferior a 3 mm en nivel y 6 mm en planta).*

*La base de las formaletas tendrá al menos 20 cm de ancho y cada elemento de estos debe poderse fijar al piso mediante estacas separadas entre sí menos de 1 m.*

*Los elementos de las formaletas se ensamblan frente a frente mediante un sistema de acoplamiento rígido que debe asegurar una transferencia eficaz de las cargas al paso de los equipos.*

*La rigidez de los elementos, la de las piezas de ensamblaje y la continuidad de los apoyos de las formaletas en la subrasante, son las condiciones principales para obtener un buen perfil del pavimento.*

*Las formaletas se apoyan en la subbase del pavimento. Después de colocadas, acopladas y fijadas, se les da una nivelación rigurosa y una fijación perfecta, con arena si la capa de soporte es tratada, o con relleno si esta no ha sido tratada.*

*Cuando las formaletas sean colocadas sobre cuñas, se utilizan por lo menos tres cuñas por formaleta; para evitar la deformación y asegurar un soporte suficiente, cada una tendrá una superficie mínima de 400*

*cm<sup>2</sup>. Los espacios entre las formaletas y el suelo se deben rellenar con arena.*

*El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, debe ser correcto. No se deben observar diferencias en la altura, ni desviación en planta superior a 10 mm en relación con el alineamiento teórico. Además, en ningún punto se debe observar una flecha superior a 3 mm bajo una regla de 3 m puesta sobre el riel de las formaletas. Toda desviación en exceso se debe corregir apenas se detecte.*

*Antes de descargar el hormigón, debe estar disponible una longitud mínima y alineada de formaletas. Esta longitud debe ser al menos la equivalente al avance de una hora de trabajo. Las formaletas se deben aceitar en su parte interior, antes de iniciar el vaciado del hormigón.*

*Si fuera necesario, la superficie de la capa de soporte se debe limpiar de todos los materiales excedentes; y, en caso necesario, se debe realizar una compactación complementaria después de retirar los excedentes.*

*En el instante previo al inicio de la descarga del concreto, la parte superior de base se riega con agua, en cantidad suficiente para evitar que pueda absorber agua del hormigón, pero evitando la formación de charcos.*

*El retiro de las formaletas se puede realizar cuando el hormigón tenga la dureza suficiente y los riesgos de daños estén descartados. El hormigón se suministra, reparte, nivela y asegura dentro de las formaletas con la ayuda de equipos aceptados por el Ingeniero de Proyecto.*

*Salvo estipulación contraria del contrato, la losa se hace en una sola capa. En el caso de ejecución en dos capas, la segunda se debe colocar antes de comenzar el fraguado de la primera.*

*La vibración se realiza con la ayuda de reglas vibratorias o con la ayuda de vibradores de aguja montados en un chasis. El Ingeniero de Proyecto debe verificar que el equipo propuesto por el Contratista tenga una potencia suficiente para repartir, nivelar y compactar el hormigón de una manera satisfactoria. No es recomendable utilizar de vigas vibratorias para vaciados de espesores superiores a 200 mm.*

*Cualquiera que sea la longitud de las formaleas y de la losa, el hormigón se debe vibrar con la ayuda de vibradores internos para evitar la formación de hormigueros, pero su acción en un mismo sitio se debe limitar a máximo 30 segundos, para impedir la segregación del hormigón. Se debe tener un número suficiente de pasarelas para permitir las labores de construcción sin que los obreros tengan que pisar el hormigón.*

*Al hormigón compactado se le nivela la superficie, primero en el sentido transversal, con la ayuda de equipos aceptados por el Ingeniero de Proyecto en cantidad suficiente; el acabado longitudinal se efectúa a continuación mecánicamente o a mano. Cada codal debe empujar delante de ella una cantidad suficiente de hormigón fino (sin mucho agregado grueso) de una altura suficiente para evitar cualquier depresión.*

*El control del perfil obtenido se efectúa inmediatamente después de la terminación, mediante el paso, en el sentido transversal, de una regla de longitud mínima de 3 m colocada longitudinalmente. Si fuera necesaria una adición, se debe realizar con hormigón fresco de idénticas*

*características al empleado para la construcción del pavimento. En toda la zona involucrada, se debe repetir la compactación y la nivelación.*

*b) **Distribución y colocación del hormigón con equipos de formaletas deslizantes:** el funcionamiento básico de los equipos de formaletas deslizantes se indica a continuación:*

- El hormigón suministrado por volteo de los camiones o por intermedio de un alimentador lateral, se reparte uniformemente delante del equipo por un sistema doble de tornillo sin fin, o de una carrera que se desplaza hacia los lados en vaivén.*
- Luego, se compacta el hormigón con la ayuda de los vibradores de inmersión en número suficiente y por medio de tubos vibratorios.*
- El hormigón se distribuye entre las formaletas laterales deslizantes que se desplazan, a medida que el equipo avanza, y se desliza contra el concreto fresco que se acaba de colocar sobre la base; en la cara superior, hay una viga vibratoria que extruye el concreto, y dos codales transversales de movimientos alternados y una pulidora.*
- Por último, para mejorar la rugosidad superficial se complementa este conjunto con un dispositivo que permite el rayado del hormigón fresco.*

*Estos equipos se montan sobre un chasis soportado por dos, tres o cuatro orugas mediante gatos hidráulicos.*

*Para permitir el trabajo de estos elementos en buenas condiciones y obtener una losa uniforme, el equipo se controla horizontal y verticalmente, teniendo como referencia uno o más hilos tendidos entre*

*soportes fijados a los lados de la vía, a una distancia determinada del eje y a una cota fija por encima del nivel calculado del borde de la losa.*

*Los equipos se apoyan sobre orugas largas, que permiten también trabajar con los gatos hidráulicos fijos en una posición si la superficie sobre la que se desplazan las orugas está bien nivelada.*

*Conviene conocer las diferentes funciones de los equipos y los mecanismos que las aseguran, así como su importancia sobre el producto obtenido.*

**Distribución del hormigón:** *el hormigón se descarga delante del equipo, que debe entonces distribuirlo sobre todo el ancho que se pavimentará, para evitar que falte concreto en algún sitio y lograr que la carga en el equipo sea simétrica, para poder así ejercer una presión uniforme sobre el hormigón que se está colocando.*

*Es importante que la carga de hormigón en la parte delantera del equipo sea uniforme, para evitar perturbaciones en el acabado superficial, como consecuencia de un desplazamiento errático del equipo y, por ende, acciones de compresión y vibración variables sobre el hormigón colocado.*

*El Contratista debe asignar a una persona que esté atenta delante de equipo y que, con el operador de este, coordine la posición y descarga del concreto.*

*En principio, sobre un pavimento de 7.50 a 8 m de ancho, el vaciado se realiza sobre dos hileras. Cuando este se efectúa demasiado cerca al equipo y el concreto es muy fluido, se puede producir un atascamiento o una onda detrás del equipo.*

Para asegurar la repartición del hormigón sobre el ancho del equipo, hay máquinas que poseen dos tornillos laterales que pueden desplazar el concreto hacia los bordes. Los tornillos están seguidos de una viga transversal que nivela el concreto. Otros equipos tienen una carreta que se desplaza lateralmente de un borde o al otro distribuyendo el hormigón.

Algunos equipos tienen un alimentador lateral que contiene una tolva de recepción situada sobre el lado del equipo, y un sistema de banda rodante que derrama el hormigón muy regularmente sobre toda la vía. Este sistema es particularmente apto para las vías de hormigón con refuerzo continuo o con pasadores.

**Moldeo de las losas:** la vibración del hormigón permite darle una consistencia de líquido y una compactación máxima. El concreto llena el volumen en el cual puede haber, y toma la forma del encofrado en el momento del vaciado.

La vibración se realiza con la ayuda de agujas compuestas por un elemento rotatorio movido por un motor eléctrico. Estas agujas se colocan delante del equipo, de manera que, durante el trabajo normal, estén sumergidas dentro del hormigón. Se disponen sobre una línea transversal, a una altura situada en el tercio superior de la losa.

En el caso de una losa gruesa, el plano de vibración se sitúa ligeramente por encima del plano medio. Los vibradores se deben colocar a una distancia inferior a 500 mm, por lo que su número está comprendido entre 15 y 20 para 8 m de ancho. Para espesores de 400 mm o más, el número de vibradores se aumenta, y se podría estudiar la posibilidad de situarlos sobre dos líneas de diferentes alturas.

*La posición de los vibradores cerca de los bordes es muy importante para la calidad de la arista. Por regla general, se determina una distancia de 150 mm, pero esta se debe ajustar en función de la consistencia del hormigón. Si la cantidad de vibradores es variable, se puede regular la potencia de la vibración para tener en cuenta la velocidad de avance del equipo. En algunos de estos vibradores existe, inclusive, un dispositivo para asegurar la frecuencia de acuerdo con la velocidad de avance.*

*Otro método utilizado consiste en variar la velocidad de avance del equipo. Se puede así regular la energía de colocación, en función de la consistencia del hormigón.*

*El primer método es mucho más aconsejable desde el punto de vista de la uniformidad del pavimento. Así, en el caso de un hormigón seco, se aumenta la potencia de vibración, y en el caso de un hormigón plástico se disminuye.*

*Por la misma razón, no se debe exagerar la potencia de la vibración. En particular para evitar la segregación del hormigón, la vibración se debe interrumpir durante las paradas del equipo superiores a 30 segundos.*

*Cuando un vibrador se daña, provoca una "franja" de hormigón de baja compactación. Esta banda no se detecta con facilidad en la superficie del hormigón, pero provoca una zona de desgaste preferencial bajo el tráfico. Por eso, un vibrador dañado se debe cambiar rápidamente.*

*El buen estado de los vibradores se asegura muy fácil, observando la superficie del hormigón vibrado.*

*El hormigón adquiere forma mediante dos principios diferentes:*

- *El primero corresponde a un modelo integral, llamado “extrusión”.*
- *El segundo por nivelación de la parte superior del concreto.*

*El objetivo es llenar el volumen generado por la superficie de la subbase, las dos formaletas metálicas que se apoyan sobre ella y, finalmente, una placa superior de extrusión.*

*Para obtener condiciones de trabajo lo más uniformes posible, es evidente que debe haber delante del equipo una cantidad constante y suficiente de hormigón.*

*Claro está, en caso de aprovisionamiento insuficiente del hormigón, será necesario disminuir el ritmo de avance o, incluso, proceder a detener el equipo antes de que el volumen de concreto sea insuficiente para completar el perfil.*

*Después de pasar el equipo extrusor, viene el tren que retira el exceso de material con la ayuda de llanas oscilantes, de operación manual o automática.*

*Los bordes de la losa deben ser perpendiculares a la superficie y a las aristas laterales. Esto se consigue por nivelación y una pequeña inclinación de la formaleta lateral del equipo. Estas disposiciones se requieren para lograr la consistencia del hormigón.*

*La calidad de los bordes depende en gran parte de la homogeneidad de los hormigones que lo constituyen (ningún exceso de mortero) y, por lo tanto, de la regularidad de producción y colocación de la obra. En caso de que los bordes deban tener un perfil especial (ranura, sinusoide,*

etc.), para permitir la unión con una banda adyacente o para colocar una canalización, un drenaje, etc., basta dar a las formaletas deslizantes correspondientes la contraforma adecuada para obtener el molde en el hormigón.

El ancho de las vías de circulación en las pistas de aeropuertos requiere la ejecución de bandas de hormigón continuas, pero no se pueden tolerar los asentamientos longitudinales encontrados y, con frecuencia, permitidos, en los pavimentos viales.

Estos asentamientos provocarán una deformación de la junta y una acumulación de lluvia. Es necesario evitar al máximo estos asentamientos, interviniendo sobre varios parámetros y especialmente en la composición del hormigón y los materiales colocados en obra.

En particular, se reduce la cantidad de agua de la mezcla con el fin de obtener un hormigón con un asentamiento en el cono de Abrahams inferior a 1,5 cm.

Por el contrario, se requiere una intensidad de vibración mucho más alta, con el fin de aumentar sensiblemente el número de vibradores, y la frecuencia de vibración pasa de 12.000 a 15.000 vibraciones por minuto.

Cuando se coloca en su sitio, el hormigón fresco no se debe remoldear, para evitar que pierda, en parte, su compactación y resistencia. Esta es la razón por la cual no se recomienda el moldeo de las juntas o la incorporación de elementos en el hormigón.

**Ubicación del equipo:** el conjunto de dispositivos descritos, reposa sobre un chasis que se desplaza con ayuda de orugas manejadas por motores eléctricos o hidráulicos. La velocidad de avance puede variar de

manera continua de 0,5 a 20 m por minuto. En la obra, las velocidades oscilan entre 0,5 y 3 m por minuto.

Teniendo en cuenta la configuración geométrica y la ubicación de cada equipo, las reacciones al paso de una irregularidad de la capa de fundación serán diferentes.

Cuando el equipo no se guía con la ayuda de hilos, se dice que trabaja "con los gatos fijos", y la referencia con el espesor del pavimento la determina el nivel de la franja por donde circulan las orugas del equipo.

El control de la estabilidad de los gatos (compensación ante las posibles salidas de aceites de los gatos) se realiza mediante detectores localizados en el piso de referencia.

En todo caso, la nivelación de la capa de rodadura será satisfactoria solo si la capa de base presenta una superficie homogénea, especialmente en las zonas por donde ruedan las orugas, lo que implica, durante la colocación del hormigón, una inspección estricta de esas zonas.

Es necesario asegurar que ningún objeto o material se encuentre sobre las bandas de rodamiento (cascajo, concreto) y que, cuando las áreas de paso de los camiones se deformen, sean de nuevo niveladas.

Se aconseja colocar escobas delante de las orugas, de manera que se asegure al tránsito la limpieza del camino.

También, se puede escoger como referencia una banda de revestimiento adyacente: en el caso de los sobreespesores de las vías o de la construcción de ellas por varias pasadas (aeropuertos), las reglas de trabajo son idénticas a las ya descritas.

**Guía:** *por guía se entiende el dispositivo que, ajeno al estado de los caminos de rodadura de las orugas, permite construir la vía con el perfil teórico y con el mejor acabado superficial.*

*El dispositivo más utilizado es la referencia materializada por uno o dos hilos tendidos a lo largo del futuro pavimento. Este hilo está sostenido por barras metálicas, colocadas en el suelo, por fuera del ancho de la vía. El hilo sirve para guiar el equipo longitudinalmente y para determinar el espesor de la losa. Los detectores se apoyan sobre el hilo para guiar el equipo, y aseguran la estricta correspondencia entre el hilo y la parte superior de la losa.*

*El hilo se debe colocar con mucho cuidado, puesto que el acabado superficial se realiza en función de este. En la práctica, a partir de las cotas del proyecto, el topógrafo calcula las coordenadas del borde externo de la losa cada 10 m, en los trayectos rectos, y cada 5 en los curvos, y a partir de ellas define las de los hilos en relación con los perfiles correspondientes.*

*Los soportes destinados a sostener los hilos deben permanecer muy fijos al piso, para buscar el mejor alineamiento. La separación entre apoyos es de 10 m, como máximo, con el fin de minimizar la deformación del hilo entre dos soportes.*

*En las partes curvas (tanto en planta como en longitud), el espaciamiento se reduce hasta 5 m para los equipos tradicionales, e incluso a 1 m para los equipos pequeños. Este acercamiento debe permitir la obtención de giros que se acerquen lo más posible a la curva teórica del proyecto.*

*En efecto, si el equipo debe efectuar un cambio brusco de dirección porque los soportes están demasiado espaciados, al girar este, el extremo trasero de las formaletas laterales interiores puede deformar las losas de hormigón ya colocadas.*

*El hilo debe estar tensionado delante y bien anclado en sus extremos, pero debe dejar zonas libres para la entrada de los camiones que transportan el hormigón.*

*En principio, los equipos son guiados por cuatro detectores, que buscan la información sobre el hilo y la transmiten a un gato hidráulico.*

*Cuando los detectores se apartan de la posición de equilibrio, se genera una señal y el gato actúa para compensar el movimiento que le ha dado origen. En consecuencia, con el movimiento del conjunto del equipo, el detector vuelve a su posición de equilibrio. Durante el retorno, se corre el riesgo de sobrepasar la posición deseada, y entonces se envía una orden en sentido inverso.*

*Con el fin de reducir los movimientos de ajuste del nivel, se deja cierto margen sobre el cual no se puede producir ninguna señal. Es lo que se llama el juego del detector, para el cual se puede ajustar en un rango de cero hasta algunos centímetros.*

*Se ha ensayado, también, montar tres detectores sin juego: uno adelante y dos verticales en la parte trasera de la placa del moldeo.*

*Estos tres detectores manejan los tres gatos correspondientes, y el cuarto gato se maneja automáticamente por el control de la presión de aceite, para mantenerla constante.*

*La relación entre la velocidad de avance del equipo y la velocidad de desplazamiento de los gatos tiene una gran influencia sobre el acabado superficial para una capa de base determinada.*

*Después de definir la velocidad de desplazamiento de los gatos, teniendo en cuenta los juegos, es deseable adaptar la velocidad de avance a la calidad de la base de fundación. Por supuesto, conviene vigilar el funcionamiento del conjunto de las guías. No solamente el hilo debe estar bien nivelado, colocado y tensionado, sino que también el detector no debe salirse del hilo y los gatos deben funcionar bien.*

**Verificación del equipo:** *el equipo de distribución del concreto debe comenzar a trabajar cuando esté en perfecto estado de mantenimiento y todas las partes se hayan verificado con anterioridad, en especial:*

- *Alineación y rectitud de los elementos constitutivos (placas de extrusión, codales, tubos o vigas vibratorias, pulidoras, etc.)*
- *Ángulo de las formaletas*
- *Posición y funcionamiento de los vibradores, recordando que se debe aumentar su número si el espesor de la losa es considerable y si se usan hormigones de baja "manejabilidad".*
- *Funcionamiento de los detectores automáticos, si el equipo los tuviese.*

*Con el equipo listo para funcionar y estando la central de hormigón en forma, falta definir el "ritmo de la colocación del hormigón", lo cual es obligatorio.*

*Esta es una etapa fundamental de la obra, cuya omisión puede generar graves consecuencias.*

*Suponiendo que la composición del hormigón definida en los estudios de dosificación es satisfactoria, se debe de realizar un tramo de ensayo de longitud reducida, con el fin de verificar el funcionamiento del equipo, afinar los controles y, en último caso, ajustar las regulaciones y la composición del hormigón a los límites determinados en el estudio.*

*Se trata en esencia de:*

- Efectuar los últimos ajustes al equipo, o regularlo, para asegurar una correcta construcción de la losa; observar el comportamiento de los bordes, el espesor, el acabado superficial, etc.; en particular, el comportamiento de los vibradores es muy importante; así como la escogencia de su separación, especialmente de aquellos que están cerca a los bordes de la losa. En cuanto a esto, algunos contratistas de obra exigen que sus vibradores hayan tenido un mantenimiento preventivo (cambio y revisión de un vibrador por día de operación). Otros requieren que el equipo esté dotado de testigos de funcionamiento de estos vibradores, para permitirle al conductor detectar, al instante, cualquier falla.*
- Realizar las operaciones de acabado superficial, rayado y regado del producto de curado en los bordes de la losa y con la dosificación particular, así como de los métodos de elaboración de las juntas, de los cuales se hablará más adelante.*

*El tramo de ensayo se debe efectuar, en principio, en un área diferente de la del pavimento (área de servicio, vía lateral, etc.). Si esto no es posible, este tramo se puede realizar sobre la vía, pero sobre una*

longitud limitada (son necesarios 100 m para un equipo entrenado y un material en buen estado y uniforme).

Además del tramo de prueba, las dos primeras jornadas de vaciado del hormigón se deben ejecutar con un ritmo de avance normal, pero limitando la longitud de realización a 300 ó 500 m.

**Tratamientos superficiales:** si al paso del equipo queda una superficie compacta y lisa, sin ninguna irregularidad, entonces hay que darle características antideslizantes suficientes.

Hasta 1967, el único tratamiento superficial que se realizaba consistía en arrastrar una tela de cabuya mojada, de manera que quitaba la lechada superficial y quedaban expuestos los granos de arena.

Se obtenía así una estructura superficial que daba coeficientes de deslizamientos "secos" muy elevados, pero que, en presencia de agua, disminuían muy rápido con la velocidad de circulación de los vehículos.

Hoy se usa un rayado transversal, el cual se realiza con la ayuda de un equipo que tiene una especie de escoba de cerdas metálicas, o plásticas, que forma trazos de 6 mm de ancho y 3 mm de profundidad, espaciados aleatoriamente entre 18 y 25 mm.

En el caso de vías secundarias, el rayado se puede efectuar a mano a partir de una pasarela móvil que se tiende por encima del hormigón fresco.

**Curado:** después de que se ha realizado el rayado, para evitar la desecación de la superficie del hormigón por los agentes atmosféricos (viento, sol, etc.) se procede al instante a rociar un producto que

*forma una película continua, lo cual evita la evaporación superficial del agua contenida en el hormigón. Este producto, llamado “membrana de curado”, se debe aplicar en toda la superficie del hormigón que esté en contacto con el aire, incluyendo los bordes de la losa.*

*El rociado se puede efectuar mediante un equipo auxiliar integrado al chasis del equipo con el que se hace el rayado superficial, o con un rociador manual de tipo agrícola. En ambos casos, la regularidad y la dosificación, así como la homogeneidad del rociado, se deben verificar con frecuencia.*

*Muchas membranas de curado son de color blanco, para permitir el control de la buena repartición y limitar la absorción térmica. La calidad de los rociadores debe ser verificada en detalle previamente, con el fin de disminuir los riesgos de irregularidad en la dosificación.*

*El control de la cantidad de la membrana de curado extendida se realiza con la ayuda de placas metálicas de peso conocido, dispuestas sobre el pavimento, que se retiran y se pesan para calcular la dosificación de la membrana de curado.*

*Si el pavimento se construye con un equipo de formaletas deslizantes, es importante que los bordes de la losa estén protegidos de la misma manera que la parte superficial de la losa.*

*El curado es una operación tan importante como las otras. Un curado cuidadoso permite evitar problemas de fisuración prematura y obtener una buena resistencia del hormigón.*

*Cuando se esperan condiciones severas (tiempo cálido o frío, baja humedad, viento, etc.) o que el cemento sea muy reactivo, es conveniente*

*reforzar el curado. Se puede, entonces, aumentar su dosificación por metro cuadrado, o bien, ejecutar una segunda rociada, cuando la primera se seque.*

*Algunos productos pueden, inclusive, proteger el hormigón fresco contra el deterioro superficial provocado por una lluvia de corta duración.*

*Para ciertas circunstancias excepcionales (vientos, fuerte insolación, muy baja humedad), se requiere de una protección complementaria del hormigón cuando el secamiento superficial lo exige, como por ejemplo: rociado con agua, colocación de telas húmedas, etc.*

*Durante el período de protección, que, salvo señalamiento diferente en el contrato, está fijado en tres días, se prohíbe la circulación sobre el hormigón, excepto en el caso de los equipos de corte. Si la película protectora se daña por alguna razón, será necesario restablecer su continuidad.*

**Colocación del hormigón:** *se pueden iniciar los trabajos siempre y cuando los materiales de producción y los equipos de colocación del hormigón hayan sido montados y estén en buen funcionamiento, además de que:*

- *Su regulación esté bien efectuada y los ensayos de dosificación hayan sido satisfactorios.*
- *Los sitios de producción, de transporte y de colocación del hormigón estén bien coordinados, y exista siempre comunicación entre el equipo de formaletas deslizantes y la central de producción del hormigón.*

- *El control de la producción del hormigón se haya asegurado mediante registros.*
- *El personal encargado del funcionamiento, del mantenimiento, de la regulación y del transporte de los materiales, haya sido instruido sobre lo que debe hacer para asegurar la buena marcha.*
- *Cuando se haya realizado todo esto, se deben iniciar los trabajos y adaptar el avance a las posibilidades humanas y materiales, con el único interés de realizar un buen trabajo, y sin ningún ánimo de competencia.*

**Elaboración y colocación del hormigón:** *la calidad del hormigón, su dureza y su resistencia a las agresiones exteriores condiciona la durabilidad, la cual reduce los trabajos de reparación y mantenimiento. En fin, son las economías, tanto en dinero como en energía, las que determinan la elección del tipo de pavimento.*

*Hay que recordar que el hormigón es un material de módulo elevado, pero, al mismo tiempo, de gran fragilidad. Conviene, pues, mantener el espesor lo más constante posible, compatible con las cargas por soportar.*

*Para los pavimentos de vías principales, en los cuales el acabado superficial tiene una gran importancia (pistas de aeropuertos, autopistas), se deben usar las guías del equipo deslizante, a menos que el perfil de la base sea muy bueno y que se haya decidido utilizar el equipo con los "gatos fijos". Los soportes deberán estar sólidamente fijados, y los hilos tensionados y bien amarrados.*

*En principio, es preferible que estos hilos sean metálicos, porque son menos sensibles a las variaciones de temperatura que los hilos plásticos. Además deben ser visibles, con el fin de evitar que el personal que trabaja en la obra se golpee con ellos o que los hilos provoquen accidentes.*

*Los pasos reservados para los vehículos de suministro del concreto se arreglarán antes del paso del equipo; los caminos de rodadura del equipo se barrerán y los hijos se colocarán sin interrupciones y tendrán la tensión adecuada.*

*El hormigón será suministrado con un ritmo regular, fijado por la velocidad normal de trabajo del equipo. Para esto, el número de vehículos necesarios para el transporte del hormigón de la central a la obra se debe determinar según las distancias y las dificultades del recorrido.*

*Los vehículos se presentarán en turno normal, sin buscar adelantarse el uno al otro, tanto a la ida como a la venida, y seguirán los itinerarios que se les asignen.*

*En caso de caída accidental del hormigón sobre la subbase, conviene asegurar su retirada antes de que se inicie el fraguado. Para evitar interrupciones en el transporte, según las distancias por recorrer, se tendrán dos o tres vehículos en reserva, listos para entrar en servicio en caso de necesidad.*

*En caso de ausencia del equipo esparcidor, que asegura una repartición homogénea del hormigón delante del equipo, el vaciado de los vehículos deberá realizarlo un empleado idóneo que designe el constructor, de manera que, por un lado, la carga delante del equipo sea lo más constante*

*posible y, por otra parte, el hormigón se vacíe lo más cerca posible de los equipos, con el fin de evitar la acumulación del mortero en las partes bajas de la vía.*

*La vibración del hormigón forma, alrededor de los vibradores, una capa de lechada o un mortero fino muy líquido. En condiciones normales, el volumen de esta lechada es constante y se esparce sobre una banda de unos 500 mm a todo lo largo de la vía.*

*En ausencia de hormigón no vibrado delante de esta banda de lechada, ella se derrama hacia la subbase siguiendo la pendiente, en especial en caso de peralte.*

*En ciertos sitios, se pueden encontrar zonas de pavimentos constituidos solo por morteros o lechadas sin agregados, que generan zonas menos resistentes, donde la retracción hidráulica es mayor y, por consiguiente, la fisuración es más probable. Se busca, pues, tener una barrera de hormigón no vibrado para contener la lechada, la cual es indispensable para obtener una buena textura superficial (cerrada y con un correcto acabado).*

*El fenómeno de derramamiento de la lechada se atenúa mucho cuando, por una parte, el hormigón tiene un buena "manejabilidad" y presenta un bajo asentamiento en el cono, y, por otra parte, el equipo está dotado con una barra transversal de registro que regula el espesor del concreto admitido para la vibración.*

*Si la cantidad de lechada fuera muy grande, habría que eliminar una parte con la ayuda de una pala o un balde.*

*Además, es necesario que la subbase (o la base) se mantenga húmeda, en caso de temperaturas altas (por ejemplo, fuerte verano), para evitar la absorción rápida de una parte de agua de la mezcla del hormigón, o la elevación brusca de la temperatura de la parte del hormigón que está en contacto con la subbase (o base).*

*Cuando sea necesario, los vehículos de transporte del hormigón serán identificados, con el fin de conocer los sitios en los cuales se vertió hormigón que proviene de una mezcla claramente determinada.*

*Al mismo tiempo, el personal del laboratorio de control debe tomar las muestras de los hormigones antes de colocarlos, para determinar el porcentaje de aire incluido y el asentamiento en el cono. Si el contenido de aire incluido y el asentamiento en el cono no se encuentran entre los rangos establecidos en las especificaciones, se rechazará la mezcla de la cual se trata el ensayo.*

*La velocidad del equipo debe ser lo más constante posible, teniendo en cuenta el ritmo de suministro.*

*En principio, el tiempo comprendido entre la mezcla y el extendido del hormigón no debe ser superior a 45 minutos para una temperatura exterior de 20 °C. Una elevación de 10 °C de esta temperatura puede reducir este tiempo a la mitad.*

*Es conveniente que los vehículos que contengan un número entero de mezclas, y además puedan cubrir la distancia que separa la central de mezclas del sitio de la obra en el menor tiempo posible, sin detenerse en la descarga del hormigón, la cual se puede realizar al mismo tiempo que el vehículo avanza, de manera que se asegure la formación de una especie de cordón.*

*Sin embargo, es necesario verificar bien que las vagonetas se vacíen completamente y, en determinado caso, retirarles el concreto que quede pegado a las paredes, utilizando para ello herramientas apropiadas.*

*Para facilitar la descarga de las vagonetas, se pueden eliminar las aristas de la caja con la ayuda de láminas metálicas y curvas, soldadas a la pared de la caja.*

*Después de descargar el hormigón, las vagonetas volverán a su posición normal, con el fin de evitar el deterioro de las cajas.*

*Por lo menos una vez cada tres viajes, se lavarán las vagonetas cerca de la central de mezclas, con el fin de quitar todos los restos de hormigón y de lechada.*

*Puede suceder que, por accidente, ya sea en la central de mezclas o en el equipo que riega el hormigón, o por cualquiera otra razón, la obra se deba parar: entonces, deben tomarse una serie de medidas.*

*En primer lugar, es necesario avisar de inmediato al personal que se halle al frente de la obra o de la central, y comunicarle, lo más pronto posible, cuál será la duración aproximada de la interrupción. Si es de corta duración y proviene de la central de mezclas, el equipo de formaletas deslizantes se pondrá a baja velocidad, continuando, sin embargo, con la colocación del hormigón abastecido y del hormigón de los camiones que estén cargados, hasta que quede delante del equipo solo la franja de concreto no vibrado, necesario para retener la lechada.*

*El equipo se detiene y los vibradores se paran también. Si la interrupción proviene del frente de la obra, la central termina la mezcla que está haciendo y la manda a la obra.*

*Desde el momento en que el equipo pueda reiniciar el trabajo, se avisa a la central y se especifica el número de camiones cargados de hormigón que están esperando, con el fin de estimar el plazo en el cual la central puede reiniciar el trabajo.*

*Es difícil precisar qué se entiende por una interrupción de corta duración. La definición depende de la composición del hormigón y de la velocidad de fraguado (reactividad del cemento, utilización o no de un retardador de fraguado, temperatura de los materiales y de la atmósfera, etc.). Una interrupción de más de 30 minutos es una interrupción larga. De todas maneras, es indispensable que, durante la interrupción, no haya comenzado el fraguado del hormigón abastecido y que no se registre una cierta rigidez.*

*Es fundamental que, al reiniciar el trabajo, se pueda asegurar la unión adecuada entre el hormigón ya colocado y el nuevo hormigón suministrado.*

*Hay que tener en cuenta que una interrupción del equipo durante más de tres minutos, conlleva una pérdida de presión de aceite en los gatos y, por lo tanto, un defecto en la textura superficial de la losa. Este mismo defecto aparece cuando el equipo reinicia el trabajo, pues este se levanta para retomar su posición normal de marcha, con lo cual vence la inercia y empuja el montón de concreto localizado delante de él.*

*Para interrupciones de larga duración, especialmente las interrupciones de fin de día, se deben tomar las siguientes medidas particulares para*

*asegurar una unión satisfactoria con la nueva parte de la banda colocada en su sitio.*

*Siempre que sea posible, se debe terminar el día en el lugar de una junta transversal de contracción. En caso contrario, la junta debe ser perpendicular al eje; si el equipo de formaletas deslizantes puede funcionar, se debe extender la totalidad del hormigón colocado delante de ella, o vaciar algunos camiones de los que esperan.*

*Si el equipo no puede realizar este regado, hay que quitar, con palas, el hormigón que no se haya colocado en su sitio, y evacuarlo del lugar, al igual que el contenido de los vehículos que esperan.*

*En principio, la junta de construcción debe estar a una distancia de por lo menos 1,50 m de la junta más cercana.*

*Habiendo liberado el equipo, la banda de hormigón aún fresca se debe retocar y formaletear. Este formaleteado puede ser de cara lisa o machihembrado. Salvo disposición contraria del contrato, debe tener orificios que permitan la colocación de las barras de acero de unión con un diámetro comprendido entre 25 y 32 mm, una longitud de 60 cm y espaciados 75 cm. Estos aceros no deben tener antiadherente.*

*Es indispensable realizar un acabado manual detrás de las formaletas (vibración, acabado superficial, colocación de pasadores, rayado transversal, curado, etc.), y se debe evitar la formación de irregularidades en la superficie.*

*Para iniciar de nuevo el trabajo, se quita la formaleta de la unión transversal tratando de no provocar un desprendimiento del hormigón recién colocado; el equipo se retrocede hasta ponerlo en contacto con el*

*pavimento construido y se reinicia la labor. Con frecuencia, es necesario vaciar a mano la parte de hormigón que está en contacto con el que se ha colocado.*

*Dos obreros deben seguir siempre el equipo (uno a cada lado), para asegurar la buena ejecución de los trabajos y, dado el caso, rectificar las imperfecciones, desprendimientos superficiales, defectos de angularidad en las aristas, rectificación de los bordes hundidos, etc.*

*Estas reparaciones se deben ejecutar rápido y con cuidado, utilizando hormigón en vez de mortero. Pero, como ya se había resaltado, las cualidades de resistencia y de dureza de la superficie solo se pueden mantener en la medida en que los agregados no se hayan desplazado de la posición tomada durante la vibración.*

*Si el hormigón no ha recibido aun el tratamiento de rayado superficial, se debe someter a un barrido, o mejor a un rayado transversal de la superficie mientras está fresco. Este rayado se efectúa generalmente con la ayuda de un equipo automático, cuyo movimiento transversal se combina con la progresión longitudinal, de tal manera que las ranuras sean perpendiculares al eje. El rayado debe ser lo más parejo posible; con la ayuda de calibradores, se verifica que la profundidad de las ranuras sea la deseada.*

*Cualquiera que sea el tipo de tratamiento superficial, debe ser homogéneo y no alterar el perfil. Es importante vigilar, en las telas de costal, su limpieza, su desgaste o la introducción de gravas bajo ellas, que producirían desgarramientos superficiales. En cuanto a los equipos que realizan el rayado, hay que asegurar su guía, y vigilar que se siga correctamente el avance del equipo, con el fin de obtener siempre un*

hormigón con la misma consistencia, para que la estructura sea homogénea.

- **Vaciado del hormigón y condiciones atmosféricas:** cuando las condiciones atmosféricas arriesgan la calidad del hormigón, se deben tomar disposiciones particulares para su colocación. Para prever estas condiciones, conviene tener una relación estrecha con los servicios locales de meteorología e, inclusive, disponer de un registro de temperatura y humedad, lo más cerca del lugar de la obra.

Trátase de calor o de frío, las condiciones meteorológicas y sus evoluciones pueden ser tales que exijan tomar disposiciones particulares, las cuales pueden incluir hasta la interrupción de la colocación del hormigón.

**Vaciado del hormigón en tiempo cálido:** la colocación del hormigón en tiempo cálido requiere una atención particular en cuanto al secado superficial y, sobre todo, la fisuración. Además, a mayor temperatura inicial del hormigón, las fisuras o las juntas se abren debido a la retracción térmica, lo que puede implicar una mala transferencia de carga de una losa a otra, con un coeficiente de dilatación importante. Por lo tanto, toda precaución que conduzca a disminuir la temperatura del hormigón será favorable para la durabilidad de la estructura.

Los riesgos de fisuración precoz son muy altos y provienen de muchos factores (naturaleza de los agregados, tipo de cemento, condiciones de producción del hormigón, etc.). El hormigón colocado durante la mañana, cuya máxima absorción de calor coincide con las más altas temperaturas del medio día, y el fin de producción de calor de fraguado corresponde a la frescura del final de la noche, corre el riesgo de fisurarse en la mañana siguiente.

*Cuando el tiempo es cálido, es preferible iniciar la colocación del hormigón al final de tarde, con el fin de que la producción de calor debida al fraguado, compense el enfriamiento del fin de la noche.*

*Como principio general, la temperatura del hormigón fresco, antes de su colocación, debe ser inferior a 30 °C.*

*Cuando la temperatura ambiente es superior a 20 °C, y la humedad relativa del aire es inferior al 50%, es necesario regar la subbase para evitar un resecamiento del hormigón; además, conviene reforzar la dosificación del producto de curado y, en ocasiones, proceder a dos aplicaciones sucesivas con la dosificación prevista, con el fin de asegurar una buena impermeabilización.*

*En ciertos casos, inclusive, se puede tratar de enfriar los constituyentes del hormigón. Primero, el cemento que se usará debe estar a la más baja temperatura posible. Los agregados se pueden regar de manera que la evaporación del agua asegure su enfriamiento.*

*Por último, una solución eficaz puede consistir en enfriar el agua de mezcla del hormigón, si se dispone de un tanque de reserva de agua al cual se le agregarán trozos de hielo.*

**Colocación del hormigón en tiempo de lluvia:** *si la brisa o, inclusive, una lluvia fina, son desfavorables para el hormigón, mucho más lo son las lluvias violentas, las cuales provocan problemas porque:*

- *Se borra el rayado del hormigón fresco.*
- *Se elimina el producto de curado*
- *Los bordes de las losas tienden a desmoronarse.*

*En el primer caso, no hay nada que hacer de inmediato, fuera de recubrir la parte del hormigón fresco con plásticos; sin embargo, su peso y su contacto con el concreto borran las ranuras. No es aconsejable el rayado del hormigón cuando ya se inició el fraguado. La rugosidad se restablecerá posteriormente mediante un rayado en el hormigón endurecido.*

*De todas maneras, después de la lluvia es necesario volver a aplicar la membrana de curado en aquellas partes donde haya sido lavada por el agua.*

*Por el contrario, los desprendimientos de los bordes de las losas se pueden evitar colocando rápidamente formaletas livianas, que se tienen almacenadas cerca de la obra a medida que esta avanza. Se colocan desde el comienzo de la lluvia, sobre una longitud suficiente, de un lado y del otro de la losa.*

*En obras importantes, y en especial en las obras que usan formaletas fijas, se utilizan trenes de techos rodantes destinados a proteger el concreto contra el sol o la lluvia. No obstante, estos techos son incómodos y difíciles de desplazar, por lo que cada vez se emplean menos.*

*En todo caso cuando haya amenaza de lluvia severa o prolongada, es preferible suspender los trabajos. La ejecución de juntas de construcción, en condiciones meteorológicas muy desfavorables, se hace tomando precauciones similares a las expuestas en los párrafos correspondientes a la colocación del hormigón.*

- **Construcción de juntas:** el funcionamiento del pavimento depende de la correcta interpretación del diseño de las juntas y de una buena construcción del sistema de juntas.

**Juntas transversales de contracción:** en la conformación de las juntas transversales de construcción, se busca una buena transmisión de cargas, ya sea por la trabazón de agregados o por la incorporación de dovelas, en el hormigón fresco.

**Trabazón de agregados:** la transmisión de cargas a través de los agregados exige una adecuada consolidación y uniformidad del hormigón, que son los factores fundamentales para que este alcance sus principales características, tales como la durabilidad y la resistencia. Por eso, la transmisión de cargas a través de los agregados ocurre como una consecuencia natural de un buen proceso constructivo.

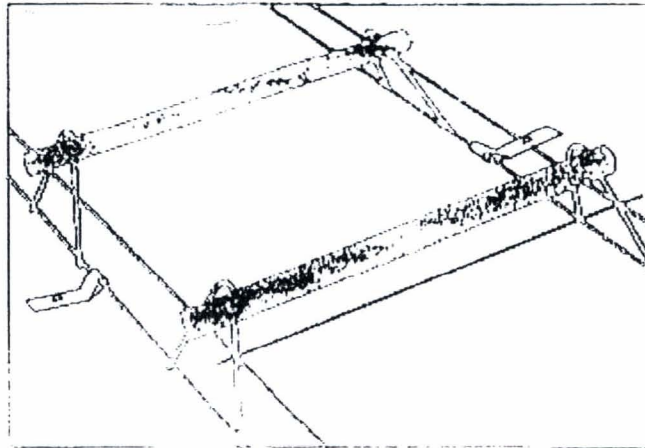
**Dovelas:** el Contratista puede colocar las dovelas mediante dos sistemas: por inserción en hormigón fresco, con un equipo desarrollado para tal fin, o utilizando canastillas de soporte confeccionadas con varillas de acero de poco calibre, menor de 6 mm. Cualquiera que sea el sistema, deberán garantizar que el alineamiento de los pasadores está dentro de las tolerancias especificadas por el diseñador.

Uno de los extremos de la dovela regularmente va soldado a la canastilla de soporte, para evitar movimientos inesperados de la dovela. Sin embargo, para que el concreto no se adhiera al acero, es necesario recubrir con una capa delgada de lubricante al menos la mitad de la longitud de la dovela. Con estas recomendaciones, se tiene un medio que permite los movimientos de contracción y dilatación del hormigón.

Las canastillas se deben fijar a la subbase de manera rápida y sencilla. Uno de los procedimientos de mayor aceptación es el de remaches o clavos, de 8 mm de diámetro, disparados con una pistola neumática a una abrazadera de hojalata. Se necesitan al menos seis remaches para fijar a la subbase una canastilla de 3,60 m de longitud (ver figura 10.9). El número de remaches está determinado por la capacidad de la subbase para retener los remaches.

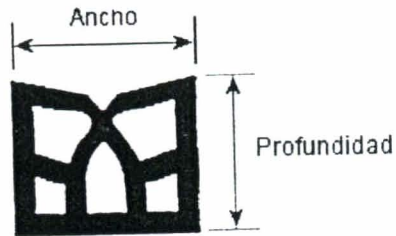
Las canastillas tienen varillitas para proporcionar a las dovelas rigidez y estabilidad, que no restringen el funcionamiento de estas; pero la decisión de cortarlas depende de los criterios del diseñador del pavimento, así como de la experiencia de los contratistas.

FIGURA 10.9  
ESQUEMA DE UNA CANASTILLA  
PARA SOPORTAR LAS DOVELAS

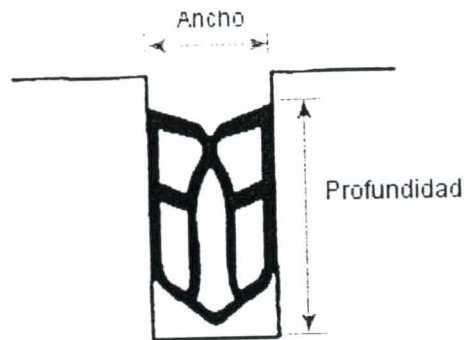


**Corte de las juntas:** el corte de las juntas es el medio más idóneo para generar las juntas transversales de contracción. El corte inicial produce un plano débil dentro de la losa por donde comienza la fisuración del hormigón. Un corte posterior le dará a la junta el factor de forma acorde con el material seleccionado para sellar las juntas (ver figuras 10.10 y 10.11).

**FIGURA 10.10**  
**SECCIÓN DE UN SELLADOR A**  
**COMPRESIÓN DE CINCO CELDAS**



**SELLO A COMPRESIÓN DE 5 CELDAS**  
**SIN INSTALAR**



**SELLO A COMPRESIÓN DE 5 CELDAS**  
**UNA VEZ INSTALADO**

Tipo de Sellador	Factor de Forma Común
Silicón Compresión	2 *

\* No se basa en el factor de forma

*El Contratista, siguiendo las recomendaciones del diseñador del pavimento, marcará una línea sobre la que irá el punto medio de las dovelas, para asegurar que el corte esté en la mitad de las dovelas.*

*En obras de poca importancia, el corte en el hormigón se puede efectuar cuando este se encuentre aún en estado plástico, insertándole un perfil con las características adecuadas. Pero cuando se trata de vías de importancia, el corte se ha de realizar en el hormigón endurecido, con la ayuda de sierras. La decisión sobre el momento de hacer el corte es crítica y requiere experiencia y buen juicio, ya que la calidad del corte depende de la resistencia del hormigón. Proceder a cortar muy rápido puede generar descascaramientos en el concreto y desviaciones en la dirección de la junta.*

*Debe tenerse en cuenta que las condiciones ambientales (temperatura, humedad, velocidad del viento y la luz directa del sol) ejercen una gran influencia sobre la velocidad con la que el hormigón gana resistencia y sobre el momento ideal para comenzar los cortes.*

*El corte de las juntas sobre el hormigón se debe efectuar inmediatamente después de que este alcance la resistencia necesaria para soportar el peso y el paso de los equipos de corte. En condiciones normales, el corte se debe iniciar entre las cuatro y diez horas después de colocado el hormigón, dependiendo del curado y del tipo de subbase. Hay que tener especial cuidado en los climas cálidos, en los que las condiciones ambientales son muy propicias para incrementar la velocidad de retracción del hormigón, el cual puede demandar un corte de las juntas antes de las cuatro horas mencionadas arriba.*

*El corte inicial para debilitar la sección, en pavimentos construidos sobre subbases granulares, se realiza con una profundidad de una tercera*

parte del espesor de la losa, con un ancho de 3 mm, una junta al menos cada 15 metros y luego se cortan las juntas intermedias. Cuando se trata de la construcción de pavimentos sobre bases estabilizadas, las juntas transversales de contracción se cortan sucesivamente, para evitar el agrietamiento errático.

El segundo corte, con el que se da el factor forma, se puede efectuar siete días después del primer corte, pero antes de poner el pavimento al servicio del usuario.

La selección del material del disco (abrasivo seco o adiamantado húmedo) para el corte de las juntas, depende de la dureza de los agregados utilizados para producir el hormigón, la cual puede ser baja, media o alta, como lo indica la tabla 10-1.

**TABLA N° 10-1**  
**TABLA DE DUREZA DE LOS AGREGADOS COMÚNES**

<b>DUREZA</b>		
<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
Caliza	Grava de río	Granito
Dolomita	Roca volcánica	Pedernal
Coral		Calcedonia (Chert) cuarzo

Es necesario que el operador de la sierra verifique con frecuencia el diámetro del disco y la profundidad de los cortes en el hormigón, para asegurar que se esté cortando una profundidad igual a la tercera parte del espesor del concreto.

El ritmo de construcción determina el número y la potencia de las máquinas para el aserrado de las juntas. Los proyectos grandes requieren que estas máquinas sean potentes, autopropulsadas, de 35 a 65

*caballos de fuerza, y deben tener equipos extra disponibles para usarlos cuando falle alguno de los que están en la obra.*

**Limpieza de las juntas:** *la caja en donde se aloja el material de sello debe estar limpia, para asegurar una buena adherencia del material de sello y, con esto, garantizar un buen comportamiento a largo plazo. Durante el proceso de sellado, no se deben observar partículas duras ni rastros de polvo provenientes del corte del hormigón.*

*Se recomienda que, al instante de terminar el corte de la junta se proceda a remover el lodo que se produce durante el corte. Cuando la junta se seque, se remueven, con un procedimiento adecuado (chorro de arena y de aire, o solo de aire), todos los residuos que se observen.*

**Sellado de la junta:** *si el sellado se realiza con productos líquidos, cuando se terminen las labores de limpieza se procede a sellar las juntas. Primero se instala el cordón de respaldo con las herramientas adecuadas para tal fin, que aseguren que este quedará a la profundidad deseada; luego se vierte el material de sello y se llena la junta de abajo hacia arriba, asegurándose de que se remueven las burbujas de aire atrapado.*

*Es recomendable que no se llene toda la junta, sino que, por el contrario, se dejen sin material de sello los 6 ó 10 mm superiores (ver figuras 10.11 y 10.12), de modo que, cuando la junta se cierre, el material no sea extruido y arrastrado por los vehículos.*

*El sellado de juntas con sellantes de silicona de bajo módulo que no son autonivelantes, necesita un acabado con herramientas manuales, con el fin de dar la forma final y poner en contacto íntimo el sellante con las paredes de la junta.*

Por último, el sellado con sello preformado se realiza untándole al sello el lubricante-adherente, para después introducirlo en el corte de las juntas. El lubricante facilita su introducción, y el adherente le da una ligera fijación a las paredes de la junta. Durante el proceso de sellado, se debe tener cuidado de no retorcer ni estirar el sellador. Algunos productores de estos sellos suministran equipos para instalarlos.

**Juntas transversales de construcción:** para los contratistas, estas son las juntas principales, porque no es fácil definir dónde se parará la obra. Si la junta transversal de construcción se va a realizar en el tercio medio de una losa de un carril adyacente, es necesario que la junta de construcción esté dotada de hierros, para cocerla y evitar con ellos los movimientos relativos, así como eliminar la posibilidad de que se desarrolle una fisura en la losa adyacente.

El método más común para finalizar las labores de construcción es rematando la obra contra una formaleta de madera que genera una cara lisa, por lo cual es necesario dotar esta junta de pasadores de carga. Si en el resto del pavimento la transferencia de cargas se está efectuando a través de la trabazón de agregados, la formaleta debe estar dotada de agujeros que permitan insertar las dovelas.

La formaleta se deja en su sitio hasta el momento de reiniciar las obras, cuando se remueva. También, se puede hacer una junta de construcción cortando el hormigón, en cuyo caso este se extiende y pasa por el sitio en que debe quedar la junta; luego, con la ayuda de sierras, se corta y se remueve el hormigón que esté más allá del sitio de la junta de construcción. Para alcanzar un buen resultado con el corte del hormigón, es necesario que las últimas tandas de este desarrollen más rápido la resistencia inicial. Al igual que con las juntas de construcción

*formaleteadas, se deben colocar dovelas, por lo que, en este caso, se necesita perforar agujeros para instalarlas.*

*Las juntas transversales de construcción no requieren el corte inicial para debilitar la sección; solo es necesario efectuar el corte secundario, para conformar la caja en la que se aloja el material de sello.*

### **Juntas transversales de expansión:**

- ***Juntas con dovelas:*** *en las juntas transversales de expansión, a uno de los extremos de cada dovela se le monta una cápsula, de 50 mm de longitud, que permita absorber los movimientos de expansión de las losas. Esta cápsula debe dotarse de un sistema que impida que se caiga o que se salga de la dovela durante la colocación.*

*Las condiciones de las dovelas en las juntas de expansión, en cuanto al alineamiento y la lubricación, son las mismas que las requeridas en las juntas transversales de contracción.*

*Dado que las juntas de expansión son más anchas que las de contracción, la canastilla en que se van a fijar las dovelas de estas juntas se dota de un material de sello preformado y compresible, con una altura idéntica a la losa de concreto (ver figura 10.12).*

- ***Juntas de expansión sin dovelas:*** *la característica de las juntas de expansión sin dovelas es que el espesor de la losa se incrementa para reducir los esfuerzos de borde. El incremento del espesor es del orden de un 20%, y la transición se desarrolla suavemente en una longitud de 6 a 10 veces el espesor de la losa.*

- **Junta longitudinal de contracción:** cuando el pavimento se construye con un ancho de dos o más carriles, las juntas longitudinales se cortan de manera similar a las juntas transversales de contracción; la diferencia consiste en que el momento del corte no es tan crítico, pero, si la subbase es estabilizada se deben cortar rápidamente, apenas se corten las juntas transversales. En cuanto a las barras de anclaje, los equipos de formaletas deslizantes tienen dispositivos para insertarlas.

Por el poco movimiento que tienen estas juntas, no necesitan de una caja para el sello; basta realizar un corte de 3 a 6 mm de ancho, con una profundidad igual a la tercera parte del espesor de la losa. Sin embargo, si se pide la caja para el sello, esta se puede hacer con un equipo multidisco, que corta a la profundidad y anchos deseados.

Con el fin de optimizar el costo de los selladores de las juntas, en las longitudinales se puede utilizar un sellador diferente, debido a los menores movimientos de estas juntas.

- **Junta longitudinal de construcción:** en estas juntas, hay dos aspectos que deben tenerse en cuenta: el primero se refiere a la inserción de las barras de anclaje, que se puede hacer introduciendo, en el concreto fresco, las barras dobladas en un ángulo de 90°, perforando agujeros en las losas y luego metiendo en ellos las barras. El segundo aspecto consiste en asegurar estas barras con un mortero epóxico, para que puedan cumplir su función de anclar las losas.

Las juntas longitudinales de construcción necesitan una caja para el sello, muy ancha para poder acomodar las variaciones longitudinales, en el borde de las losas, generadas por el proceso

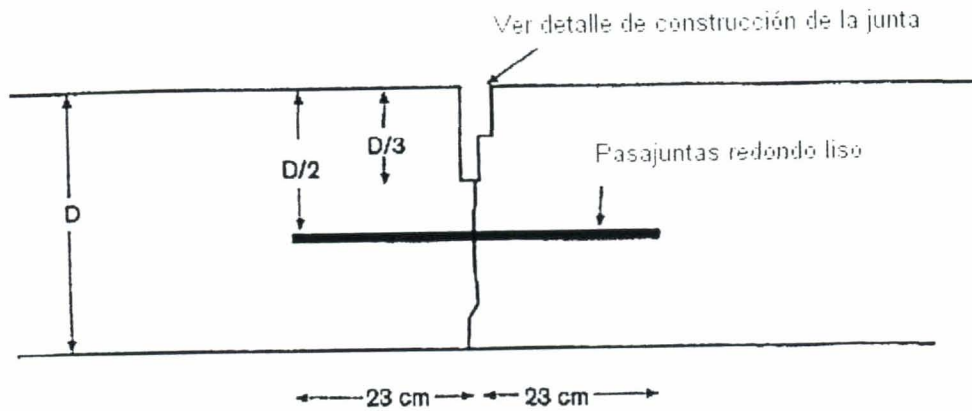
*constructivo, pero el corte y el sellado son similares a los de las juntas longitudinales de contracción (ver figura 10.13).*

- ***Junta longitudinal de construcción:*** *en estas juntas, hay dos aspectos que deben tenerse en cuenta: el primero se refiere a la inserción de las barras de anclaje, que se puede hacer introduciendo, en el concreto fresco, las barras dobladas en un ángulo de 90°, perforando agujeros en las losas y luego metiendo en ellos las barras. El segundo aspecto consiste en asegurar estas barras con un mortero epóxico, para que puedan cumplir su función de anclar las losas.*

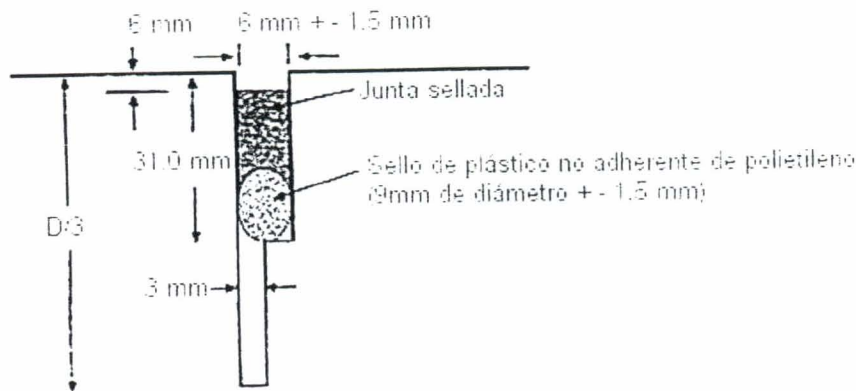
*Las juntas longitudinales de construcción necesitan una caja para el sello, muy ancha para poder acomodar las variaciones longitudinales, en el borde de las losas, generadas por el proceso constructivo, pero el corte y el sellado son similares a los de las juntas longitudinales de contracción (ver figura 10.13).*

### FIGURA 10.12 CORTE Y SELLADO DE JUNTA DE CONTRACCIÓN TRANSVERSAL (CON PASAJUNTAS)

D = Espesor de la losa de pavimento



Detalle de construcción de la junta



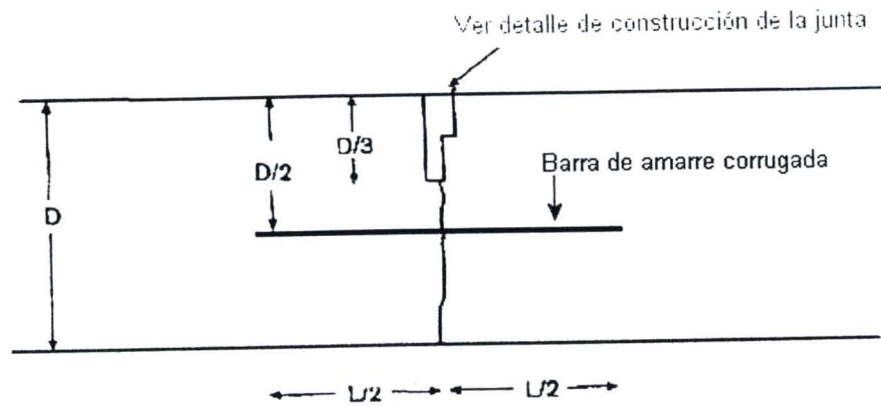
Nota:

La relación ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y como máximo 2:1.

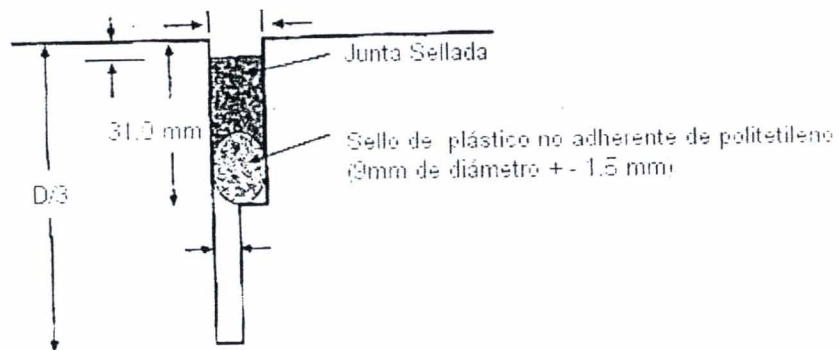
La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser hecha en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el despostillamiento. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después del colado.

**FIGURA 10.13**  
**CORTE Y SELLADO DE JUNTA DE CONTRACCIÓN LONGITUDINAL**  
**CON BARRA AMARRE**

D = Espesor de la losa de pavimento



Detalle de construcción de la junta



## **SECCIÓN 10.07 PAVIMENTOS BITUMINOSOS MEZCLADOS EN PLANTA EN CALIENTE:**

A) **Generalidades:** *el material bituminoso mezclado en instalación estacionaria, se emplea profusamente en la pavimentación de carreteras, caminos y calles. Hay muchos tipos y variedades de mezclas que se utilizan en todo el país, pero en casi todos los casos las medidas de control de la producción del material son prácticamente las mismas. El material bituminoso salido de una instalación mezcladora está constituido, generalmente, por un agregado de la granulometría adecuada y material bituminoso mezclados en caliente en una instalación central.*

*Hay distintas mezclas destinadas a fines diferentes, influidas en gran medida por las condiciones en las que habrá de utilizarse el pavimento ya acabado. Factores tales como materiales disponibles, condiciones climáticas y otros pertinentes, se toman también en consideración cuando se determina la mezcla que se utilizará y el modo en que se colocará.*

*La preparación de las mezclas para capas bituminosas de base y superficie de rodamiento en planta, permite un control de la temperatura, el contenido de humedad, la composición de la mezcla y la uniformidad, más definido que el que puede obtenerse empleando otros métodos para el mezclado. Es el método preferible desde el punto de vista de la calidad y uniformidad de la mezcla.*

*Las unidades que constituyen una instalación mezcladora para pavimentos bituminosos, y el equipo accesorio destinado a la manipulación de la producción, están contruidos para que lleven a cabo, con precisión, operaciones definidas a las que debe prestarse sólo una atención mínima. Cuando están debidamente ajustadas, las instalaciones modernas producen casi automáticamente una mezcla uniforme y de alta calidad.*

**B) Materiales y composición de las mezclas:**

- 1) **Materiales:** es obligación del Ingeniero de Proyecto verificar que los materiales y la mezcla cumplan los requisitos del CR-2002 y/o las disposiciones especiales.

En el artículo 406.02 de las Especificaciones generales CR-2002, se especifican todos los requisitos para la composición de mezclas asfálticas en caliente, y en el artículo 902.04 se encuentran instrucciones detalladas para el muestreo de materiales bituminosos.

- 2) **Composición de la mezcla:** el artículo 406.02 del CR-2002 ordena que el Contratista presente por escrito, al Ingeniero de Proyecto, una proposición de fórmula de mezcla para el trabajo, y el ingeniero tiene que aprobar, por escrito, esta fórmula de mezcla para el trabajo, antes de comenzar la producción.

Normalmente, la fórmula de la mezcla para la obra la verificará el Laboratorio que corresponda o se designe. Por lo tanto, será necesario que envíen al laboratorio muestras de los agregados y del material bituminoso, para que se preparen mezclas de ensayo. Estas mezclas deberán efectuarse tan pronto como sea posible, después de que hayan comenzado las operaciones de trituración y después de que se haya recibido la fórmula de mezcla para la obra propuesta por el Contratista.

Durante la operación de trituración, el personal del Contratista deberá proceder a realizar suficientes pruebas de granulometría, para asegurarse de que el material podrá cumplir los requisitos de la fórmula de la mezcla para el trabajo (fórmula de trabajo).

**C) Operaciones en la instalación mezcladora:**

1) **Generalidades:** las operaciones que se llevan a cabo en la instalación mezcladora pueden dividirse, en general, en dos tipos:

- a) las que se llevan a cabo en instalaciones comerciales permanentes, con múltiples operaciones de producción, y
- b) las que se realizan en una instalación portátil levantada en la obra, o cerca de ella, para que produzca la mezcla destinada a aquel proyecto.

En el lugar de la instalación a escala comercial, o tan pronto como se ha levantado la instalación junto a la obra y se la tiene ya a punto de que funcione, el Ingeniero de Proyecto y el inspector de la instalación productora deberán proceder a un examen minucioso de la disposición de la planta, inclusive de los lugares para almacenamiento, y de todas y cada una de las partes componentes del equipo.

Si los lugares para almacenamiento o cualquier parte del equipo no alcanzan a cumplir los requisitos indicados en el artículo 406.06 del CR-2002, deberá procederse a tomar medidas correctivas antes de que comiencen las operaciones de mezclado. En el historial del proyecto, deberá figurar un informe de esta inspección.

2) **Inspección del equipo de la planta:** los dos tipos generales de instalaciones para la producción de materiales bituminosos son:

- a) la planta de mezcla por batida, y
- b) la planta mezcladora continua tipo tambor mezclador (drum mixer)

*Tanto en las plantas de mezclas por batidas como en las continuas, la producción de los agregados se determina por peso, y la del material bituminoso por peso o por volumen (basado en el peso).*

*Las partes componentes de las plantas y las operaciones que en ellas se hacen son esencialmente las mismas, desde los acopios de los materiales, hasta las compuertas de las tolvas de agregados ya medidos y clasificados.*

*Con el fin de revisar debidamente la instalación para materiales bituminosos, el Ingeniero de Proyecto y el inspector de la planta deben estar muy bien enterados de los requisitos señalados por las especificaciones, y también del tipo particular de equipo que se esté utilizando. Como otro medio más de ayuda para estas inspecciones, a continuación se exponen las funciones de algunas de las partes componentes más importantes de la planta, así como algunos de los factores que deben tomarse en cuenta durante la inspección.*

- a) **Tanques de almacenamiento de asfalto:** los tanques de almacenamiento deberán tener capacidad suficiente para que mantengan un funcionamiento uniforme de la instalación, al mismo tiempo que dejen cierto margen de tiempo para los embarques. También, han de estar provistos de calefacción y habrán de mantener el material a las temperaturas necesarias.*

*Los tanques de almacenamiento deberán ser objeto de inspección para comprobar que estén libres de materias extrañas o de cualquier otro material bituminoso distinto del que se utilice en la obra. Tampoco deben permitir la entrada de agua, aceite, combustible u otras sustancias extrañas. Los serpentines de vapor que se utilicen en la calefacción, habrán de revisarse por si presentan fugas, primero antes de que se introduzca asfalto alguno en el tanque, y de nuevo cuando el material se caliente por primera vez. La tubería para el asfalto deberá estar aislada*

de tal modo y con un diámetro tal que impidan que el asfalto en circulación se paralice. En el interior y en toda la longitud del tanque para el asfalto se instalará, preferiblemente, una tubería de gas propano. Los conductos y accesorios han de ser adecuados para permitir la circulación apropiada entre los tanques de depósito y la planta.

- b) **Alimentador de agregados fríos:** el alimentador de agregados fríos, que normalmente se utiliza en una planta mezcladora portátil, está provista de: cuatro tolvas, compuertas regulables, alimentadores de vaivén y un transportador de banda sin fin, para que lleve los agregados ya en su proporción hasta el secador. Una planta a escala comercial puede estar provista de tolvas separadas, compuertas regulables y un túnel con sistema transportador. En ambos sistemas, las compuertas deben estar ajustadas, de modo que los agregados de tamaño adecuado vayan entregados en la cantidad apropiada, a través de la instalación, hasta las tolvas de agregados ya clasificados, para que la producción se mantenga uniforme sin que las tolvas se desborden.
- c) **Secador:** del alimentador en frío, el agregado sube hasta el secador, donde se seca y calienta hasta que alcanza la temperatura requerida. Las partes componentes del secador son:
- Un tambor giratorio, generalmente con un diámetro de 1,2 a 3,05 m y de 6,10 a 12,20 m de longitud
  - Un mechero, que quema gas o petróleo (diésel o bunker) y
  - Un ventilador, que puede considerarse como parte del sistema colector de polvo, pero cuya función primordial es suministrar la corriente de aire necesaria para la combustión en el tambor.

*El tambor está provisto de cangilones o canalones longitudinales, llamados “escalones levantadores”, que elevan los agregados y los dejan caer en cortinas, a través de la llama del mechero y los gases calientes. La inclinación del tambor, su velocidad de rotación, su diámetro, su longitud y su número de escalones levantadores, determinan la duración del tiempo necesario para que el agregado pase por el secador.*

*El agregado pasa del secador al montacargas caliente por un canalón de descarga situado cerca del mechero. El extremo del secador en el que está el elemento sensible de un instrumento termométrico, deberá estar situado en este canalón de descarga, para que registre o indique la temperatura del agregado mientras sale del secador.*

*Los secadores deben calentar los agregados de modo uniforme. Para impedir que el agregado quede cubierto de aceite combustible, el mechero y el tiro de aire deben ser adecuados para una combustión total del aceite. Debido a los posibles daños al material bituminoso, el sistema de calentamiento deberá controlarse de modo que se evite el calentamiento excesivo de los agregados.*

- d) **Colector de polvo:** *las especificaciones exigen que las instalaciones mezcladoras estén provistas de un colector de polvo. Esto es no solamente para que se disminuyan las molestias en la instalación, sino también para que permita devolver el polvo al montacargas caliente cuando se necesite para que se cumplan los requisitos propios del agregado.*

*Estando en funcionamiento, un ventilador impulsa la corriente de aire desde el extremo superior del secador hasta el interior del sistema colector de polvo. Esta corriente de aire que contiene partículas de polvo, vapores y gases, entra en el colector de polvo para la periferia*

superior de este último, y adquiere un movimiento vertical. La fuerza centrífuga lanza las partículas más pesadas del polvo contra la envoltura del colector y caen al fondo de este. El polvo más pesado se introducirá de nuevo en la corriente de agregados o se descartará, según lo indiquen las especificaciones.

Para cumplir las limitaciones establecidas sobre la contaminación del aire, se requiere el uso de un depurador o de algún otro dispositivo adecuado que, prácticamente, elimine las partículas de polvo de los gases de escape de las plantas productoras de material bituminoso. Normalmente, las disposiciones especiales del contrato también contendrán los requisitos para el control del polvo en esos lugares.

- e) **Elevadores de agregados calientes:** los elevadores de agregados calientes deberán estar protegidos de modo que impidan el enfriamiento del agregado o que los agregados finos sean arrastrados por el aire.
- f) **Unidad tamizadora:** generalmente, un elevador de cangilones sube los agregados calientes hasta una unidad tamizadora, que divide el agregado en el número necesario de fracciones por tamaño y deposita los distintos tamaños en las tolvas de agregados clasificados. En la mayoría de las plantas, la unidad tamizadora es una mesa plana de tipo vibratorio (zaranda), generalmente provista de cuatro tamices. El tamaño de la malla de los tamices varía según el tipo de mezcla bituminosa que haya de producirse. El tamiz del tablero más alto está cubierto con una malla eliminatoria, que separa todo el material de tamaño excesivo y lo descarga en un canalón para desechos.

Deben examinarse los tamices y tomar nota de su diámetro, longitud tamaño y velocidad de rotación o de vibración. Durante las operaciones,

*no deberán atascarse ni derramarse. Los agujeros o roturas de la malla de los tamices tienen que repararse rápidamente.*

- g) **Tolvas de agregados clasificados:** estas tolvas contienen los agregados calentados y tamizados, según las distintas fracciones que se necesitan para el tipo de mezcla bituminosa que se vaya a producir. El fondo de cada tolva está provisto de una compuerta de descarga que puede hacerse funcionar manual o automáticamente. Cada tolva tiene que estar provista de un adecuado tubo de rechazo.*

*La inspección de las tolvas incluirá el examen de las paredes divisorias, para cerciorarse de que sean estancas, no muestren agujeros y tengan la altura suficiente para impedir que los agregados se entremezclen. El cierre de las compuertas de descarga ha de ser suficientemente eficaz para que impida fugas a la caja para pesadas. Tienen que evitarse, asimismo, otras fugas de las tolvas, así como la acumulación de agregados en los rincones u otros lugares de estas. Las tolvas deberán tener dispositivos adecuados para el muestreo de los agregados.*

- h) **Báscula (instalaciones mezcladoras por batidas):** en la planta mezcladora por batida, hay una tolva o caja para pesadas del agregado, situada inmediatamente debajo de las tolvas de agregados clasificados. La tolva para pesadas está suspendida al mecanismo pesador, generalmente provisto de una báscula de esfera o cuadrante sin resortes, en las que el peso del agregado de cada una de las tolvas va señalándose acumulativamente, de modo que la última señal dará la lectura de la cantidad total de agregados incluidos en cada carga. La tolva debe ser suficientemente grande para que dé cabida a la carga de agregados secos sin que se derrame, ni alcance a tocar las compuertas de los depósitos o tolvas de los agregados.*

Generalmente, el material bituminoso se pesa en una cuba que se suspende de un mecanismo pesador con báscula de esfera sin resortes.

Es necesario que las básculas se revisen y sellen de acuerdo con el artículo 109.02 del CR-2002. Cuando la planta está a punto para funcionar, las básculas tienen que estar limpias y debe haberse comprobado, cuidadosamente, cada una de sus piezas. Es muy importante que el inspector revise a diario las básculas para el material bituminoso y para los agregados. Las manecillas indicadoras deben funcionar adecuadamente, es decir, tienen que estar equilibradas con la esfera a cero. Las palancas y los filos de las cuchillas de las básculas deben moverse libremente. Si la tolva pesadora roza contra alguna parte de la planta, o si está sostenida por alguno de los miembros de la estructura, el peso indicado del material contenido en esa tolva pesadora será incorrecto.

- i) **Compuertas regulables de las tolvas de agregados clasificados (plantas mezcladoras continuas):** las funciones de la planta mezcladora continua y de la planta de mezcla por batida son, en esencia, las mismas hasta que se llega al punto de descarga de las tolvas para agregados clasificados. En las plantas mezcladoras continuas, la separación de las proporciones de los distintos tamaños de agregados se lleva a cabo por medio de las compuertas ajustables de los depósitos en frío, que depositan los agregados en el montacargas, para que vayan a dar directamente al tambor mezclador. La entrega de material bituminoso en el tambor se realiza mediante una bomba medidora debidamente calibrada. El alimentador de agregados y la bomba para el material bituminoso están engranados a una fuente común de energía, de modo que las proporciones de agregados y material bituminoso sigan siendo constantes, cualesquiera que sean las variaciones del suministro de energía.

*Antes de que comience la producción, tiene que efectuarse una calibración exacta de la corriente de agregados procedentes de cada una de las compuertas alimentadoras. Para más información acerca de la calibración, véase la parte 3 b) de esta subsección.*

- j) **Mezcladora:** después de haberse pesado en sus proporciones, los agregados y el material bituminoso se introducen en la mezcladora para que se mezclen. Generalmente, las plantas mezcladoras de hormigón bituminoso están provistas de una mezcladora-revolvedora, constituida por dos ejes gemelos, provistos de paletas que mezclan los ingredientes y forman con ellos una masa homogénea. Las piezas principales son: las puntas de las paletas, las aspas de las paletas, la barra rociadora, los forros, los ejes, la compuerta de descarga y la camisa calefactora. Una buena mezcla depende del número y la forma de las puntas de las paletas, de la velocidad de los ejes mezcladores, de la duración del tiempo para la mezcla, de la temperatura de los materiales, de la cantidad de estos contenida en la mezcladora, y del claro entre las puntas de las paletas y las planchas del forro.*

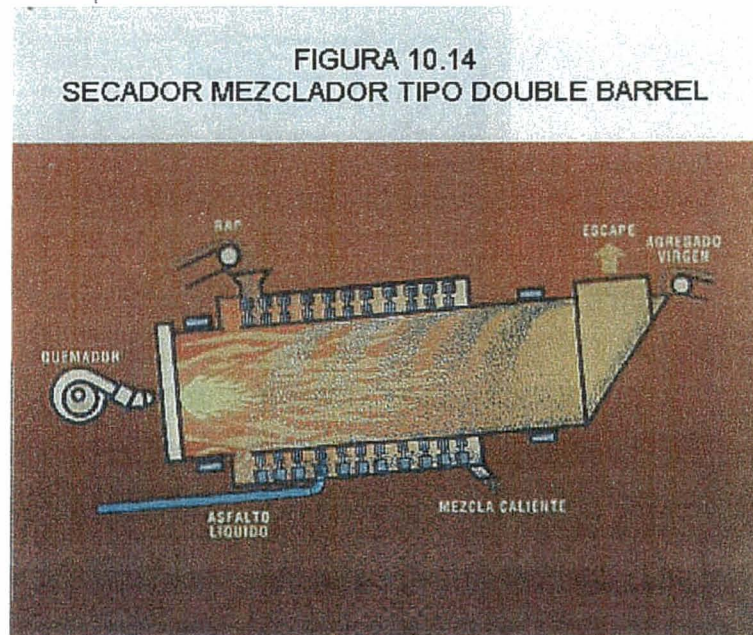
*En la mezcladora por batidas, los materiales caen en el centro de la mezcladora, y las puntas de las paletas están dispuestas de modo que den una pauta de mezclado de los bordes hacia el centro, o de giro (en forma de ocho).*

- **Tambores mezcladores más modernos:** para fines de 1986, se hizo evidente que, en la década de los años noventa se iba a necesitar un nuevo tipo de planta. Debía ser capaz de procesar altos porcentajes de material reciclado, y de producir altas temperaturas de mezcla. Tenía que funcionar sin contaminar la atmósfera con olores o humo (se requeriría cero opacidad). Esta planta también tenía que tener un*

rendimiento igual o mayor que las plantas existentes. Tendría que usar fácilmente diversos productos de reciclado para hacer una mezcla de buena calidad. Estas necesidades condujeron al desarrollo final de dos nuevos tipos de mezcladores:

- 1.- Secador mezclador tipo "Double Barrel"
- 2.- Mezclador de contraflujo con un quemador incorporado

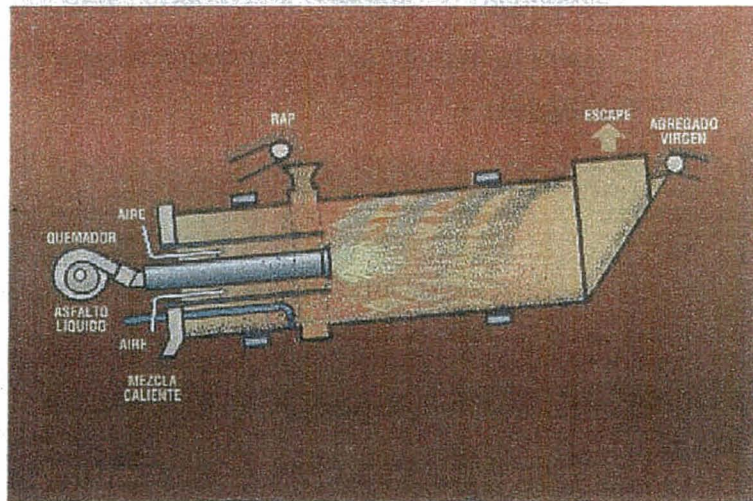
La figura 10.14 muestra una versión de un mezclador incorporado. Utiliza un secador de contraflujo para secar y supercalentar el agregado. El material reciclado es inyectado después del quemador, donde se mezcla con el agregado virgen caliente y el asfalto virgen líquido.



Pero esta planta presenta desventajas. Tiene altas temperaturas de la carcasa y tiempo corto de mezcla para los materiales reciclados y vírgenes. Más aun, no es fácil de mantener, porque el acceso a los componentes esenciales en el quemador es muy difícil.

La figura 10.15 muestra un nuevo tipo revolucionario de mezclador que utiliza una combinación de secador de contraflejo y mezclado tambor. Es el secador mezclador tipo "Double Barrel". La carcasa del tambor sirve de eje para el mezclador, lo cual da como resultado un mezclador de 3 a 4,4 m de diámetro, y proporciona un área extremadamente grande.

**FIGURA 10.15**  
**TAMBOR SECADOR MEZCLADOR**  
**DE CONTRAFLUJO CON QUEMADOR INCORPORADO**



Los agregados vírgenes se secan en el tambor interno. Son supercalentados a 316-342 °C cuando se procesa 50% de material reciclado. Después del secado, los agregados vírgenes caen por la pared del tambor interno hacia el tambor externo. Allí se juntan con el material reciclado y los dos se mezclan. El agregado virgen supercaliente funde el asfalto viejo en el material reciclado, para que se mezcle con el agregado virgen antes de que se inyecte el asfalto líquido fresco a la mezcla. El tiempo de mezclado en esta carcasa externa es de 30 segundos a 1 minuto, y este es más prolongado de lo común, lo suficientemente para producir una mezcla muy homogénea de óptima calidad.

*La carcasa externa del tambor no gira. Gracias a ello, facilita el acceso para adicionar a la mezcla una variedad de otros materiales reciclados, cuando se necesiten o estén disponibles. Con este diseño, el 90% del calor para la fusión y el secado del material reciclado proviene del agregado virgen. El otro 10% procede del calor conducido a través de la carcasa interna y las paletas mezcladoras en la sección de mezcla. El calor conducido a la mezcla, a través de la carcasa interna, impide que esta última se sobrecaliente. La carcasa externa del Double Barrel se mantiene permanentemente a unos 49 °C. Todos estos factores producen un mezclador altamente eficiente.*

*Cualquier humo u olor proveniente de la sección de mezcla es devuelto a través de los agujeros en el tambor interno. Estos son los mismos agujeros que dejan pasar el agregado virgen a la carcasa externa. Los contaminantes se van directamente a la llama del quemador, donde son consumidos. Como resultado, no se producen olores y la chimenea tiene cero opacidad. Más aun, el asfalto virgen y los materiales reciclados no quedan expuestos a los gases y vapor calientes producidos por el secado del agregado virgen en la carcasa interna. Por lo tanto, estos gases y el vapor no llegan a destilar los aceites ligeros a estos materiales.*

- 3) **Calibración de las plantas:** antes de que comience la producción, las básculas, tanto para agregados como para material bituminoso de las plantas por batidas, así como los alimentadores de banda articulada y la bomba de asfalto de las plantas continuas, deberán calibrarse bajo la observación del Ingeniero de Proyecto.*

La información general y/o las sugerencias que el Ingeniero de Proyecto deberá tomar en cuenta son las siguientes:

- a) **Plantas mezcladoras de batidas:** el artículo 109.02 CR-2002 exige que las básculas se revisen, prueben y sellen, tan a menudo como el Ingeniero de Proyecto juzgue necesario; pero, antes de sellarlas, pueden utilizarse durante un período razonable de tiempo, siempre que las pruebas de campo indiquen que se ajustan a la precisión especificada. Respecto a las básculas de plantas de batidas, la prueba de campo puede llevarse a cabo del modo siguiente: primero, se nivelan las tolvas de asfalto y de agregados de modo que la esfera o la romana señale cero, y debe verificarse que todo el equipo pesador funciona sin estorbos. Luego, debe comprobarse la precisión de las básculas en distintos puntos, dentro de la escala prevista de funcionamiento, utilizando para ello pesas corrientes que habrá de proporcionar el Contratista. Puesto que es poco probable que el Contratista tenga suficientes pesas corrientes para que se alcance la capacidad total de la tolva para agregados, primero se pondrá en la tolva el número máximo de pesas disponibles y se equilibrará la romana o la lectura de la esfera. Después, se retiran las pesas y se dejan caer agregados en la tolva, hasta que la romana quede equilibrada o hasta que se tenga la misma lectura anterior en la esfera. Luego, se vuelven a colocar las pesas en las tolvas y se procede a una nueva lectura o a equilibrar de nuevo la romana.

La operación de añadir pesas, equilibrar la romana y sustituir las pesas con una cantidad equivalente de agregado, deberá repetirse hasta que se alcance toda la capacidad de la tolva.

- b) **Plantas mezcladoras continuas:** las plantas mezcladoras continuas utilizan para el material bituminoso una bomba volumétrica. La descarga se mide por medio de un medidor de material bituminoso (de funcionamiento parecido al de un medidor corriente de agua). La velocidad de descarga se cambia, ya

sea haciendo un ajuste en la bomba o cambiando la velocidad de giro de la rueda de cadena. La bomba puede calibrarse a diferentes velocidades de descarga, tomando la lectura inicial y la final durante una cantidad medida de tiempo. Esto deberá efectuarse con la calidad específica de material bituminoso, llevado a la temperatura necesaria, y después de que la bomba ha estado funcionando un tiempo suficiente para que se elimine todo el aire de la tubería y para que la bomba alcance la temperatura de régimen normal.

El medidor de material bituminoso debe comprobarse periódicamente, comparando las diferencias de lectura del medidor con cantidades conocidas de material bituminoso que han pasado por la planta. Estas cantidades conocidas tienen que obtenerse de los pesos de asfalto entregado a la obra, o por medio de mediciones en el depósito de almacenamiento de asfalto, utilizando para ello curvas de calibración proporcionadas por el fabricante, o bien, siguiendo instrucciones de la Dirección de Obras del CONAVI.

En las plantas mezcladoras continuas, las proporciones de los agregados se determinan por peso, como se hace en las plantas mezcladoras de batidas. La descarga de las distintas tolvas se obtiene por medio de alimentadores de banda articulada, y la velocidad de descarga se regula mediante ajustes de una compuerta que queda encima del alimentador de banda articulada. Normalmente, las instalaciones continuas están provistas de compuertas que desvían simultáneamente la descarga de su trayectoria normal hacia la mezcladora, y la llevan a los botes de muestreo; hay una compuerta para cada tolva. Se pesa la cantidad de agregado correspondiente a un número dado de revoluciones del eje y con distintas aberturas de compuerta, que se descarga dentro de cada bote. Con estos datos, pueden prepararse gráficas de calibración que señalarán la velocidad proporcional de descarga de cada una de las tolvas con diversas aberturas de compuerta.

*Estas gráficas servirán solamente respecto al tipo y tamaño particular del agregado utilizado en la calibración.*

**FIGURA 10.16  
MEZCLADORAS CONTINUAS**



**4) Inspección de las operaciones de la planta:**

- a) **Generalidades:** *la clave para la buena construcción de un pavimento con mezcla caliente preparada en la planta mezcladora, radica en el personal de la instalación y, en particular, en el inspector, cuyo trabajo tiene que estar debidamente ejecutado antes de que cualquier otra persona comprendida en la línea de producción pueda efectuar satisfactoriamente el suyo.*

*Antes del comienzo de la producción de cada jornada, el inspector de la planta deberá comprobar que los diversos medidores de tiempo, compuertas, básculas, etc., están exactamente ajustados antes de que se inicien las operaciones de mezclado. Tienen que revisarse y limpiarse, además, la unidad tamizadora, los botes y los conductos de rechazo.*

*Después de que comienza la operación de mezclado y durante toda la jornada, el inspector tiene que supervisar o realizar las pruebas necesarias de control. La presencia en la planta de un inspector con experiencia, contribuirá sobremanera a la producción de una mezcla uniforme.*

*Durante la jornada, el inspector efectuará comprobaciones periódicas de:*

- 1.- Las compuertas del alimentador en frío y los conductos de rechazo, por si hubiera cualquier derrame en las tolvas de agregados clasificados; la temperatura de los agregados y del material bituminoso; y la mezcla en los camiones;*
  - 2.- La graduación combinada del agregado usado en la mezcla (suma de todas las graduaciones de los agregados en las tolvas en caliente, en el porcentaje en que intervienen en la mezcla);*
  - 3.- El funcionamiento adecuado del secador;*
  - 4.- Las operaciones de pesado y mezclado;*
  - 5.- El aspecto de uniformidad de la mezcla ya en los camiones.*
- b) **Funcionamiento de los alimentadores en frío:** la primera determinación de proporciones del agregado se realiza en los alimentadores en frío. Para que aporten un caudal de agregados del tamaño correcto, en las pilas de agregados tiene que haber alimentadores del tamaño adecuado, de manera que los agregados no se segreguen ni entremezclen, y las compuertas del alimentador deben mantenerse ajustadas y libres de obstrucciones.*

*El inspector de la planta deberá observar el equipo que alimenta la instalación con material tomado en las pilas, y habrá de cerciorarse de que ese material es uniforme cuando entra en la unidad secadora. Los agregados segregados que vayan a dar a la planta por conducto del secador, darán por resultado un secado y calentado desiguales que, a su vez, producirán por*

*resultado un tamizado carente de uniformidad y, finalmente, rechazo o falta de material en las tolvas de agregados clasificados.*

*Puede obtenerse un mejor control de la instalación y una mejor uniformidad de la mezcla, si los agregados están repartidos en dos o más pilas o tolvas antes de introducirlos en el secador. Esto puede resultar a menudo provechoso para el Contratista, puesto que, de este modo, no estará secando agregados que más tarde vayan a descartarse debido a un sobrante de algún tamaño.*

- c) **Tamices y tolvas:** *el tamaño y la cantidad relativa de los agregados finos determinan la proporción correcta de asfalto para la mezcla y, por lo tanto, debe hacerse todo lo posible para que se mantenga una granulometría uniforme. La segregación que se produce dentro de la tolva del agregado fino, puede remediarse colocando adecuadamente canalones y placas desviadoras debajo del tamiz.*

*La tolva de agregado grueso deberá examinarse de vez en cuando respecto a su contenido de material fino. La acumulación de este material fino puede remediarse: instalando una sección o parte del tamiz con abertura más grande; disminuyendo la velocidad a la que el material pasa por encima del tamiz; o bien, cambiando la longitud, el diámetro, la inclinación o la velocidad de este último. La presencia en cualquiera de las tolvas de más de 5% de material de tamaño más pequeño, es indicio de que hay una acumulación excesiva de este y que los tamices están atascados o sobrecargados.*

*El modo más conveniente de muestreo de los agregados antes de mezclarlos con el material bituminoso, lo constituyen las muestras de agregados secos y tamizados sacados de las distintas tolvas. La mayoría de las instalaciones, ya sean del tipo de batidas o continuas, están provistas de bandejas para*

muestreo, que hacen muy fácil el muestreo de los agregados de cada una de las tolvas.

d) **Comprobación del contenido de material bituminoso:** probablemente, la causa más común de fallas de las mezclas bituminosas para pavimentación es el contenido incorrecto de material bituminoso, el cual puede deberse a: básculas inexactas (tanto las de material bituminoso como del agregado), variaciones en la granulometría del agregado, cualidades absorbentes de los agregados utilizados, o mala interpretación de los resultados de la prueba preliminar. Debe darse una constante atención a los sistemas de palancas de las básculas de la planta mezcladora, para cerciorarse de que estén funcionando debidamente.

Hay diversos problemas que pueden ocasionar variaciones en el contenido de asfalto en la mezcla de asfalto caliente producida por una planta. Cuando se utilizan extracciones para determinar el contenido de asfalto, se pueden producir errores en el método de muestreo, en el procedimiento de extracción, o en la planta misma. En general, los problemas de contenido de asfalto pueden clasificarse en las tres categorías siguientes:

- Es consistentemente alto
- Es consistentemente bajo
- Varía de bajo a alto

1.- **Muestreo incorrecto:** es importante tomar las muestras en un punto que se encuentre aproximadamente a un tercio de la longitud de la caja del camión. Las muestras tomadas del centro de la caja del camión tienen una mayor cantidad de materiales finos, por lo cual exhiben un mayor contenido de asfalto. Las muestras tomadas de los bordes de la caja del camión contienen materiales más gruesos y una menor cantidad de asfalto. Es sumamente importante tomar las muestras consistentemente de un

mismo lugar. El técnico debe utilizar una pala, aproximadamente a un tercio de la longitud de la caja del camión, para excavar un agujero de aproximadamente 30 cm de profundidad y luego tomar la muestra. Las muestras pueden tomarse en la carretera, detrás de la pavimentadora, pero se debe tener cuidado de asegurarse de que las muestras sean representativas de la mezcla y que no sean aisladas. Las muestras en la carretera deben tomarse en la parte central de la carga descargada por el camión, y no en la frontera entre una carga y la siguiente.

No se deben tomar muestras de puntos intermedios en el proceso de una planta. En lugar de ello, deben tomarse las muestras del camión después de que este haya sido cargado por la tolva de compensación o la tolva de almacenamiento y se haya completado todo el proceso. Tomar muestras de la mezcla de asfalto caliente descargada por el mezclador de tambor, puede producir mezclas no representativas, puesto que la mezcla se encuentra en un punto intermedio del proceso.

2.- **Cuarteado incorrecto:** con el fin de reducir el volumen de la muestra a un tamaño adecuado para el procedimiento de extracción, usualmente es necesario cuartear la muestra. Si durante el proceso de cuarteado de mezclas con agregados gruesos la porción queda con una cantidad excesiva de materiales de tamaño grande, esta tendrá un bajo contenido de asfalto. Una cantidad excesiva de materiales finos producirá un alto contenido de asfalto.

3.- **Humedad:** el material húmedo se pesa con balanzas de banda. El sistema de control por computadora toma en cuenta la humedad del material y resta el peso correspondiente al porcentaje de humedad que el operador ingresa manualmente en la computadora. Si se ingresa un porcentaje de humedad incorrecto, se producirán errores. Así, si se ingresa un porcentaje de humedad mayor que el real, el contenido de

asfalto será bajo. Por otro lado, si se ingresa un porcentaje de humedad menor que el real, el contenido de asfalto será alto.

- 4.- **Pesaje incorrecto con balanza de banda:** cuando el contenido de asfalto es bajo, es probable que la balanza de banda se encuentre agarrotada. Las materias extrañas presentes pueden impedir que el puente de pesaje funcione correctamente. Como resultado, se coloca más material en la balanza que el que aparece indicado. Debe consultarse el procedimiento recomendado por el fabricante para asegurarse de que la balanza de banda se encuentre debidamente alineada y pueda moverse libremente.
  
- 5.- **Captador de velocidad de la banda:** si el indicador de velocidad de la banda indica que la velocidad de esta disminuye, cuando en realidad tal disminución no ha ocurrido, se produce un error y el valor determinado de toneladas/hora será incorrecto. Esto puede deberse a la acumulación de materiales en la polea que tiene instalada el captador de velocidad de la correa, o en la banda misma. La acumulación de mezcla en poleas macizas de las tolvas de reciclaje puede hacer que estas giren más lentamente. El aumento en el diámetro de la polea ocasionará que la velocidad indicada por el captador sea menor que la real, por lo cual el valor de toneladas por hora será menor que el real.
  
- 6.- **Desajuste del sistema dosificador:** el sistema dosificador debe recalibrarse haciendo pasar un volumen conocido de material por el medidor, hacia un distribuidor, y pesándolo con una balanza. Si el peso del material en el distribuidor o en el tanque de calibración no corresponde al peso dosificado, debe efectuarse el procedimiento recomendado por el fabricante para ajustar el sistema.

7.- **Segregación:** *la mezcla de asfalto y agregado, aunque esté debidamente mezclada, puede ser propensa a la segregación al descargarla directamente en un camión o al transportarla a través de una tolva de compensación hacia un camión. En tal caso, si se toma una muestra de materiales finos, se puede obtener un contenido de asfalto consistentemente alto, en tanto que, si se toma una muestra de materiales gruesos, el contenido de asfalto puede resultar bajo.*

*Típicamente, cuando se produce segregación, el contenido de asfalto varía porque las muestras tomadas no son consistentes entre sí. Sin embargo, si la mezcla tiene una discontinuidad pronunciada en su granulometría y los camiones se cargan usando un mismo procedimiento, los agregados gruesos rodarán hacia los bordes exteriores de la caja y los materiales finos permanecerán en la parte central de esta. Si el técnico toma las muestras cerca del centro, consistentemente estas tendrán un exceso de materiales finos.*

*Cuando se produce segregación, es posible que se haya añadido de modo uniforme la cantidad debida de asfalto al agregado. Sin embargo, durante el procedimiento del material a través del transportador de arrastre hacia la tolva de almacenamiento y hacia el camión, los materiales de la mezcla pueden haberse separado por tamaño. Si la muestra tiene una cantidad excesiva de materiales gruesos, el contenido de asfalto será bajo. En una muestra con un exceso de materiales finos, se obtiene un alto contenido de asfalto.*

*Los resultados de las pruebas de granulometría en el agregado extraído son muy útiles para determinar si existe alguno de los problemas anteriormente mencionados. El porcentaje de materiales que pasa por la criba indicadora (N° 4 o N° 8) varía de modo considerable. El bajo contenido de asfalto corresponde a un bajo porcentaje de materiales que*

*pasa por la criba indicadora. El alto contenido de asfalto corresponde a un alto porcentaje de materiales que pasa por la criba indicadora. Sin embargo, se produce una segregación después del proceso de mezcla, ya sea en la tolva de compensación o en la de almacenamiento, o durante el proceso de carga del camión.*

*Cuando se produce una mezcla incorrecta, el porcentaje de materiales pasantes por la criba indicadora puede permanecer relativamente constante, mientras que el contenido de asfalto varía. Esta condición también puede deberse a errores en los procedimientos de extracción y prueba. Para confirmar la precisión de extracción, las muestras del material combinado y tomado del transportador que alimenta la planta pueden separarse por lotes y mezclarse en laboratorio. Si el contenido de asfalto determinado en las muestras de laboratorio es igual al valor de diseño de la mezcla, entonces las variaciones observadas en el campo se deben a variaciones en el proceso. Si los valores de prueba difieren, entonces se debe verificar el procedimiento de extracción de la muestra.*

*La mezcla incorrecta en una planta dosificadora usualmente se debe al mantenimiento insuficiente del mezclador, a la distribución desigual de materiales alimentados al mezclador o a un tiempo de mezclado insuficiente. En un mezclador de tambor, la mezcla incorrecta puede deberse a tiempos de mezclado o de retención insuficientes, a paletas desgastadas o faltantes, o a que la planta funciona a un ritmo de producción considerablemente menor que el de su capacidad nominal.*

**8.- Comparación del total de agregado vs. el total de asfalto consumido:** *la cantidad total de agregado que se usa en un lapso determinado, debe compararse con la cantidad total de asfalto consumido. Esto puede realizarse anotando la indicación del medidor en el conducto de alimentación de asfalto, y considerando el total de agregado seco que*

*pasa por la balanza de banda. La suma de estas dos cantidades deberá ser igual al peso total de la mezcla despachada a la carretera. Esto indica rápidamente si el problema se produce en la balanza de banda, en el sistema dosificador, si se debe a segregación o si se debe a los métodos de extracción o de muestreo.*

**9.- *Detección de errores en el procedimiento de extracción (causantes de alto contenido de asfalto):***

*a) Se obtiene una muestra de agregado combinado de la banda que alimenta la planta. Se seca en un laboratorio y se mezcla una cantidad "X" de asfalto. Luego, se extrae el asfalto. Si la cantidad extraída de asfalto es mayor que "X", se efectúa un procedimiento de compensación de ceniza. Se utiliza un factor de compensación de polvo igual al factor de compensación de ceniza.*

*b) Si el agregado tiene humedad interna, es posible que toda la humedad no se haya extraído antes de realizarse la mezcla. La humedad puede extraerse y considerarse como asfalto líquido. Si se observan caídas de temperatura relativamente abruptas en la temperatura del agregado directamente después de formarse la mezcla (por ejemplo, una reducción de 11 a 17 °C en la temperatura de la mezcla al transportarla de la planta, por la tolva de compensación y hacia el camión), ello indica que hay humedad interna. (Un uno por ciento de humedad interna produce una caída de temperatura de 31 °C en la mezcla.) Esta humedad puede parecer parte del asfalto, lo cual hace que el contenido de asfalto parezca ser alto. Para corregir esta condición, se secan las muestras en un horno durante un lapso de una a dos horas antes de extraer el asfalto líquido.*

**10.- *Detección de errores en el procedimiento de extracción (causantes de bajo contenido de asfalto):*** *si se inyecta aproximadamente 10% de*

*alcohol por volumen en el solvente y se extrae el agregado por segunda vez, es posible extraer asfalto adicional. Pueden requerirse hasta tres extracciones para recuperar todo el asfalto. Para eliminar los problemas relacionados con la absorción en los agregados gruesos, puede ser necesario triturarlos hasta dejarlos en partículas con diámetros de menos de 6,4 mm, antes de efectuar la extracción para poder quitar todo el líquido. Si no se observa evidencia de absorción al tomar una muestra de la banda, esto no necesariamente significa que se ha eliminado la posibilidad de absorción como causa de problemas. Durante los tres minutos, aproximadamente, que el material permanece en el secador o en el tambor/mezclador, se elimina toda la humedad de su superficie, pero si el material tiene humedad interna, esta no necesariamente se eliminará. Cuando el material tiene humedad interna, usualmente se produce una caída rápida en su temperatura. En una planta mezcladora de tambor, la caída de temperatura se produce entre el secador y la tolva de compensación. En una planta dosificadora, la caída de temperatura se produce entre el secador y el mezclador.*

*A medida que la humedad interna se evapora del agregado, se extrae calor de la roca, lo cual reduce su temperatura. Cuando la humedad interna se evapora y se difunde, se forma un vacío en el interior de la roca, lo cual hace que se aspire el asfalto líquido a través de sus poros. Esto puede observarse si se corta una roca grande en dos, y es posible ver que el asfalto se ha aspirado hacia el interior del material. Como se mencionó anteriormente, añadir alcohol ayuda a extraer parte de este líquido de difícil acceso. Si esto no da resultados adecuados, se recomienda triturar el agregado en tamaños más pequeños, para dejar más superficies expuestas. En los materiales difíciles de extraer, especialmente los de reciclaje, puede ser necesario empapar las muestras en solvente durante 24 horas, o por lo menos hasta el día siguiente.*

*Si se produce absorción en los agregados, esto no implica que estos sean inútiles. Tampoco significa que, necesariamente, se deba aplicar un contenido más alto de asfalto para obtener el espesor adecuado en la película. Al reducir la inclinación del secador y aumentar el tiempo de reposo, o si se aumenta la cantidad de paletas o represas, o se usan otras técnicas para aumentar el tiempo de reposo en el tambor, se puede eliminar la humedad interna. Si se elimina la humedad interna antes de cubrir el material con asfalto, no se producirá absorción. Una ventaja de la planta dosificadora sobre el mezclador de tambor es que, luego de que el material sale del secador, se transporta a tolvas calientes, en donde se almacena por un espacio de cinco a 30 minutos antes de usarse. Usualmente, este tiempo es suficiente para eliminar la humedad interna. De este modo, cuando el material se introduce en la tolva de pesaje y luego en el mezclador, en donde es recubierto con asfalto, existe un bajo porcentaje de humedad interna y, por lo tanto, se reduce la absorción.*

- 11.- Detección de un procedimiento incorrecto de mezcla:** *el procedimiento incorrecto de mezcla ocurre cuando se colocan cantidades no uniformes de asfalto en diversos puntos de la mezcla. Por lo tanto, dependiendo del punto del cual se toma la muestra de la mezcla, el contenido de asfalto puede ser alto o bajo. En una planta dosificadora, debe inspeccionarse el mezclador par comprobar que todos sus vástagos y puntas estén en buenas condiciones y que no se hayan desgastado en exceso. Se debe instalar el patrón de mezcla correcto, según lo recomendado por el fabricante, y utilizar el tiempo de mezclado adecuado según lo especifica el fabricante. Si se produce una mezcla incorrecta, normalmente se puede corregir el problema alargando el tiempo de mezclado en las plantas dosificadoras. La técnica sugerida anteriormente en el tema de segregación, revela si se está produciendo una mezcla o recubrimiento incorrecto.*

*En los mezcladores de tambor, la línea de asfalto debe extenderse más hacia el interior del tambor, para alargar el tiempo de mezclado. Si es necesario tomar esta medida, hay que asegurarse de que no se produzca humo. Se pueden instalar paletas invertidas en el extremo de descarga del tambor, para lograr que la mezcla permanezca más tiempo en el tambor. Otra técnica es instalar una represa en el tambor, para aumentar el tiempo de mezclado. Una tercera técnica consiste en reducir la inclinación del tambor para aumentar el tiempo de mezclado. Una ligera variación en cualquiera de estos puntos, puede producir una diferencia significativa en la mezcla final.*

### **5) Operaciones en el camino:**

- a) **Generalidades:** *es obligación del Ingeniero de Proyecto y del inspector del camino, verificar que las operaciones de pavimentación se lleven a cabo de acuerdo con las disposiciones del contrato. Deben conocer cabalmente los planos y especificaciones, el plan de operaciones del Contratista, los procedimientos necesarios de regulación del tránsito, y el equipo de construcción que haya de utilizarse.*

*Antes de las operaciones de pavimentación, el inspector de caminos deberá revisar a fondo la superficie sobre la cual haya de tenderse el pavimento. Si la superficie es una base, se aplicará, cuando sea necesario, una capa de imprimación que deberá también quedar totalmente curada. La superficie deberá revisarse para comprobar que la nivelación y la sección transversal sean correctas, y todas las superficies de trabajo, las depresiones o los baches deberán repararse, con el fin de obtener una base firme para el pavimento. Cuando tenga que rehacerse una superficie ya existente, se limpiará de suciedad y otras materias extrañas y se repararán todas las extensiones débiles. Si se va a aplicar una capa de prenivelación, deberá*

*revisarse la superficie existente, y se marcarán los lugares más desiguales, para que reciban esta capa o una mayor cantidad de material durante la construcción.*

*Cuando se requiera, se aplicará a todas las superficies una capa ligante, a la anchura y longitud necesarias para las operaciones de pavimentación correspondientes a una jornada.*

*Los bordes del pavimento deberán marcarse con un cordón o una línea de guía para la pavimentadora, señalada con suficiente antelación para que asegure la continuidad del pavimento. Este cordón o línea deberá tenderse y sujetarse con clavos a la superficie, a intervalos que permitan que se mantenga tirante, y deberá revisarse para comprobar que se obtendrá la anchura de pavimento propuesta.*

*b) **Inspección del equipo pavimentador:** el inspector del camino deberá efectuar una inspección personal del equipo pavimentador del Contratista, para comprobar el estado y ajuste de las partes componentes de la máquina pavimentadora y de las compactadoras. Si esta inspección se realiza antes de que comiencen las operaciones de pavimentación, pueden descubrirse y corregirse deficiencias manifiestas del estado del equipo, con lo cual se evitarán demoras y retrasos una vez que ha comenzado el trabajo, y se asegurará el mejor acabado posible de la superficie. Durante la inspección del equipo, deberá comprobar:*

*1.- **Máquinas pavimentadoras:** el inspector deberá familiarizarse con las características mecánicas del tipo de pavimentadora que se utilizará en el proyecto, para que así pueda obtener una apreciación precisa de su estado. Las instrucciones para los ajustes se encuentran en los manuales y folletos editados por el fabricante. Antes de comenzar las operaciones de pavimentación, el inspector deberá comprobar, junto con el*

*representante del Contratista, las características generales que se enumeran a continuación:*

- Deberán examinar el motor impulsor de todas las máquinas pavimentadoras, para cerciorarse del funcionamiento del regulador, y de que el motor funciona, sin tropiezos, a las velocidades normales de operación.*
- En las máquinas de tracción por orugas, el eslabonamiento de estas tendrá que estar correctamente ajustado. También, se examinarán las orugas y los pasadores, para detectar si están excesivamente desgastados.*
- En las máquinas con ruedas provistas de neumáticos, estos últimos deberán inflarse a la presión correcta, y se comprobarán las transmisiones de cadena en lo que respecta a su ajuste y a su desgaste excesivo.*
- Las barras alisadoras deben dar las R.P.M. (revoluciones por minuto) correctas, a su separación adecuada de la "plancha", a la longitud de la pasada y al excesivo desgaste de las puntas.*
- El emparejador transversal oscilante no deberá tener un juego excesivo, y habrá de estar correctamente ajustado en cuanto a coronamiento e inclinación.*
- La zapata inmóvil ubicada delante de la "plancha" deberá comprobarse respecto a la altura adecuada por encima del emparejador vibratorio.*

- *Examinarán la “plancha”, para determinar si presenta un desgaste excesivo, y si tiene un ajuste para comprobar adecuado para el coronamiento e inclinación, así como para comprobar que el mechero calentador de la “plancha” funcione eficazmente. Las prolongaciones de la “plancha” deben estar en el mismo plano horizontal y a ras con el borde inferior de aquella. Deberán examinarse también los vibradores de la “plancha”, para comprobar su adecuado funcionamiento.*
- *Debe verificarse el adecuado funcionamiento de los controles de rasante o espesor, manuales o automáticos.*

2.- **Compactadoras:** *el inspector deberá revisar las compactadoras con rodillos de acero, para cerciorarse de que pueden apisonar en un plano horizontal y que no presentan ningún hundimiento ni ninguna cresta. El mecanismo de dirección e impulsión tiene que estar libre de todo juego u holgura excesivos, y la transmisión y el motor deberán estar libres de fugas de aceite. Cada compactadora deberá estar provista de un tanque de agua conectado a la barra y de una cejilla rociadora de cada rueda. Las cejillas rociadoras habrán de examinarse, para determinar si presentan desgaste excesivo, y deberá comprobarse que las barras rociadoras, funcionan debidamente.*

*La compactadora de hules deberá tener los rodillos lisos, de igual medida e iguales capas, en buen estado e inflados a la misma presión. La presión de los neumáticos y el lastre de la apisonadora pueden variarse para que den las presiones deseables de contacto con el pavimento. Todas las ruedas deberán girar sin desviaciones, oscilaciones ni arrastre.*

3.- **Herramientas diversas:** *deberá comprobarse que el Contratista cuente, en el proyecto, con una existencia adecuada de rastrillos, raspadores,*

*palas, escobas y otras herramientas pequeñas. El Contratista deberá estar debidamente provisto de vallas portátiles, conos u otros medios de protección, de la mezcla recién tendida, contra daños por el tránsito.*

- c) **Colocación y acabado:** *el artículo 406.08 del CR-2002 exige el uso de una pavimentadora para las operaciones de colocación y acabado del material bituminoso. En extensiones irregulares, puede colocarse la mezcla y dársele el acabado manualmente.*

*Son deberes de rutina del inspector del camino reunir los recibos de carga y controlar el emplazamiento y longitud de la aplicación de cada carga. Sin embargo, su deber principal es construir un pavimento de rasante y un perfil transversal, tal como se hayan señalado en el plano, y con la textura superficial y la superficie de rodadura propuestas en el contrato. Para lograr estos resultados, el Contratista debe comprobar continuamente la superficie que se haya de pavimentar, la mezcla contenida en los camiones, la textura de la superficie que la máquina deja tras de sí, la operación de apisonado y la superficie pavimentada, en lo que respecta a coronamiento y lisura.*

*Cuando estén a punto de comenzar las operaciones de pavimentado, la "plancha" deberá estar calentada a la temperatura adecuada, y los controles niveladores ajustados de modo que construyan la junta transversal. Esto debe comprobarse cuidadosamente para que se aseguren unas buenas condiciones de contacto, así como la conformidad con los requisitos de tolerancia, antes de permitir que la pavimentadora inicie su trabajo. Debe ponerse particular cuidado en ajustar el dispositivo regulador del espesor, para lograr la colocación y el coronamiento deseados. Al igual que el borde de una sección de pavimento tendida con anterioridad, la "plancha" de la pavimentadora tiene que sobreponerse entre 3 y 5 centímetros encima del borde existente, y el regulador del espesor debe ajustarse de modo que deje el material levemente más alto que el de la*

*sección de pavimento tendido anteriormente. El traslapo de este borde empujará, a este lugar, material más que suficiente para garantizar que la junta quede totalmente rellena y a prueba de humedad. La altura del material por encima del borde del pavimento, antes tendido, deberá ajustarse de modo que, cuando la junta longitudinal quede debidamente compactada, el perfil transversal del pavimento sea uniforme dentro de la tolerancia especificada.*

*A medida que lleguen los camiones con la mezcla, el inspector recogerá los recibos de la carga, los comprobará para verificar que estén todos, y anotará el lugar donde se coloque la carga. El inspector deberá comprobar, visualmente, la carga de mezcla de cada camión, para cerciorarse de su uniformidad y, de vez en cuando, comprobará también la temperatura de la mezcla. La carga de mezcla de un camión puede rechazarse por alguno de los motivos siguientes:*

- 1.- Demasiado caliente*
- 2.- Demasiado frío*
- 3.- Demasiado material bituminoso*
- 4.- Poco material bituminoso*
- 5.- Mezcla que no es uniforme*
- 6.- Excesivo agregado grueso*
- 7.- Excesivo agregado fino, y*
- 8.- Exceso de humedad*

*d) Principios relacionados con el pavimento liso: los principios relacionados con la colocación de un pavimento liso no han cambiado durante los últimos cuarenta años. Las primeras mezcladoras pavimentadoras tenían que operarse con el mismo cuidado que las máquinas nuevas y más modernas de la actualidad.*

Los equipos más nuevos y modernos son más productivos, y tienen controles automáticos y transmisiones hidráulicas. El equipo es mucho más fácil de operar que las máquinas del pasado. Sin embargo, los principios básicos todavía son aplicables.

Estos principios son los siguientes:

- 1.- Debe mantenerse un flujo constante de mezcla caliente frente a la emparejadora. Para esto, se requiere que las barrenas funcionen constantemente. Esto se puede hacer, ya sea ajustando las compuertas del túnel de manera que las cadenas de los alimentadores y las barrenas puedan funcionar constantemente, o variando la velocidad de los alimentadores y las barrenas. Un aumento del flujo de material delante de la emparejadora hará esta suba, y una disminución hará que baje.
- 2.- **No debe dejarse que los camiones choquen con la pavimentadora.** Los **camiones** deben seguir moviéndose mientras descargan. Esto es muy difícil y a veces imposible de lograr cuando se usan camiones grandes y conductores inexpertos. Aunque las emparejadoras flotan y pueden soportar cierto movimiento de la pavimentadora sin dañarse, es mucho más seguro hacer que la pavimentadora siga funcionando mientras los camiones descargan.
- 3.- La pavimentadora no debe detenerse. Aunque se hayan desarrollado varias razones teóricas para justificar el asentamiento de la emparejadora en la capa cuando la pavimentadora se detiene, la variable más importante es el cambio de la fuerza del material sobre la vertedora de la emparejadora.

Desde luego, la única razón lógica para detener la pavimentadora es la falta de material en la cámara del transportador de tornillo sin fin.

*Debido a que la pavimentadora es entonces recargada mientras está detenida, la fuerza del material aumenta desde su nivel anterior y hace que la emparejadora suba a una nueva elevación hasta que se logra un equilibrio de fuerzas. Para volver a lograr la estabilidad, se requerirá gradualmente una longitud equivalente a cuatro veces la longitud de los brazos niveladores, o aproximadamente doce metros. El resultado será una protuberancia, seguida por una larga pendiente descendente.*

*4.- Antes que nada, para obtener un pavimento liso se requiere una mezcla uniforme. La mezcla debe ser un compuesto uniforme y no debe estar separada. Se debe tener cuidado durante toda la operación para que no ocurra la separación en ningún momento. La mezcla se debe entregar en la obra a una temperatura constante. Las variaciones en la consistencia, temperatura y separación de la mezcla producirán un pavimento áspero.*

*Un pavimento liso es un pavimento de calidad. Para obtener un pavimento liso, la pavimentadora debe funcionar continuamente. El 90% de todos los problemas se elimina si la pavimentadora funciona a una velocidad constante.*

*e) Nueva tecnología: aunque es fácil decir que la pavimentadora debe seguir funcionando, que no debe dejarse que los camiones choquen con ella, que se debe mantener un flujo constante de material, etc., en el mundo real los camiones son grandes y cuando descargan, golpean árboles y pasos superiores. Además, los conductores de los camiones no son tan hábiles como antes, y a las cuadrillas inexpertas les gusta vaciar el camión rápidamente y detener la pavimentadora. Sin embargo, durante los últimos dos años se han desarrollado varios productos nuevos que contribuyen a que la operación de pavimentación sea menos delicada. Estos productos se describen a continuación:*

1.- **Máquina de carga de material para camellones:** con esta máquina, se puede mantener una gran capacidad de compensación delante de la pavimentadora, lo que permite que esta funcione a una velocidad constante o uniforme. La desventaja de este método es que el material para camellones se debe medir con exactitud a medida que se coloca sobre el suelo. Esto es necesario para impedir las variaciones en el flujo de material que pasa por la pavimentadora y frente a la emparejadora, debido a una limitada capacidad de compensación de la pavimentadora.

Al integrar el dispositivo de carga a la pavimentadora, se encuentra disponible una mayor capacidad de compensación. Esta mayor capacidad puede compensar las variaciones en la sección transversal de los camellones y permitir que la pavimentadora funcione a una velocidad constante. Las barrenas que se encuentran en la parte exterior del dispositivo de carga, permiten la colocación de camellones dobles o una colocación menos exacta de estos.

2.- **Pavimentadora con vertedero para camiones incorporado:** esta máquina es la misma que la mencionada arriba, pero tiene un vertedero para camiones que permite que estos vacíen su carga en la máquina a una velocidad muy alta, de 1.100-1.400 toneladas métricas por hora. Con una capacidad de compensación de 25 toneladas, los camiones se pueden descargar rápidamente sin hacer que la pavimentadora funcione a velocidades muy altas. Esto posibilita el funcionamiento continuo de la pavimentadora y la descarga rápida que antes requería el funcionamiento a altas velocidades, y luego la detención de la pavimentadora.

Se puede colocar un vertedero para camiones o un dispositivo de carga de material para camellones en la parte anterior de la pavimentadora con vertedero integrado, según se desee.

**3.- Vehículo para la transferencia de material (Shuttle Buggy):** en los últimos seis años, se desarrolló un vehículo separado e independiente, el cual permite que un camión descargue muy rápidamente. Almacena hasta 25 toneladas de mezcla, la transporta y la transfiere a la pavimentadora.

Con esta máquina, los camiones podrán descargar a una velocidad de 907 toneladas métricas por hora. Esta máquina transfiere la mezcla a una tolva de almacenamiento de 25 toneladas, cuya parte inferior tiene dos barrenas que cambian el paso tres veces. Las barrenas empujan la mezcla caliente hacia un transportador central de descarga, que transporta la mezcla por la parte posterior de la máquina a un tercer transportador giratorio. Cuando el paso aumenta en cada una de las barrenas, actúa como una compuerta y recibe una cantidad adicional de mezcla. Por lo tanto, los tornillos ubicados en la parte inferior del depósito de compensación actúan como tornillos de remezclado; mezclan el material desde seis puntos y eliminan cualquier separación que pueda haber ocurrido durante la carga o descarga del camión. El transportador posterior puede alimentar entonces la mezcla a la pavimentadora, a una velocidad de 540 toneladas métricas por hora.

Se puede instalar una guarnición de 20 toneladas en la tolva de la pavimentadora. El "Shuttle Buggy" puede llenar la tolva y descargar el material por el transportador posterior, con lo cual la pavimentadora puede funcionar continuamente sin detenerse o hacer contacto con un camión.

La combinación del "Shuttle Buggy" con la guarnición de la tolva de la pavimentadora proporciona una capacidad total de compensación de 45 toneladas.

El "Shuttle Buggy" permite que los camiones descarguen sin moverse. Por lo tanto, el camión puede escoger un punto apropiado para detenerse y descargar.

En las obras urbanas, donde hay muchos cables aéreos, árboles y pasos superiores, el "Shuttle Buggy" permite usar remolques en áreas donde no se los podía usar anteriormente.

La disponibilidad de cargas útiles mayores reduce significativamente el número de camiones requerido para transportar la mezcla a una obra dada.

Con el funcionamiento continuo de una pavimentadora con el "Shuttle Buggy", se han obtenido niveles muy altos de alisado.

FIGURA 10.17  
VEHÍCULO DE TRANSFERENCIA  
DE MATERIAL "SHUTTLE BUGGY"



**SECCIÓN 10.08 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES BITUMINOSOS**

A) **Generalidades:** este tipo de superficie consiste en esparcir y compactar una o más capas de agregado y una o más aplicaciones de aglutinante bituminoso. El tamaño máximo del agregado de cada una de las capas sucesivas es, por lo general, más pequeño que el de la capa anterior.

En este tipo de construcción, la estabilidad requerida se obtiene por entrelazamiento del agregado, mientras que el material bituminoso funciona, primordialmente, como un agente impermeabilizante. La granulometría y las cantidades aproximadas de los agregados de cada una de las capas aparecen indicadas en las tablas 404-1, 404-3 y 404-4 del CR-2002. El tamaño del agregado de cada una de las capas depende del espesor que se desea obtener. Cuando este material ha quedado totalmente apisonado, y después de la siguiente aplicación de material bituminoso, se encaja en los hoyos de la superficie de material más grueso un agregado de tamaño más pequeño, valiéndose del apisonado. Se recomienda una compactación muy buena, para tener seguridad contra movimientos futuros que destruirían la lisura de la superficie.

B) **Materiales:** los tipos de materiales bituminosos que se emplean normalmente son: cementos asfálticos y asfaltos emulsionados. La consistencia del material bituminoso tiene que escogerse tomando en cuenta los huecos de la superficie que quedan después de la compactación. Cuando los huecos de la superficie son relativamente grandes, deberán utilizarse los materiales más viscosos, pero cuando estos huecos se hayan reducido por taponamiento o rellenado, puede emplearse un material más líquido. Si se utiliza un exceso de asfalto, o bien, un material demasiado fluido, se escurrirá hasta el fondo del agregado, donde no servirá para ningún fin útil, y más bien menoscabará la estabilidad del tratamiento.

El tamaño y la cantidad de agregados, así como la cantidad de asfalto, dependerán del espesor de la capa que haya de tenderse.

*Aunque la sección 404 del CR-2002 no exige aditivo alguno en el material bituminoso, hay condiciones en que los únicos agregados asequibles son de una naturaleza tal, que el material bituminoso se desprenderá de ellos en presencia de agua. En muchos casos, esto puede impedirse y pueden lograrse resultados satisfactorios utilizando un aditivo antidesnudante.*

*Si las disposiciones especiales o el pliego de licitación no señalan el uso de un aditivo, y durante la construcción se descubre que el agregado procedente de una fuente designada es de tal naturaleza que el asfalto se desprenderá de este en presencia de agua, deberá ordenarse al Contratista que emplee un aditivo y deberá remunerársele por ello. Si el agregado es de una fuente escogida por el Contratista, se exigirá el aditivo a costo de este, salvo que las disposiciones especiales indiquen lo contrario. Si el Contratista escoge, por conveniencia y comodidad propias, utilizar un aditivo, se le permitirá hacerlo a expensas suyas.*

**C) Equipo:** *todo equipo propuesto para utilizarlo, tiene que revisarse para determinar si cumple los requisitos pertinentes de las especificaciones. Todo el equipo portador de materiales debe estar calibrado, de modo que puedan determinarse las cantidades del material o materiales utilizados. Todo el equipo esparcidor y distribuidor debe estar ajustado de manera que el material quede colocado adecuada y uniformemente.*

a) **Distribuidores de material bituminoso:** *los distribuidores deberán ser objeto de una inspección minuciosa, para comprobar si se ajustan a las especificaciones y si son adecuados para el trabajo. Puesto que la proporción y uniformidad de aplicación del material bituminoso tienen suma importancia para lograr buenos resultados, el distribuidor debe encontrarse en estado óptimo de funcionamiento. La inspección, la calibración y/o el ajuste de las distintas piezas de los distribuidores aparecen expuestos a continuación:*

- 1) **Depósito:** *el depósito o tanque lo constituye una envoltura aislada con conductos de calentamiento, un termómetro, placas desviadoras o un “agujero de hombre” y un tubo de rebalse. Las capacidades de los depósitos varían considerablemente.*

*Para determinar la cantidad de material bituminoso esparcido (o que ha de esparcirse) en una superficie determinada, tiene que conocerse la tabla de calibración de volumen del depósito. Si se desconoce, se debe comprobar la capacidad del depósito a todas las alturas de su llenado.*

*Generalmente, los distribuidores están provistos de un medidor de carátula o de una varilla medidora (cala) para la determinación del contenido del depósito. Junto con la cala medidora, se utiliza una tabla de calibración que indica el volumen de material presente dentro del depósito a distintas profundidades. Si no se cuenta con una cala, debe hacerse una y calibrarla añadiendo nuevos volúmenes de agua a un depósito vacío y midiendo la profundidad de esa agua con la varilla medidora, o al contrario, es decir, llenando el tanque y midiendo la profundidad del agua que va quedando, cuando se va vaciando. A continuación, puede establecerse una tabla de calibración, basándose en las mediciones efectuadas con la varilla con distintos contenidos del depósito. Si se hace esto, deberá ponerse mucho cuidado en eliminar toda el agua del depósito antes de introducirle material bituminoso.*

**FIGURA 10.18**  
**CAMIÓN DISTRIBUIDOR DE ASFALTO**



- 2) **Sistema de calentamiento:** *el sistema de calentamiento consiste en uno o más quemadores y un número igual de conductos de calentamiento. Cada quemador emite una llama que va directamente al interior de un conducto de calentamiento, que transfiere el calor al material bituminoso. El sistema de calentamiento debe revisarse para cerciorarse de que es capaz de mantener el material bituminoso a la temperatura deseada de aplicación. Cuando se lo caliente, el material bituminoso tiene que circular. Debe tenerse mucho cuidado de no rebasar el calor máximo seguro del material.*
  
- 3) **Sistema de circulación:** *el sistema para la circulación del material bituminoso lo constituyen una bomba y tuberías que pasan a través del depósito del distribuidor, hasta llegar a la barra rociadora y al rociador manual. La bomba habrá de ser objeto de comprobación para asegurarse de que es capaz de circular el material bituminoso por el depósito y la barra rociadora, y de producir y mantener una presión uniforme y constante en toda la longitud de la barra rociadora, de modo que cada una de las boquillas*

rocíe la misma cantidad de material bituminoso sin que lo pulverice ni lo emita en un arco deformado.

El control del sistema de válvulas, por medio del cual se regula la descarga de material bituminoso por las boquillas, deberá revisarse y ajustarse, si fuere necesario. No tiene que haber juego alguno en el eslabonamiento desde el regulador hasta el sistema de válvulas, para que así todas las boquillas se abran o cierren de inmediato cuando se hace funcionar el regulador. Deberá comprobarse la exactitud del manómetro de presión de la bomba, que registra la descarga de esta última.

- 4) **Medidor de la longitud de material bituminoso:** el medidor de la longitud de material bituminoso regado lo constituye una rueda con llanta de caucho, montada en un bastidor retraíble y conectada, por medio de un cable, a una carátula situada en la cabina del camión. La rueda tiene que mantenerse limpia debido a que, si se permite que se acumule material y quede unido a la rueda, el medidor emitirá lecturas erróneas.
- 5) **Barra y boquillas rociadoras:** las boquillas de la barra deben escogerse de la medida correcta, y todas deben tener el debido estado de funcionamiento. Por lo general, el fabricante recomienda la medida exacta de boquilla que dé la proporción correcta de aplicación. El arco de rociado de todas las boquillas tiene que formar un velo ininterrumpido de material bituminoso, que vaya desde las boquillas hasta la superficie del camino. El ángulo de las boquillas también deberá ajustarse de modo que los arcos o abanicos de rociado de las boquillas contiguas no se obstaculicen unos a otros. Por lo general, este ángulo es de 15 a 60 grados, medidos desde el eje de la barra rociadora.
- 6) **Altura de la barra rociadora:** la altura de la barra rociadora deberá ajustarse de modo que se obtenga el número deseado de traslapos de

material bituminoso. La altura para un traslapo o recubrimiento doble puede determinarse cerrando una de cada dos boquillas, haciendo funcionar el distribuidor a la velocidad y presión adecuadas de la bomba y levantando o bajando la barra rociadora no más de 1,25 centímetros cada vez, hasta que, por observación visual, se determine que se está aplicando un solo recubrimiento de material. Cuando se abran las boquillas así cerradas, se aplicará un traslapo o recubrimiento doble de material. Para un recubrimiento triple, deben cerrarse la segunda y la tercera boquillas, la quinta y la sexta, etc., y seguir el procedimiento arriba explicado.

El camión distribuidor deberá estar provisto de resortes con la resistencia suficiente para impedir que las diferencias de altura de la barra rociadora (cuando el depósito del distribuidor está lleno y cuando está vacío) sean suficientemente grandes para afectar la uniformidad de distribución del material bituminoso. Si la uniformidad de la distribución resultara afectada, deberá procederse o corregirla, ya sea instalando en el camión resortes más resistentes o uniendo al eje el bastidor del distribuidor, cuando el depósito está totalmente lleno.

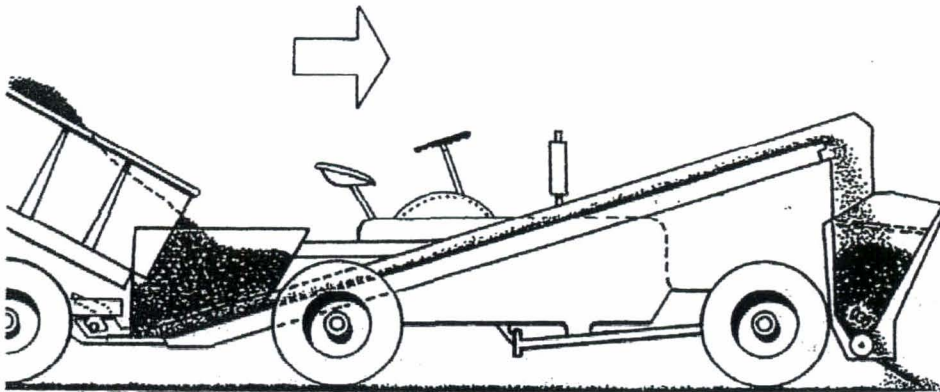
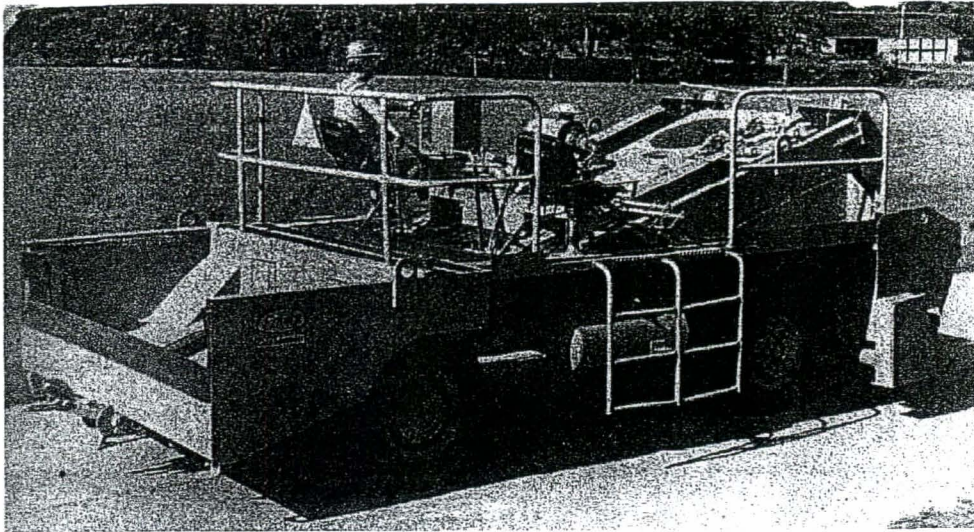
- b) **Esparcidor de agregados:** los esparcidores de agregados son de tres tipos generales: de compuerta alta, mecánicos y propulsados, de los cuales el esparcidor propulsado es el más satisfactorio. Permite un control muy ajustado de la velocidad de avance, puede colocar la capa de agregados de modo continuo y más uniforme, y puede estar relativamente cerca del distribuidor de material bituminoso.

El esparcidor de agregados deberá calibrarse y ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y del manual de funcionamiento. Habrán de comprobarse la diseminación transversal y la longitudinal, para tener la seguridad de que se logrará una distribución uniforme. La velocidad de funcionamiento deberá ser siempre menor que la velocidad que hará que el

*esparcidor cabecee u ondule. El enganche mediante el cual el esparcidor va unido a los camiones transportadores, también deberá revisarse, con el fin de asegurarse de que proporcione una unión positiva.*

- c) **Camiones de agregados:** si el agregado de la capa a colocar tiene que medirse por volumen, debe determinarse el volumen de la caja de cada camión y anotarse en una libreta de campo las dimensiones, el volumen y el número asignado al camión para identificarlo. Si el agregado para la cubierta tiene que medirse por peso, se determinará el peso del camión vacío, con la frecuencia que se considere necesaria pero no menos de una vez al día. Esta información debe quedar registrada junto al número de identificación del camión.*

FIGURA 10.19  
DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS AUTOPROPULSADO



- d) **Colocación y compactación de los agregados:** la aplicación de los agregados de cada capa deberá programarse de modo que sea mínimo el tiempo que transcurra antes de que el material bituminoso quede cubierto. Las cantidades aproximadas de agregados que habrán de aplicarse vienen indicadas en las tablas 404-3 y 404-4 del CR-2002. El espesor aproximado de la capa de agregados es aproximadamente igual al tamaño máximo del agregado, puesto que, generalmente, una cantidad mayor de agregados no llegará a quedar pegada y, por ende, se desperdiciará. La proporción

*uniforme de aplicación puede lograrse utilizando un esparcidor de agregados si este se ha ajustado debidamente y si se conduce y hace funcionar a la velocidad constante apropiada. Por lo general, no hay motivo alguno para que alguna capa de agregados se disemine manualmente.*

*El agregado deberá compactarse inmediatamente después de su distribución, para que el agregado se incruste mientras el material bituminoso está todavía blando y pegajoso.*

*Las compactadoras de llantas de hule deben conducirse a una velocidad suficientemente reducida para impedir que las llantas neumáticas desplacen el agregado o lo levanten. La presión de contacto con el suelo tiene que ajustarse por medio de la cantidad de lastre que cargue la compactadora y/o mediante el inflado de los neumáticos. La operación de apisonado deberá comenzar desde el borde exterior de la superficie y avanzar hacia el centro. Cada pasada del compactador de llantas deberá traslapar la pasada anterior, cuando menos la mitad del ancho del compactador. Una compactación excesiva con una aplanadora de ruedas de acero, puede ocasionar degradación de los agregados, por lo cual debe evitarse. Generalmente, una sola pasada con la aplanadora de ruedas de acero es lo adecuado para que el agregado quede debidamente compactado.*

*La sección 404 del CR-2002 exige que el agregado grueso ya colocado tenga una superficie firme y uniforme.*

*La cubierta del agregado debe colocarse en el emplazamiento correcto, por medio del esparcidor; se utilizará una rastra para que produzca una distribución más uniforme y compactada, y luego se retirará el agregado sobrante, si lo hubiere, en una fecha posterior.*

- e) **Aplicación del material bituminoso:** todas las aplicaciones de material bituminoso tienen que hacerse según la anchura y la alineación exigidas en los planos. A lo largo de uno de los lados de la superficie propuesta, deberá tenderse una guía, como un cordón, de modo que, si el recorrido del distribuidor sigue esa guía, el material bituminoso quede aplicado en la anchura y alineación correctas. No debe suponerse que la anchura es la correcta, sino que el inspector tiene la obligación de medirla.

### **SECCIÓN 10.09 CAPA DE LIGA**

- A) **Generalidades:** la capa de liga se forma con la aplicación de un recubrimiento bituminoso relativamente ligero sobre una superficie de pavimento ya existente. Su función primordial es aumentar la ligazón entre la superficie existente y la superficie nueva, mediante la creación de una superficie tosca y algo pegajosa sobre la cual se colocará la nueva superficie bituminosa. Un exceso de material bituminoso ocasiona que la superficie de rodamiento sea demasiado rica e inestable, y crea un plano de resbalamiento en lugar de impedirlo. Deberá evitarse esparcir el material con demasiada antelación, para impedir que se endurezca o recoja una película de polvo antes de que se coloque la nueva superficie.

### **SECCIÓN 10.10 CAPA DE IMPRIMACIÓN**

- A) **Generalidades:** el tratamiento de imprimación consiste en aplicar un material bituminoso líquido y de baja viscosidad, directamente encima de la superficie de una base sobre la cual se colocará posteriormente una capa de rodamiento. Su finalidad es que estabilice, ligue e impermeabilice la parte superior de la base, y proporcione un estado de la superficie que haga que la capa de rodamiento se adhiera a ella. El uso de una capa de imprimación dependerá del tipo y estado de la base, así como del tipo de superficie que se vaya a construir y del modo de construirla.

*El material bituminoso se aplica con distribuidor, y se deja que penetre y seque antes de permitir el tránsito sobre la superficie de la calzada. Cuando hay imposibilidad de desviar el tránsito apartándolo del tramo que se imprimirá, la aplicación deberá realizarse en una parte de la anchura, y se controlará el tráfico en un solo sentido en la parte que todavía no recibe la imprimación. Deberá ponerse gran cuidado en impedir la acumulación de polvo o suciedad en la capa de imprimación recién aplicada.*

- B) Preparación de la superficie:** *antes de aplicar la capa de imprimación a la base, deberá comprobarse la superficie de esta última para verificar la compactación especificada, la uniformidad de su textura, su lisura, y que tenga la sección transversal típica. Cuando la base ha quedado debidamente preparada y está a punto de imprimirse, se establecerá en el borde del tramo una línea que servirá de guía para el conductor del distribuidor.*
- C) Aplicación del material bituminoso:** *el inspector deberá observar el comportamiento de cada uno de los riegos de imprimación, en cuanto al carácter y condición de la base. Por este medio, puede apreciar exactamente la proporción en que deberá aplicarse el material de imprimación.*

*Las especificaciones señalan el límite de aplicación, pero, alguna que otra vez, el Ingeniero de Proyecto puede encontrar necesario cambiar la proporción de aplicación. La cantidad por usarse deberá ser, aproximadamente, la cantidad que pueda esparcirse sin que cause escurrimiento. La temperatura de cada uno de los riegos de material bituminoso deberá comprobarse para que se logren las temperaturas adecuadas de aplicación y para el cálculo adecuado de las cantidades por pagar.*

- D) Aplicación del material de secado:** *es sumamente necesario impedir el tránsito por una superficie a la que se ha aplicado recientemente la capa de imprimación, con el fin de que esta no se dañe y de que encima de ella no se depositen materias extrañas.*

*Si el tránsito tiene que circular sobre la superficie con una capa de imprimación antes de que el material bituminoso haya quedado absorbido por la superficie, habrá necesidad de aplicar un material de secado que impida que los vehículos levanten material de imprimación.*

*Durante el período de curado, la superficie imprimada tiene que ser objeto de examen y deben corregirse los puntos con sobra o falta de material.*

*El material que se añada a los puntos donde falte, deberá rociarse a mano, y el material de sobra deberá barrerse. Por lo general, no se aplica material de secado salvo en los lugares en los que la capa de imprimación no penetra fácilmente, debido a una concentración de material fino en la base de agregados, o debido a un exceso de humedad en la base. Sobre estos lugares, puede ser necesaria la aplicación de arena limpia. Cuando el material de imprimación se ha endurecido o ha penetrado en grado tal que ya no se desprenderá, generalmente está a punto para que reciba el recubrimiento bituminoso superficial.*

### **SECCIÓN 10.11 SELLO BITUMINOSO**

*A) Generalidades: el tratamiento sellador es una aplicación de material bituminoso, con agregado o sin él, que se extiende sobre una superficie bituminosa para:*

- 1) Sellar la superficie e impedir la penetración de humedad*
- 2) Disminuir la circulación de aire a través de la capa, reduciendo con ello los efectos de la oxidación*
- 3) Producir una textura superficial que reúna determinadas características deseables de resistencia al deslizamiento*

4) *Rejuvenecer una superficie dañada por la meteorización, y*

5) *Corregir desmoronamientos del borde*

*Puede ser un tratamiento de penetración sin aplicación de agregados, o puede ser también una capa relativamente delgada que contenga agregados y que se construya para el tratamiento de la superficie, ya sea preparando la mezcla a pie de obra o en alguna instalación mezcladora.*

*Un método de tratamiento superficial profusamente usado consiste en una sola aplicación de material bituminoso, la cual se cubre con polvo de piedra o arena. Puesto que no hay manipulación de agregado y asfalto, se utiliza una gran variedad de materiales bituminosos, pero estos tienen que ser tales, que creen altas propiedades de cementación inmediatamente después de que se ha aplicado el agregado de la cubierta. Es muy importante que la consistencia del material bituminoso sea tal que no penetre apreciablemente dentro de la superficie subyacente y que retenga el agregado de la cubierta.*

*Debe ponerse gran cuidado en impedir cualquier penetración apreciable de material bituminoso en la capa subyacente. Para que se reduzca la penetración, es esencial que las capas que contienen agregado grueso o de tamaño uniforme se taponen con agregado fino, para disminuir así los huecos de la superficie, antes de que se aplique el material sellador. Si la capa subyacente contiene cualquier material volátil, la aplicación del material sellador deberá aplazarse, para que sea posible el curado de la capa.*

### **SECCIÓN 10.12 PILOTAJE**

A) **Materiales:** *el Inspector de Planta designado por la Dirección de Obras inspeccionará los pilotes antes de su envío al proyecto, y proporcionará al Ingeniero de Proyecto copias de los informes de inspección.*

*El Ingeniero de Proyecto, basándose en el informe de inspección, debe revisar los pilotes recibidos en el proyecto, y determinar si han sufrido algún daño durante el trayecto.*

*B) **Medición:** la unidad de medición de los pilotes recibidos es el metro lineal. Según lo dispone el artículo 601.16 del CR-2002, las longitudes que se habrán de pagar serán las pedidas, por escrito, por el ingeniero y no incluirán longitud adicional alguna aportada por el Contratista a opción suya. Tal como se establece en este artículo, las longitudes de los pilotes pedidos por el ingeniero se basarán en la longitud que se presume habrá de quedar en la estructura terminada, y el Contratista debe aumentar, por su propia cuenta, la longitud necesaria para cabezales nuevos, o por otros motivos que respondan al método de operación del Contratista.*

*Si en los planos no aparece indicado el número exacto de pilotes que habrán de hincarse, el ingeniero deberá pedir por escrito el número de pilotes, y ordenará también su emplazamiento. Por lo tanto, es necesario que el número y la longitud de los pilotes necesarios queden determinados con la mayor exactitud posible. Siempre que el Cartel de Licitación contenga una partida de pago para pilotes de prueba, será posible hincar un número suficiente de pilotes para que se determinen las longitudes adecuadas que se habrán de ordenar.*

*Al hincar los pilotes, puede resultar que algunos no queden hincados hasta la profundidad exacta calculada por el ingeniero, y que las longitudes que hayan de recortarse discrepen de las que el Contratista había previsto. Sin embargo, esta situación no surtirá efecto alguno en la cantidad por pagar. Tal como se ha indicado en los párrafos anteriores, la cantidad por pagar por los pilotes suministrados es la suma de las longitudes pedidas por el ingeniero, y se hará caso omiso de cualquier discrepancia sobre las longitudes que realmente queden en la estructura terminada.*

*El pago para el hincado de los pilotes se efectúa con base en el precio por "cada uno" indicado en la licitación. Para la total asignación correspondiente a este trabajo, el pilote tiene que estar hincado y recortado a la altura necesaria. El pago por los pilotes puede realizarse en cualquier momento, después que se han apilado aceptablemente en el lugar de la obra.*

### **SECCIÓN 10.13 HORMIGÓN ESTRUCTURAL**

*A) Dosificación de la mezcla: el artículo 603.03 del CR-2002 dispone que las proporciones y pesos de los materiales por usar en las mezclas de hormigón, serán fijados de acuerdo con el diseño de mezcla correspondiente señalado en los planos, que el Contratista previamente presentará, con indicación de los materiales que usará, para la aprobación del ingeniero. La tabla 603-3 del CR-2002 especifica: el contenido de cemento, la razón agua-cemento, la cantidad de revenimiento y la resistencia característica a los 28 días.*

*Cuando los agregados están granulométricamente bien clasificados, puede establecerse una mezcla muy satisfactoria sin rebasar en un dos por ciento, en más o menos, la tolerancia permitida para el contenido de cemento. Cuando los agregados aportados por el Contratista son de tal naturaleza, o están granulométricamente clasificados de modo que una mezcla que tenga el contenido especificado de cemento y la razón agua-cemento máxima, no llegue a tener la plasticidad especificada ni la necesaria docilidad para que se la trabaje, el artículo 603.06 del CR-2002 permite los ajustes adecuados de las proporciones. No ha de rebasarse la relación máxima agua-cemento, pero sí están permitidos los aumentos de contenido de agua con aumentos proporcionales de contenido de cemento.*

*Salvo instrucciones en contrario, el Contratista está obligado a utilizar vibradores para la consolidación del hormigón de todas las estructuras. Dentro de esta forma de especificación (es decir, una especificación que limita la cantidad de agua),*

*resulta ventajoso para el Contratista el uso de vibración en todas las estructuras, siempre que sea posible aplicarla.*

*Las mezclas de pruebas que se empleen para determinar las proporciones necesarias por peso, pueden efectuarse en el laboratorio usando una muestra del cemento, la arena y el agregado que habrán de utilizarse en la obra. En muchos aspectos, es preferible que estas determinaciones se hagan al pie de la obra, utilizando para ello batidas más bien grandes, y el equipo que el Contratista utilice para dosificar y mezclar. Esto es particularmente cierto respecto al tipo de especificaciones cuyo control fundamental es el rendimiento en hormigón por saco de cemento. Este procedimiento no solo hace posible el uso de batidas más grandes que las que se usarían en el laboratorio (con lo que proporciona una mejor base para la apreciación de la docilidad del hormigón), sino que asegura también que la mezcla se mezclará en el mismo tipo de batidora que se utilizará en la obra, factor que puede surtir considerables efectos en el rendimiento, especialmente cuando se emplean agentes inclusores de aire.*

**B) Notas explicativas sobre el diseño de una mezcla de hormigón:** *las etapas para la proporción de mezclas de hormigón presentadas aquí, se basan en la "Práctica general recomendada (ACI) para la selección de proporciones de hormigón" (ACI 211.1-91, apéndice 1), para hormigones de peso normal y masivos. El método ofrece una primera aproximación de proporciones, para ser comparadas con los datos de prueba de laboratorio y/o controladas por mezclas de tanteo, y ajustadas según sea necesario, con el fin de producir las características deseadas del hormigón.*

*Puesto que es preciso utilizar la menor cantidad de agua posible para alcanzar plasticidad especificada de la mezcla y la "trabajabilidad" deseada, la primera mezcla de tanteo contendrá menos agua que el máximo permisible (lo máximo que se permite de agua, generalmente es más de la requerida para el grado de revenimiento especificado). La tabla A1.5.3.3 (Apéndice 1 del ACI) muestra*

*estimados del agua de mezcla requerida para hormigón fabricado con varios tamaños máximos de agregado, con aire entrampado o sin él. Por consiguiente, el volumen desplazado por los ingredientes conocidos: agua, aire, cemento y agregado grueso, se resta de la unidad de volumen de hormigón, para obtener de este modo el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado en el hormigón por cada ingrediente, es igual a su peso, dividido entre la densidad de este material.*

*Las proporciones deben ajustarse a la humedad y absorción del agregado; y las proporciones de la mezcla final se controlarán por medio de coladas de tanteo. Pueden requerirse ajustes subsiguientes para obtener la mezcla deseada, para su utilización en el campo.*

*La selección de proporciones y el establecimiento de los pesos de colada por metro cúbico de hormigón, pueden ser realizados en el orden siguiente:*

- 1) Revisar los planos para la clase y resistencia de diseño del hormigón por usarse, así como las “Especificaciones generales CR-2002” para los requerimientos de la clase particular especificada (ver tabla 603-3).*
  - a) Grado de revenimiento*
  - b) Clase de hormigón*
  - c) Máxima relación agua-cemento*
  - d) Resistencia característica*
  - e) Contenido mínimo de cemento*
  
- 2) Estimar la cantidad de agua de mezclado por metro cúbico para producir el revenimiento requerido (tabla A1.5.3.3, apéndice 1 del ACI), para agregados normales bien graduados dentro de los límites especificados, los requisitos del agua de mezcla pueden estar ligeramente por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente exactos para establecer la proporción inicial.*

La cantidad de agua por unidad de volumen de hormigón requerida para producir una mezcla de la consistencia deseada, es influida por el tamaño máximo, la angulosidad de la partícula, la graduación de los agregados y por la cantidad de aire atrapado. La cantidad mínima de agua debe ser la usada en la mezcla final. Generalmente, se pueden obtener mezclas satisfactorias de hormigón utilizando el contenido mínimo de cemento de la tabla 603-3 del CR-2002. Sin embargo, cuando no sea posible producir hormigón con la consistencia requerida (revenimiento), sin exceder la relación máxima agua-cemento permitida, será necesario aumentar el contenido de cemento de la mezcla, sobre la mínima cantidad requerida para cumplir el requisito de la relación agua-cemento.

Estas cantidades de agua de mezcla son para agregado grueso normales y para un hormigón con un revenimiento de 7,6 a 10,2 cm (para agregado grueso angular, se debe aumentar el agua de mezcla entre el 5 y el 8%).

- 3) Estimar el volumen de agregado grueso con la tabla A1.5.3.6 (Apéndice 1 del ACI). Para igual "trabajabilidad", el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón, depende de su tamaño máximo nominal y del módulo de finura del agregado fino. Con pocas excepciones, la cantidad mínima de agua de mezclado y la resistencia máxima se logran cuando se utilizan cantidades mayores de agregado grueso compatible con los requerimientos del trabajo.

El volumen de agregado grueso en pies cúbicos, sobre la base de envarillado seco por yarda cúbica de hormigón, es igual al valor de la tabla A1.5.3.6 (Apéndice 1 del ACI) multiplicado por 27. El peso se determina multiplicando el volumen por el peso del envarillado seco, en libras por pie cúbico del agregado grueso.

Los volúmenes se basan en agregados en condición de envarillado seco, como se analizan en AASHFO T-19 para el peso unitario del agregado.

Estos volúmenes se seleccionan de las relaciones empíricas para producir hormigón con un grado de “trabajabilidad” conveniente para las construcciones reforzadas usuales. Para construcciones de hormigón menos trabajable, tales como las requeridas para la construcción de pavimento de hormigón, pueden ser aumentadas en un 10%. Para hormigón de más “trabajabilidad”, como el que puede ser requerido a veces cuando la colocación se realiza por medio de bombeo, pueden reducirse hasta un 10%.

La proporción entre el agregado grueso y el fino requerida en la mezcla, y la “trabajabilidad” resultante, son afectadas por el grado de grosor o finura del agregado fino (arena). El módulo de finura (MF) es un índice del grosor o finura, y se obtiene sumando los porcentajes totales de una mezcla de arena retenida en cada malla de una serie especificada de tamices, y dividiendo la suma entre cien. Las mallas estándar usadas son las números 4, 8, 16, 30, 50 y 100. El método AASHTO T-27 describe los procedimientos del análisis de graduación de los agregados.

Como se indica en la tabla A1-5.3.6, un aumento en el MF exige una disminución en el volumen del agregado grueso, para mantener la “trabajabilidad” aceptable del hormigón, por lo cual también requiere un aumento en la cantidad de arena, para producir una unidad de volumen de hormigón. Una disminución en el MF requiere un aumento en el agregado grueso y una disminución en la cantidad de arena. (En muchos procedimientos, se utiliza un MF de 2,75 como valor que no requiere ajustes de los agregados.)

- 4) El volumen de agregado fino se calcula restando el volumen ocupado por los ingredientes conocidos (agua, cemento, aire y agregado grueso), de la unidad de volumen de hormigón.

Para determinar los volúmenes absolutos de cemento y agregado grueso, se dividen los pesos de cada uno entre su gravedad específica bruta, multiplicada por

el peso unitario del agua. La gravedad específica real del cemento debe determinarse; sin embargo, puede utilizarse el valor de 3,15 con la seguridad de una exactitud razonable.

Para determinar el volumen absoluto de aire atrapado, se multiplica el volumen absoluto de una colada de un saco, por el porcentaje medio del aire atrapado en las especificaciones expresado en forma decimal. (Deben seguirse las recomendaciones del fabricante para la calidad de la mezcla con aire incluido por utilizarse inicialmente en la mezcla de tanteo).

- 5) Las cantidades de agregados que se deben pesar para el hormigón, deben considerar la humedad de los agregados. Generalmente, los agregados no están en un estado saturado en la superficie seca, pero comúnmente contienen algo de humedad libre, es decir, la humedad total menos la absorción. Es necesario corregir esta condición, determinando los pesos de la colada con los valores saturados de la superficie seca de los agregados. Y, al contrario, los agregados pueden estar más secos que el estado saturado de la superficie seca, y puede ser necesario añadir agua adicional para suplir la deficiencia en el agua absorbida. Si esta deficiencia es suficientemente grande, debe aumentarse el tiempo de mezcla para permitir alguna absorción de agua, o la consistencia de la mezcla cambiará entre la mezcladora y la colocación final en la estructura.

Esta humedad libre en los agregados es una parte del requisito del agua de la mezcla. Durante las operaciones de colado, el contenido de humedad de los agregados está variando constantemente. Esto requiere un control frecuente y cambios en las correcciones de los pesos de la colada. La corrección se realiza multiplicando el peso saturado de la superficie seca de los agregados, por el porcentaje de humedad libre expresado en forma decimal.

*El resultado indica el número de libras en que debe aumentarse el peso de los agregados para compensar su humedad libre. La corrección se aplica tanto al agregado grueso como al fino.*

*La humedad libre se puede determinar por el método AASHTO T-142. Cuando la absorción es determinada en base seca, o la humedad total se determina sobre una base seca, después de secar completamente la muestra de humedad del agregado es necesario calcular la absorción y el agua libre de una base saturada de superficie seca.*

*El agua de mezcla añadida a la colada se debe reducir en una cantidad igual al contenido de humedad libre de los agregados.*

- 6) *Se hace una mezcla de prueba, utilizando los pesos de los distintos componentes de la batida, determinados por el procedimiento especificado. Es recomendable que, en cuanto sea posible, al hacerlo se utilice el equipo que habría de usarse en la mezcla regular del hormigón, de manera que los resultados se ajusten más a la realidad. Si la batidora es demasiado grande para una batida de un saco, deberá aumentarse el número de sacos hasta una cifra práctica para el equipo utilizado, y todos los ingredientes deberán aumentarse multiplicando su peso para una batida de un saco por el número de sacos que se emplean. Si no se pueden preparar en el campo coladas de tamaño completo, se controlará la mezcla por medio de coladas de tanteo en el laboratorio, preparadas y probadas de acuerdo con AASHTO T-126.*

*Solamente se debe utilizar el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad empleada al seleccionar las proporciones de tanteo.*

- 7) *A continuación, siguiendo el método AASHTO T-119, se prueba una muestra representativa de la mezcla y se determina su revenimiento, el peso unitario*

*siguiendo el método AASHTO T-121 y el contenido de aire de conformidad con AASHTO T-121 o T-152 para el hormigón de grava o piedra, y el método C-173 de la ASTM o el AASHTO T-196 para el hormigón de escorias, o para el hormigón con lutita esponjada o agregados de pizarra.*

*Conforme se van realizando las pruebas arriba indicadas, se observa atentamente el hormigón en cuanto a su consistencia y docilidad, y para determinar si la mezcla parece ser más o menos la correcta, en proporciones de agregados fino y grueso o si, al parecer, tienen sobrante o faltante de agregado fino.*

*El rendimiento se determina dividiendo el peso total del cemento, agregado grueso y fino y agua de la mezcla (inclusive la humedad libre de los agregados) que se han utilizado en una batida de un saco, entre el peso unitario real.*

*8) Basándose en los resultados de las pruebas efectuadas con la muestra de hormigón, o en el aspecto del hormigón, es posible que deban cambiarse las proporciones de la mezcla. Pueden producirse, por separado o conjuntamente, cualesquiera de las deficiencias que se enumeran a continuación.*

- a) Demasiado revenimiento*
- b) Muy poco revenimiento*
- c) Exceso de grava o arena*
- d) Aire insuficiente o en excesiva cantidad*
- e) Discrepancia en el rendimiento en relación con las especificaciones o en la relación agua-cemento*

*Las reglas que se enumeran a continuación se refieren al cambio de proporciones de la mezcla, con el fin de corregir deficiencias:*

- a) *Debido a la mayor área superficial del agregado fino por unidad de peso de material, en comparación con el agregado grueso, el contenido neto de agua de una mezcla resulta más afectado por el agregado fino. Un aumento en la proporción de agregado fino tiende a aumentar la cantidad necesaria de agua.*
  - b) *Para aumentar o disminuir el revenimiento en una pulgada (2,5 cm) aproximadamente, manteniendo constante el contenido de aire, se debe aumentar o disminuir en un 3% el peso del agua.*
  - c) *Un aumento o disminución del 1% del contenido de aire, aumentará o disminuirá el revenimiento aproximadamente en 2,5 cm.*
  - d) *Un aumento del 1% del contenido de aire, permite una disminución del 2 al 4% del agua para la mezcla, con un leve mejoramiento de la docilidad y sin pérdida de asentamiento.*
  - e) *Todo aumento del contenido de agua tiende a aumentar el contenido del aire de la mezcla.*
  - f) *Generalmente, la mezcla más deseable es la que contiene la menor cantidad de agregados finos y agua, se ajusta a las especificaciones de rendimiento y es suficientemente dócil para su colocación y acabado adecuados.*
- 9) *Valiéndose de las reglas que se acaban de enumerar, deben modificarse las proporciones de la mezcla, según lo indiquen los resultados de las pruebas con hormigón producido en la primera batida de prueba. Los cambios se efectuarán en los pesos de agregados y agua.*
- 10) *Debe reajustarse la mezcla, para el rendimiento correcto. Con ese fin, debe comprobarse nuevamente para determinar que no se haya sobrepasado la*

relación entre el agua y el cemento. Después de que se han ajustado los pesos de los agregados y el peso neto del agua para la mezcla, respecto al agua libre presente en los agregados, debe efectuarse una segunda batida de prueba. Esta se prueba del modo antes expuesto, y se aplican cualesquiera otros ajustes de la mezcla que sean necesarios. Por lo general, una determinación de la mezcla no demandará realizar más de dos o tres batidas de prueba.

C) **Diseño de una mezcla de hormigón por el método del ACI usando el sistema métrico:** el ejemplo siguiente ilustra los procedimientos y cálculos para las mezclas de prueba.

1) **Determinación de criterios para el diseño:** el ejemplo requiere diseñar una mezcla de 24 MPa de resistencia a los 28 días, con un revenimiento de 75 a 100 mm.

El agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 37,5 mm y un peso unitario seco envarillado de  $1.600 \text{ kg/m}^3$ .

Otras propiedades de los ingredientes son: cemento Portland tipo 1, con una gravedad específica de 3,15; agregado grueso, con una gravedad específica bruta de 2,68 y 0,5% de absorción; y el agregado fino con 2,64 de gravedad específica bruta, 0,7% de absorción y un módulo de finura de 2,8.

2) **Determinación del agua de la mezcla:** el tamaño máximo del agregado grueso es de 37,5 mm. Según la tabla A1.5.3.3, el agua de mezcla para un revenimiento entre 75 y 100 mm en hormigón sin aire incluido es de  $181 \text{ kg/m}^3$ .

3) **Determinación de la relación agua-cemento:** la relación agua-cemento para un hormigón sin aire incluido, una resistencia de 24 MPa, de la tabla A1.5.3.4 (a) es de 0,62.

- 4) **Contenido de cemento requerido:** es de  $292 \text{ kg/m}^3 = 181/0,62$ .
- 5) **Determinación del volumen de agregado grueso:** la cantidad de agregado grueso se estima según la tabla A1.5.3.6, para un tamaño máximo nominal de 37,5 mm y 2,80 de módulo de finura; la tabla indica  $0,71 \text{ m}^3$  de agregado grueso.
- 6) **Determinación de volumen de arena requerido, según volúmenes de los ingredientes conocidos:** de la tabla A1.5.3.7.1, la masa de un metro cúbico de hormigón sin aire incluido y un agregado de tamaño máximo nominal de 37,5 mm, es de 2.410 kg.

Peso agua	181 kg
Cemento	292 kg
Agregado grueso	1.136 kg
Total	1.609 kg

La masa de agregado fino sería:  $2.410 - 1.609 = 801 \text{ kg}$ .

- 7) **Volúmenes absolutos:** de la tabla A1.5.3.3, el aire atrapado es aproximadamente 1%.

$$\text{Volumen de agua} = \frac{181}{1.000} = 0,181 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{292}{3,15 \times 1.000} = 0,093 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{1.136}{2,68 \times 1.000} = 0,424 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de aire atrapado} = 0,01 \times 1.000 = 0,010 \text{ m}^3$$

Volumen total menos arena=  $0,708 \text{ m}^3$

Volumen de arena=  $1.000-0,745 = 0,292 \text{ m}^3$

Los baches de prueba para cada metro cúbico de concreto serían:

<i>Materiales</i>	<i>Basadas en una masa estimada de hormigón</i>	<i>Basadas en volumen absoluto de los ingredientes</i>
<i>Agua</i>	<i>181</i>	<i>181</i>
<i>Cemento</i>	<i>292</i>	<i>292</i>
<i>Agregado grueso (seco)</i>	<i>1.136</i>	<i>1.136</i>
<i>Agregado fino (seco)</i>	<i>801</i>	<i>771</i>

D) **Mezcla:** el artículo 603.12 del CR-2002 especifica los requisitos de las mezcladoras de hormigón, el tiempo para la mezcla, los aparatos medidores de tiempo y la velocidad de mezclado.

Antes de que comience el trabajo, el Ingeniero de Proyecto deberá comprobar el tambor de la mezcladora, particularmente en lo que respecta a fugas, paletas desgastadas y estado del canalón de descarga. Deberá insistir en que se corrijan satisfactoriamente todos los defectos antes de que el equipo se ponga en servicio. Deberá constatar la velocidad del tambor de la mezcladora y comprobarla de vez en cuando. Esto se hace fácilmente poniendo una marca con tiza en el tambor y contando las revoluciones.

Si el cemento se añade a la batida a alguna distancia de la mezcladora, deberá cubrirse debidamente para impedir pérdidas en el recorrido hasta la mezcladora.

La mezcladora deberá cargarse de modo que no se pierdan materiales porque caen al suelo, y con la caja cargadora levantada durante un tiempo suficiente, para que

*todo el material se descargue dentro del tambor. La mezcladora tiene que contener la carga sin pérdida alguna durante el mezclado.*

*El anexo 10.13 A presenta diversas formas de manipulación de los agregados y del hormigón, para reducir la segregación al mínimo.*

*Cuando por algún motivo la mezcladora permanezca inactiva durante una hora o más, debe limpiarse a fondo antes de volver a utilizarla.*

*E) **Control de la mezcla durante la construcción:** después que se ha comenzado el colado de hormigón, y las operaciones de mezcla se han estabilizado, es necesario realizar frecuentes determinaciones de la cantidad de agua libre contenida en los agregados.*

*También, deberán efectuarse determinaciones periódicas de: revenimiento, rendimiento, factor cemento y contenido de aire del hormigón recién mezclado. La frecuencia de estas pruebas la establecerá el Ingeniero de Proyecto.*

*Las determinaciones frecuentes de la cantidad de agua libre contenida en los agregados, tienen una doble finalidad:*

- 1.- Ajustar los pesos básicos de la dosificación establecidos con base en un estado de los agregados saturados de superficie seca, y*
- 2.- Asegurar que no se ha rebasado la relación máxima de agua-cemento*

*En el segundo caso, también se requiere determinar la cantidad exacta de agua añadida a la mezcla, ya que esta cantidad, más el agua libre de los agregados, determinan la relación agua-cemento. Deberán realizarse pruebas de humedad al menos dos veces al día, y más a menudo cuando sea necesario, para que, de una batida a otra, las cantidades de material se mantengan uniformes.*

*Sujeta únicamente a la relación máxima de agua-cemento indicada en las especificaciones, la cantidad de agua que ha de utilizarse está totalmente controlada por la prueba de revenimiento, y esta determinación deberá efectuarse a intervalos frecuentes para que, en todo momento, esté segura la total concordancia con las especificaciones. Dentro del tipo de especificaciones en el que se ha fijado el factor cemento, hay, por parte del Contratista, cierta tendencia a emplear más agua de la necesaria, debido a la mayor facilidad de manipulación.*

*La finalidad de la prueba de revenimiento es determinar si se está utilizando el contenido adecuado de cemento.*

*Cuando se determine el contenido de aire, empleando para ello el método T-152 de la AASHTO, deberá prestarse particular atención a la calibración del aparato de presión. Los cambios de altitud, temperatura y humedad afectan al manómetro de presión.*

**F) Control de las operaciones de mezclado en una planta central:** *para el mezclado del hormigón en una planta central, o en la obra, se aplicarán los mismos principios que cuando la operación se realiza en una instalación mezcladora portátil. Sin embargo, la mezcla en un punto central plantea determinados problemas de control con los que no se tropieza cuando el mezclado se lleva a cabo en la obra. Cualquiera que sea el método de mezclado que emplee el Contratista, el Ingeniero de Proyecto tiene la obligación de determinar que cumpla plenamente todos los requisitos de las especificaciones.*

*Por lo general, los proyectos están a considerable distancia de la instalación mezcladora situada en un punto central. Como resultado de ello, no es nada desusado que, para cuando la primera carga de hormigón salida de la instalación central llega a la obra, hay varias otras más que estarán en camino. Además, puede no haber un modo rápido para hacer saber a la instalación que hay necesidad de un cambio en la mezcla. El resultado final es que resulta difícil mantener el control de la*

*mezcla después de que ha comenzado una colada, a menos que se tomen las precauciones necesarias, las cuales se exponen a continuación.*

- 1.- **Agregados:** después de que se ha verificado que la calidad y la granulometría de los agregados son satisfactorias, y una vez que se han comenzado las operaciones de mezcla, deberá efectuarse una comprobación diaria de las tolvas o de las pilas, con el fin de determinar cuándo realizar cambios o cuándo añadir materiales nuevos. Cualesquiera cambios en los materiales exigirán una comprobación de la granulometría.*
- 2.- **Cemento:** el empleo de cemento a granel puede causar problemas. Para que sea aceptado, el cemento debe ser suplido por proveedores aprobadas con anterioridad, aportándose con cada entrega un certificado de calidad, para aceptación del Ingeniero de Proyecto.*
- 3.- **Dosificación:** después de que se ha determinado la aceptabilidad de los materiales, tiene que establecerse la dosificación de la mezcla y la instalación que la producirá.*

*El Ingeniero de Proyecto deberá tratar a fondo, con el director de la instalación de mezclado y el Contratista, la dosificación de la mezcla y cualquiera otros problemas relacionados con la instalación, con bastante antelación a las operaciones reales de colado del hormigón. Cualesquiera problemas que queden sin resolver deberán someterse, por escrito, a la atención del Contratista. No se permitirá el inicio de colado alguno de hormigón a menos que el Ingeniero de Proyecto haya indicado que está convencido de que la mezcla se ajustará a las especificaciones.*

*Las especificaciones establecen una cantidad máxima de agua para cada una de las clases de hormigón. El agua que se añada en la instalación mezcladora se determinará por peso o por volumen. El depósito o el medidor de agua deberá*

estar calibrado para que mida cualquier cantidad de agua que se necesite en las operaciones de mezclado.

Rara vez se encuentra que la cantidad máxima de agua que permiten las especificaciones, sea la que se necesita para una consistencia adecuada.

Cuando en la instalación no se añade el máximo de agua, está permitido añadirla en el lugar de la entrega, siempre que no se rebasen ni el agua total permisible ni el asentamiento permisible, y siempre que se cumpla el tiempo máximo de mezclado después de la última introducción del agua.

4.- **Registros del mezclado en camión:** para asegurar un control adecuado del hormigón mezclado en camiones, desde la dosificación en la instalación hasta que se coloca en la obra, el inspector de la instalación y el inspector de campo tienen que disponer de un medio conveniente para que queden registrados: la cantidad de agregados, cemento, agua y aditivo que se han incluido en cada batida, las revoluciones y el tiempo de mezclado y colocación.

G) **Muestras del hormigón:** el muestreo del hormigón deberá realizarse de acuerdo con la designación T-141 de la AASHTO, "Muestreo del hormigón fresco", y se prepararán en el campo especímenes, siguiendo para ello el método T-23 de la AASHTO.

El moldeo de cilindros en moldes de cartón o botes de lámina metálica delgada, exige mucho más cuidado que requerido con moldes más rígidos.

Es necesario sujetar el molde con una mano mientras con la otra se compacta el hormigón sirviéndose de una varilla. Debe ponerse especial cuidado en evitar toda inclinación de la base del molde durante estas operaciones. Una ligera capa de diésel o aceite mineral aplicada a la cara interna del molde, facilitará la separación del molde del hormigón.

*Todos los cilindros deberán ser marcados, con tinta indeleble, antes de enviarlos al laboratorio, con los datos siguientes:*

- *Proyecto*
- *Estructura y estación*
- *Número del cilindro*
- *Fecha en que se moldeó*
- *Fecha para la prueba (o edad en que se probará, a los 7 ó 28 días)*

*Si no se siguen los métodos normales de confección y curado para cilindros de campo, y si la resistencia de estos es baja, cabrán dudas acerca de si la baja resistencia se deba a un hormigón de inferior calidad, o bien, a métodos inadecuados de manipulación y curado de los especímenes de prueba.*

**H) Pruebas de resistencia al impacto:** *el martillo suizo, al que a veces se llama martillo de impacto de Schmidt, es un instrumento útil para estimar la resistencia a la compresión del hormigón ya fraguado, cuando las condiciones que se encuentran en la construcción o los resultados de las pruebas con cilindros indican la necesidad de otra evaluación más. También, se puede utilizar para localizar la superficie de hormigón más débil de una estructura. No se utilizará como sustitutivo de las pruebas necesarias con cilindros.*

*Es preferible utilizar el martillo suizo con una curva de calibración obtenida con hormigón que contenga cemento y agregados que sean idénticos a los del hormigón sometido a prueba. Puesto que este procedimiento ideal es rara vez posible, se utilizan las curvas de resistencia al impacto suministradas por el martillo. Durante la prueba, deberá observarse una estricta conformidad con las instrucciones referentes a la preparación de la superficie del hormigón y a la posición del martillo.*

- I) **Encofrados:** el Ingeniero de Proyecto y el Contratista deberán prestar cuidadosa atención a los detalles de construcción de los encofrados, para que se obtengan buenas superficies del hormigón.

Es sumamente importante lograr exactitud, rectitud y nitidez en las líneas de barandas, coronamientos y bordillos. El público juzgará la estructura por su parte visible desde la calzada, y la apariencia de una estructura, que en todo lo demás sea perfecta, puede echarse a perder debido a una alineación o a una calidad deficiente en el trabajo de estas partes. Las barandas, los coronamientos y bordillos habrán de fijarse, respecto a alineación y elevación, valiéndose de instrumentos.

Cuando se construyan los encofrados, debe tenerse muy presente la facilidad de retirarlos; deberán levantarse de modo que se puedan desprender sin utilizar barras o martillos pesados. Cuando se monten formaletas o encofrados, debe recordarse que las últimas piezas que se desprenderán serán los fondos de las vigas, y que las primeras por retirar serán los encofrados de las columnas. A menos que los planos así lo indiquen o que el ingeniero haya dado su conformidad por escrito, en la obra no se permitirá la soldadura de tirantes, arriostres o soportes encofrados a miembros estructurales permanentes de acero.

- J) **Colocación del hormigón:** durante la colocación del hormigón, el Ingeniero de Proyecto deberá vigilar la consistencia del hormigón y los métodos que se sigan para esparcirlo y trabajarlo, y velará para que no se produzca segregación. Deberá evitarse que el hormigón se deposite continuamente en un solo punto, y no se permitirá que tenga que fluir hasta puntos distantes. Una cantidad excesiva de vibrado o compactación con barras ocasionará que los materiales se separen unos de otros. En el anexo 10.13 A, se muestran métodos para impedir la segregación al manipular y colocar el hormigón.

*Cuando a medida que se va colocando el hormigón se forman encharcamientos en su superficie, estos indican un posible exceso de agua. Normalmente, el agua de la mezcla tiende a subir a la parte alta de las capas profundas del hormigón.*

*Si se colocan distintas capas en rápida sucesión, aparecerá en la superficie un exceso de agua, el cual debe trabajarse cuidadosamente para introducirlo en un punto bajo y eliminarlo de la superficie.*

*Antes de colar el hormigón, debe eliminarse el agua del encofrado o formaletas. En los trabajos de cimentación, a veces resulta prácticamente imposible eliminar toda el agua. En este caso, se recomienda utilizar el procedimiento de comenzar el trabajo colocando hormigón en un extremo del encofrado, y seguir la operación hasta que la superficie del hormigón alcance a estar por encima del agua, dejando que sea el propio hormigón el que avance, desplazando el agua con la mínima manipulación posible. No deberá palearse ni arrastrar hormigón dentro del agua. El bombeo del agua mientras se coloca el hormigón deberá ser lo suficiente para que la superficie del agua se mantenga siempre por debajo de la superficie del hormigón. Un bombeo excesivo podría arrastrar el cemento de la mezcla. Bajo ninguna circunstancia deberá permitirse la colocación del hormigón en corrientes de agua.*

*A menos que los planos indiquen lo contrario, las columnas de hormigón deben colarse al menos 12 horas antes de la construcción del encofrado para las vigas o viguetas que deban apoyarse en ellas, de manera que el hormigón de las columnas fragüe y se asiente.*

*En general, las cimbras habrán de deshacerse y la superestructura habrá de quedar terminada antes de que se coloquen aceras o coronamientos. Esta precaución es esencial para evitar el apiñamiento de las juntas de expansión, las variaciones en la nivelación y otras condiciones indeseables. En los arcos de tímpano con relleno, deberán dejarse parte de las paredes del tímpano para la construcción posterior al*

*desimbramiento de los centros, si así fuere necesario para evitar el apiñamiento de las juntas de expansión.*

*En el artículo 603.12 del CR-2002, se exponen los requisitos para la colocación continua de hormigón en secciones de una estructura y para las juntas de construcción. El equipo y personal del Contratista deben reunir la capacidad y eficiencia necesarias para lograr que cada carga de hormigón no quede esparcida en una superficie muy extensa ni durante un período tan largo de tiempo que haya lugares en los que el hormigón fragüe antes de entrar en contacto con otro hormigón.*

*Los encofrados para juntas verticales deberán ser estancas al mortero, en especial en la parte de la cara inferior de losas o vigas. Para garantizar esta condición, puede hacerse necesario calafatearlos con macilla u otro material adecuado. Deberá prestarse atención especial a todas las juntas de expansión, para asegurarse de que se han construido exactamente como se indica en los planos, sin que haya ninguna parte de la estructura, con libre movimiento, que esté en contacto a tope con ninguna parte rígida.*

*El artículo 603.12, inciso e), del CR-2002 exige que en todas las estructuras se utilicen vibradores, salvo indicación en contrario. Cuando sea necesario, el vibrado se complementará con paleo a mano, con herramientas adecuadas, para que se asegure una consolidación adecuada y suficiente. No deberá vibrarse un mismo punto en una duración tal que determine la formación de zonas localizadas de lechada. Un indicio de que el vibrado es ya suficiente, lo da la aparición de una línea de pasta de cemento en la unión del hormigón con las formaletas y el acero de refuerzo. Generalmente, la vibración es suficiente cuando no hay ninguna disminución aparente del volumen del hormigón. El CR-2002 dispone que la vibración deberá llevarse a cabo trabajando dentro del hormigón. No debe permitirse que el cabezal del vibrador se aplique contra montantes, barros, tirantes, caras internas de las formaletas o contra las varillas de refuerzo. La consolidación debe realizarse cuando se coloca cada una de las batidas, sin que el vibrador remueva*

*otra vez las cargas anteriormente colocadas. No debe permitirse el uso de vibradores para hacer avanzar el hormigón a lo largo de los encofrados.*

**K) Construcción y acabado de losas de hormigón para puentes:** *no se permitirá la colocación de hormigón en la losa de los puentes, hasta que el ingeniero esté convencido de que el ritmo de producción y colocación del hormigón será suficiente para que el colocado propuesto y las operaciones de acabado queden terminados dentro del tiempo programado, de que para el acabado de la losa se emplearán operarios con experiencia en tales trabajos, y de que en el lugar del trabajo se tienen a mano todo el equipo y las herramientas necesarios y en estado satisfactorio para utilizarlos.*

*A menos que el Contratista suministre medios de alumbrado aprobados, la colocación del hormigón en la losa del puente deberá cesar en una hora tal, que las operaciones de acabado puedan quedar terminadas durante las horas de luz diurna.*

*Inmediatamente antes de colocar el hormigón de la losa del puente, se ordenará al Contratista que revise toda la cimbra y las cuñas, y que realice todos los ajustes necesarios. Debe ponerse el mayor cuidado en asegurarse de que el asentamiento y la flexión, debidos al peso de la losa de hormigón del puente, se mantendrán en un mínimo. El Contratista deberá suministrar medios adecuados de control que permitan la rápida medición del asentamiento y la flexión.*

*Si se produjera asentamiento u otros acontecimientos imprevistos que, según el parecer del Ingeniero de Proyecto, impedirán que se obtenga una losa de puente que coincida con los requisitos de las especificaciones, la colocación del hormigón de la losa se interrumpirá hasta que se vayan tomando medidas correctivas a satisfacción del Ingeniero de Proyecto. En caso de que no se hayan tomado medidas correctoras satisfactorias antes del fraguado inicial del hormigón en la extensión afectada, se interrumpirá la colocación del hormigón y se colocará una junta de*

tablones de contención en el lugar que señale el Ingeniero de Proyecto. Todo el hormigón que quede más allá de la junta tendrá que retirarse.

El acabado del tablero de hormigón exige la atención crítica del Contratista y del Ingeniero de Proyecto, para que se asegure un trabajo de calidad y una superficie de rodadura lisa. Por lo tanto, deberán seguirse cuidadosamente los procedimientos especificados en el contrato, en cuanto al acabado a mano y el acabado a máquina:

1.- **Acabado a mano:** a menos que los planos, las disposiciones especiales o alguna orden de cambio dispongan lo contrario, a las losas de los puentes se les dará el acabado a mano, de acuerdo con lo que dispone el artículo 603.13, inciso c) del CR-2002. Para el acabado a mano, se recomiendan los procedimientos siguientes:

- Después de que se ha colocado y consolidado el hormigón, su superficie deberá recibir un acabo preliminar. Generalmente, este acabado se obtiene alisando cuidadosamente la superficie del hormigón con un codal, que se pondrá en acción sobre guías o maestras y entre ellas, hasta que se obtenga una superficie uniforme. El acabado preliminar deberá comenzar junto con las operaciones de colocación del hormigón, y se continuará sin interrupción.

Las guías o maestras deberán ajustarse a las alturas adecuadas, con un margen de tolerancia correspondiente al asentamiento, la curvatura y la flexión (contraflecha) que se hayan previsto como necesarios para que la superficie de la losa del puente quede conforme la rasante establecida.

El codal tendrá que ser de construcción rígida, y diseñado de tal modo que resista toda deformación y curvatura mientras se utilice.

Las guías o maestras tendrán que ser de un tipo tal y estar instaladas de modo que no se desvíen ni se levanten bajo las cargas que se les apliquen. Deberán

*mantenerse en su lugar durante todo el tiempo de la colada y sujetarse firmemente antes de colocar el hormigón de la losa. Deberán ser ajustables en su altura, y se reajustarán cuantas veces sea necesario, para que respondan a cualquier asentamiento y flexión que se produzca durante la terminación del acabado preliminar, o antes de ella.*

*Después de que haya terminado el acabado preliminar, la superficie del tablero deberá alisarse con planchas, en sentido paralelo a la línea central de la calzada. Los puentes transversales con los que han de manipularse las planchas de albañil, deberán recorrer todo el tramo de losa que se esté colando. Tienen que ser de construcción rígida y sin juego o movimiento cuando los utilicen los operarios enlucidores.*

*Deberá proporcionarse un número suficiente de puentes y planchas de albañil, que permita que la operación de acabado se haga inmediatamente después de las operaciones de acabado preliminar. Las planchas deberán desplazarse con un movimiento combinado longitudinal y transversal, aplanando los puntos altos y llevando el material sobrante a los puntos bajos. Cada una de las pasadas deberá traslaparse con la anterior, al menos en la mitad de la longitud de la plancha. El enlucido deberá continuar hasta que se obtenga una superficie lisa.*

*El primer enlucido con plancha deberá ponerse en práctica tan pronto como el estado de la superficie del hormigón permita el alisado, y se mantendrá sin interrupción hasta que se haya producido todo asentamiento. La segunda plancha se hará avanzar detrás de la primera, a la máxima distancia permitida por la docilidad del hormigón.*

*Una vez probada la superficie, se le dará el acabado final pasándole un escobón por encima, transversalmente a la línea centro de la losa del puente.*

2.- **Acabado a máquina:** en muchos lugares, las losas de los puentes se acaban a máquina con excelentes resultados. Cuando se necesite o esté permitido el acabado a máquina, las disposiciones especiales o la orden de servicio especificarán: las limitaciones de la distancia a la que el hormigón se colocará adelante de la máquina para el acabado, las tolerancias de la superficie y los métodos para probar la horizontalidad de la superficie, para corregir los defectos y para dar aspereza a la superficie.

Los carriles para sostén y avance de las máquinas de acabado deberán ser de una construcción tal y deberán instalarse de tal modo, que durante las operaciones de acabado no se produzca cabeceo ni desviación alguna. Tienen que ser ajustables, y se montarán con las alturas (con un margen de tolerancia para el asentamiento, la curvatura y la flexión previsible de la cimbra) necesarias para que den forma a la superficie con la rasante y el perfil transversal necesarios, dentro de la tolerancia especificada. Deberán estar totalmente instalados en su lugar y firmemente sujetos a él antes de que comience la colocación del hormigón.

Si se utilizan guías de rodillo, deberán estar construidas sin curvatura ni deformación alguna. Todos los rodillos deberán corresponder exactamente al perfil transversal del tablero del puente.

Los vibradores no deberán entrar en contacto con las varillas de la armadura, y habrán de estar contruidos de modo que se transmita muy poca vibración al encofrado. La vibración deberá transmitirse al hormigón de modo que, cuando se detenga el avance de la máquina, cese toda vibración.

Se ordenará al Contratista que proporcione suficientes puentes transversales de enlucido para que puedan llevarse a cabo las operaciones de enrasado, enlucido y otras más de acabado.

Las planchas, tanto movidas a mano como movidas a máquina, deberán desplazarse con el eje longitudinal de la plancha paralelo a la línea central de la losa. La plancha deberá avanzar con un movimiento combinado longitudinal y transversal, para que aplane los puntos altos y lleve el material así retirado a que enrase los puntos bajos. Cada pasada de la plancha deberá traslapar la pasada anterior en una mitad de la longitud de la plancha. El enlucido con la plancha deberá continuar hasta que se obtenga una superficie lisa de rodadura.

La extensión de la colocación de hormigón deberá limitarse a la que pueda quedar acabada antes de que comience la siguiente colocación. La colocación de hormigón para la superficie de la losa no deberá hacerse a más de tres metros por delante de la operación de enrasado. Delante del codal vibratorio, deberá mantenerse un ligero sobrante de hormigón.

Al terminar las operaciones de acabado a máquina, deberán desprenderse rápidamente de esta última los soportes del codal, y se procederá con toda prontitud a cualquier acabado a mano que sea necesario.

L) **Curado del hormigón:** para que el hormigón pueda fraguar debidamente, es necesario que se establezcan determinadas condiciones que son favorables para la hidratación adecuada del cemento. La expresión "curado" se aplica a un conjunto de condiciones de humedad y temperatura que se han establecido con el fin de asegurar que se producirá la hidratación adecuada.

El período crítico del curado es durante sus primeras fases, en las cuales el hormigón está transformándose y pasa del estado plástico al endurecido. Durante este período, que comienza inmediatamente después de la colocación, es de capital importancia que el hormigón quede protegido contra un secado rápido y contra cambios bruscos de temperatura.

*Es preferible que a todas las superficies conformadas se les aplique continuamente humedad durante el período especificado para el curado. Eso puede realizarse con la aplicación de una cobertura de arpillera (tela de yute), esterillas de algodón, arena empapada de agua, o bien, con rociado. Puede también utilizarse el anegamiento.*

*Siempre que las disposiciones especiales del proyecto lo indiquen, podrá utilizarse papel impermeable o compuestos líquidos formadores de películas, para impedir las pérdidas de humedad. Puesto que estos procedimientos no dan por resultado que se suministre humedad al hormigón, su eficacia se aumenta si, antes de su aplicación, se emplea alguna forma de curado húmedo.*

*Cuando se apliquen cubiertas humedecedoras, deberán efectuarse inspecciones frecuentes para cerciorarse de que la cubierta no se ha secado y no ha reabsorbido agua tomada del hormigón. El papel impermeable deberá examinarse antes de usarlo, para comprobar que no presenta agujeros y que todas las uniones son estancas. Todos los bordes deberán quedar apretadamente sujetos, para impedir que se establezcan corrientes de aire entre la superficie del hormigón y el papel. Las películas o membranas deberán aplicarse uniformemente en la proporción de cobertura especificada, y se las someterá a una cuidadosa supervisión, necesaria para obtener la seguridad de que el hormigón recibe una cantidad adecuada del material formador de la membrana. Esto resulta particularmente cierto en días ventosos, en los que hay una tendencia a que el material pulverizado para la membrana o película se rocíe de tal modo que una cantidad apreciable se va arrastrada por el viento.*

*Cuando el curado haya de ser por aplicación de una membrana o película sobre una superficie en contacto con el encofrado, la primera mano o capa se aplicará inmediatamente después de que se retire el encofrado. Si la superficie está seca, deberá empaparse bien el hormigón, y el agente para el curado se aplicará justo en cuanto desaparezca la película superficial de agua.*

*En los casos en que las formaletas de madera sigan colocadas durante todo el período de curado, deberá mantenérselas mojadas para impedir que se abran las juntas y el hormigón se seque.*

#### **SECCIÓN 10.14 VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO**

*Espaciamiento y sujeción: Puesto que la eficacia del armado del hormigón depende de su colocación dentro de este, es muy importante que se coloque exactamente como se indique en los planos. Una ligera variación en la posición de las varillas de acero dentro de la estructura acabada, en comparación con los dibujos, cambia sobremanera las condiciones de estabilidad y seguridad. Tiene particular relevancia el espaciamiento de las varillas de acero, respecto a la superficie de tracción del hormigón.*

*Las varillas más altas de los tableros de puentes tienen que estar correctamente colocadas, y deberán tener la cobertura adecuada para que los proteja contra la corrosión debida a la acción de los elementos meteorológicos.*

*El refuerzo o armado de las zapatas deberá colocarse y retenerse en posición, por medio de soportes aprobados, desde antes de que comience el colado del hormigón. Las varillas de armado colocadas en cualquier miembro, tienen que revisarse y aprobarse antes de colocar el hormigón.*

*Las varillas de acero en partes salientes y muros de retención, deberán estar colocadas en su lugar y rígidamente sujetas cuando comience el trabajo con hormigón, para que la liga entre acero y hormigón no se destruya durante las operaciones de construcción.*

#### **SECCIÓN 10.15 ALCANTARILLAS DE TUBO**

*Generalidades: después de que el proyecto ha quedado replanteado y se han colocado las estacas de talud, será necesario que el Ingeniero de Proyecto analice cuidadosamente*

el trazado de las alcantarillas de desagüe, tal como aparezcan indicadas en los planos, y que realice o recomiende ajustes para que respondan a las condiciones encontradas en el campo. Deberá prestar cuidadosa consideración a los siguientes factores pertinentes:

**1.- Emplazamiento de la estructura:** la alineación e inclinación del canal a la entrada y a la salida de la estructura propuesta, deberán estudiarse cuidadosamente para que aseguren el funcionamiento eficaz de esta. Si, al parecer, el emplazamiento de una estructura cualquiera, tal como se haya indicado en los planos, es incorrecta o su tamaño es inadecuado, o si por cualquier otra razón la estructura propuesta no es la apropiada, el Ingeniero de Proyecto tendrá que emprender la acción necesaria para que la situación se remedie debidamente.

Siempre deberá examinarse la conveniencia de añadir una alcantarilla cuando la alternativa implica dar una mayor anchura o profundidad a zanjas y proceder a una gran cantidad de excavación, tal como en el caso de que tuviese que abrirse una zanja a todo lo largo de un corte de gran longitud. Al respecto, no debe considerarse solamente el aspecto económico, sino también el hecho de que la frecuente dispersión del agua superficial ayuda a combatir la erosión.

A menudo, algunos pequeños ajustes de emplazamiento, inclinación o trazado de la alcantarilla, pueden reducir al mínimo la excavación y/o facilitar que se alcancen unos cimientos o base firme en toda la longitud de la alcantarilla.

**2.- Limitación de la altura de los rellenos:** el Ingeniero de Proyecto debe cuidar que el grueso de las paredes y resistencia de los tubos de alcantarilla cumpla los criterios de diseño, respecto a la altura del relleno que deba colocarse encima de ellos. Los criterios para el diseño aparecen generalmente especificados en los planos. En caso de no estar indicados deberá recurrir a la Dirección de Obras del CONAVI para disponer de esta información y controlar que no se excedan los límites de altura máxima de rellenos.

*Cuando se prevé que la altura de relleno sobre la alcantarilla va a ser modificada, el Ingeniero de Proyecto se pondrá inmediatamente en contacto con la Dirección de Ingeniería del CONAVI, para el rediseño de la estructura, si los planos generales no proporcionan datos suficientes para permitir el nuevo diseño.*

**3.- Pendiente hidráulica:** *la gradiente de la pendiente hidráulica de toda alcantarilla deberá ser, en general, la misma que la del canal de cada extremo de la alcantarilla.*

**4.- Entradas y salidas:** *el Ingeniero de Proyecto deberá poner extremo cuidado al establecer las elevaciones de entrada y de salida de las alcantarillas. Es un error común establecerlas demasiado bajas, lo que ocasiona una rápida sedimentación, que disminuye el área eficaz de la alcantarilla.*

*Cuando una alcantarilla tiene un cabezal, el canal de entrada deberá ser suficientemente grande para que permita la plena utilización de la estructura durante lluvias fuertes. El canal contiguo o cualquiera de los extremos de la alcantarilla, deberá estar construido de modo que no haya cambio brusco alguno en la dirección de la corriente ni en la pendiente hidráulica. El atascamiento o sedimentación en torno a una entrada o salida de una alcantarilla, se debe a que la velocidad de la corriente queda retrasada justo aguas arriba o aguas abajo de la alcantarilla. Si se prevé que habrá sedimentación, las velocidades erosionantes deberán disminuirse por medio de un quiebragradientes, de embalses amortiguadores o vertederos.*

**5.- Materiales:** *normalmente, el Contratista dispondrá que la inspección y pruebas de tubos de alcantarillas se realicen en la fábrica, y proporcionará al Ingeniero de Proyecto copias de los certificados necesarios del fabricante de los informes de pruebas.*

*El Ingeniero de Proyecto tiene la responsabilidad de efectuar la identificación positiva, en el campo, de cada envío de tubos de alcantarilla. Esto exigirá, revisar y reconciliar la identificación del material consignado, como etiquetas o marcas con los documentos de envío, facturas, conocimientos de embarque o copias de pedidos, con los certificados de conformidad y con los informes de pruebas. El Ingeniero de Proyecto también debe cuidar que cada embarque sea revisado, con el fin de determinar si presenta daños o deficiencias en medidas, longitudes y acabado.*

*6.- **Asientos:** la finalidad del requisito de que se dé forma al material de asiento o a la superficie de los cimientos, para que calce con el conducto, es asegurar la distribución de la carga del conducto sobre la franja de material de soporte. El incumplimiento de esta disposición puede dar por resultado una desviación excesiva y/o la falla del conducto.*

*7.- **Colocación del tubo:** durante la inspección, tiene que ponerse gran cuidado en lograr que cada tramo del tubo esté totalmente en contacto con su asiento. Cualquier conducto que no esté exactamente alineado o que acuse un asentamiento indebido, o bien, que esté dañado, deberá retirarse y colocarse de nuevo, o se sustituirá sin retribución extra.*

*8.- **Apuntalamiento de campo:** generalmente, cuando se necesita apuntalamiento de un conducto flexible redondo, los detalles vienen indicados en los planos. Aunque los arriostres y puntales tienen que dejarse en su lugar hasta que el terraplén ha quedado listo y compactado, deberán retirarse poco después de ello, para evitar la posibilidad de que haya escombros que se alojen contra el apuntalamiento y obstruyan la circulación del agua.*

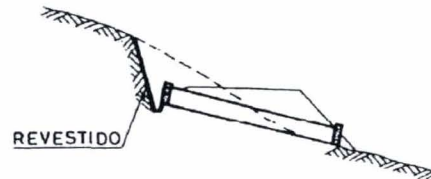
FIGURA 10.20

UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS RESPECTO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE

(a) SIGUIENDO LA PENDIENTE NATURAL DEL CAUCE

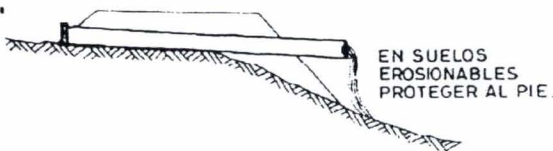


(b) ENTRADA BAJO LA PENDIENTE NATURAL.

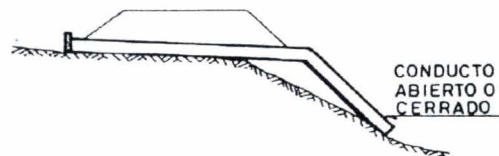


(c) SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL.

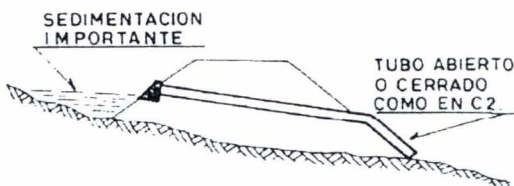
C1. LA POSIBILIDAD DE DEJAR EL TUBO EN VOLADIZO DEBE SER ANALIZADA ESTRUCTURALMENTE.



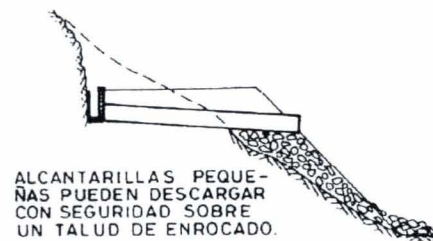
C2. SI EL TALUD ES DE TIERRA SE PUEDE UTILIZAR UN CODO Y PROLONGAR EL TUBO SIGUIENDO EL TALUD, PARA EVITAR EROSION.



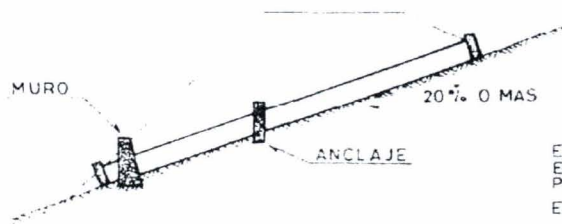
(d) ENTRADA Y SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL.



(e) ENTRADA BAJO Y SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL.



(f) PENDIENTES PRONUNCIADAS.



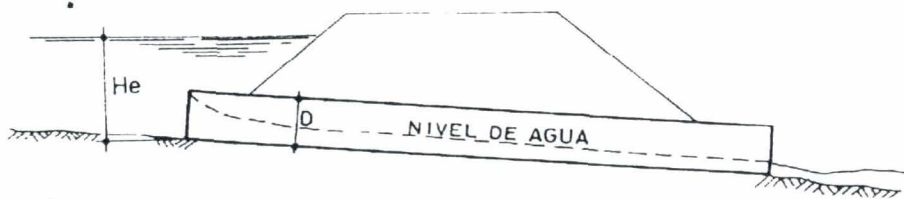
EN LADERAS CON 20% O MAS EL TUBO DEBERA ANCLARSE PARA EVITAR EL DESLIZAMIENTO.  
EN TODO CASO SI  $D \geq 1.0m$   $i_{\max} 20\%$   
SI  $D \leq 0.6m$   $i_{\max} 25\%$

**FIGURA 10.21**  
**ESCURRIMIENTO EN ALCANTARILLAS**  
**CON CONTROL DE ENTRADA**

**A. EMBOCADURA SALIENTE - NO SUMERGIDA**



**B. EMBOCADURA SALIENTE - SUMERGIDA**



**C. EMBOCADURA CORTADA A BISEL - SUMERGIDA**



Escala para He D	Características geométricas de la entrada		
	Alcantarillas de cajón	Tubo de hormigón circular	Tubo corrugado circular o abovedado
A	Entrada alabeada o con muro de aristas verticales redondeadas $r=1/4D$ . Ambos casos dintel redondeado $r=1/4 D$ .		
B	Muro con alas $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ ó Muro sin alas con aristas redondeadas $r=1/12 D$ . Ambos casos con dintel red. $r=1/120 D$ .		
1	Muro con alas $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ Dintel con aristas vivas	Muro con o sin alas. Bordes del Conducto con aristas vivas	Muro con o sin alas
2	Muro con alas $\alpha = 15^\circ$ Muro sin alas $V = 90^\circ$ Ambos casos con dintel de aristas vivas	Muro con o sin alas Bordes del conducto con aristas ranuradas (Ranurada - Enchufe)	Sin muro - conducto cortado a bisel de acuerdo a talud del terraplén
3	Alas normales al muro $\alpha = 0^\circ$ Dintel con aristas vivas	Sin muro, conducto prolongado fuera del terraplén, aristas ranuradas	Sin muro - conducto prolongado fuera del terraplén

## **SECCIÓN 10.16 SUBDRENAJES**

A) **Generalidades:** *a menudo, debido a la cubierta vegetal del suelo, a la falta de acceso al lugar, al agua freática oculta, o a otras condiciones desconocidas, resulta difícil o imposible proyectar adecuadamente los subdrenajes en el momento de los estudios preliminares y de preparación de los planos. Por lo tanto, el Ingeniero de Proyecto tiene que evaluar cuidadosamente las condiciones del lugar de la obra a medida que esta avanza, y efectuar o recomendar cambios del emplazamiento o la extensión de los subdrenajes indicados en los planos, para que este se ajuste a las condiciones del campo.*

*El emplazamiento y profundidad de los subdrenajes está regido por las características, tanto del suelo particular afectado, como de la ubicación del agua que se ha de interceptar y del terreno. En general, la gradiente hidráulica de los subdrenajes no deberá ser menor de un 2%, y los puntos de rasante deberán establecerse por medio de instrumentos de precisión, con el fin de eliminar posibles irregularidades.*

B) **Instalación:** *durante la construcción de todo tipo de subdrenajes, se necesita una inspección rígida. Debe ponerse especial cuidado en que el fondo de la zanja penetre ligeramente en estratos relativamente impermeables, que, generalmente, se encuentra que retrasan la filtración descendente del agua. La profundidad de esta penetración de la zanja deberá ser, cuando menos, equivalente al diámetro del tubo. Donde sea necesario instalar un subdrenaje continuo en una longitud considerable, son deseables unidades cortas con varias salidas de descarga.*

*En los lugares en que haya aguas freáticas que, antes de que se las pueda descargar, tengan que atravesar alguna extensión seca, esta parte de la tubería deberá ser un conducto estanco. Las aguas superficiales deberán mantenerse alejadas de los subdrenajes.*

**SECCIÓN 10.17 ESTRUCTURAS DE ACERO**

A) **Generalidades:** tal como se indica en la sección 608 del CR-2002, este trabajo lo constituyen las estructuras de acero y las partes con estructura de acero de las estructuras compuestas, construidas de conformidad razonablemente ajustada con el trazado, las rasantes y las dimensiones indicados en los planos o que el ingeniero haya establecido.

Los detalles de las estructuras de acero deberán ser objeto de un detenido estudio antes de que se comience a levantarlas. Generalmente, estos detalles son asequibles con considerable anticipación a la entrega real de los miembros de la estructura, y el Ingeniero de Proyecto y el inspector deberán aprovechar este lapso de tiempo para enterarse de todos los detalles.

Algunas veces, en los planos generales no aparece plenamente indicada la dirección de las caras de los perfiles en ángulo o en V. Estos detalles pueden encontrarse consultando los planos de taller o de construcción. Cuando se encuentre, la información deberá indicarse en la copia de los planos de erección del Ingeniero de Proyecto, con lápices de colores. También, deberá llamarse la atención del Contratista acerca de estos puntos.

Cuando en la construcción deba utilizarse soldadura, el inspector deberá enterarse totalmente de cuáles son los requisitos para la soldadura que aparecen indicados en ANSI/AASHTO/AWS D 1.5 "Bridge Welding Code", con las enmiendas establecidas en las "Disposiciones especiales". Deberán estudiarse cuidadosamente todos los detalles referentes a soldaduras que aparecen en los planos, los cuales deberán ser correctos y adecuados.

B) **Materiales:** en general, todos los metales para estructuras se habrán revisado antes de que se carguen para su embarque. En caso de que la inspección no hubiese terminado antes de la entrega, deberán revisarse los materiales para estructuras en

*el campo, antes de que se incluyan en la obra. Deberán comprobarse cuidadosamente todas las dimensiones de los miembros, comparándolas con los planos de detalles. Todos los pernos colocados en el taller deberán comprobarse respecto a medida, número, adhesión y alineamiento, y todas las soldaduras deberán verificarse respecto a su tamaño y calidad. En cuanto a los miembros que se soldarán en la obra, la preparación de la junta se revisará cuidadosamente, comparándola con los dibujos de detalle. También, deberá revisarse la pintura o cualquier otro medio antioxidante aplicado en el taller.*

*Todos los metales para estructuras deberán revisarse visualmente en el momento de la entrega, cualquiera que haya sido su inspección anterior en el taller. Deberán también examinarse todos los miembros, para determinar si durante el embarque y transporte han recibido daños, tales como: planchas curvadas, ángulos de unión deformados y miembros doblados. Además, deberá observarse el estado de la pintura u otros medios antioxidantes aplicados en el taller. Deberá notificarse al Contratista cualquier enderezamiento, trabajo de pintura u otras reparaciones necesarias.*

### **C) Erección:**

**1.- Descarga y almacenamiento de los materiales:** *los metales estructurales generalmente se entregan en un apartadero o ramal de ferrocarril, cercano al lugar de la obra. Se descargan de los vagones del ferrocarril y se almacenan, o bien, se acarrear hasta el lugar del puente. El inspector deberá someter a una buena inspección visual los materiales de cada vagón, antes de que comience la descarga. De este modo, podrá notar cualquier daño que haya podido producirse durante el tránsito, y someterlo a la atención del Contratista. A medida que se vayan descargando, los miembros contenidos en cada vagón se comprobarán con el conocimiento de embarque y la factura del fabricante.*

*La descarga de piezas de acero tiene que llevarse a cabo empleando un procedimiento que no dañe los miembros. Jamás deberán dejarse caer los*

miembros desde la plataforma de los vagones o camiones. Los agujeros para espigas o pasadores ya acabados y los agujeros para unión en la obra, jamás se emplearán como puntos para ganchos de levantamiento.

Los materiales tienen que almacenarse en una superficie bien drenada y desprovista de vegetación y escombros. Deberán colocarse sobre soportes de madera que tengan cuando menos 30 centímetros de altura y que queden por encima de todo crecimiento probable de las aguas. Todas las vigas y viguetas deben colocarse en posición vertical y, si se curvaren, deberán descansar sobre su ala inferior. Estos miembros deberán quedar bien apuntalados para impedir su caída. También, se pueden manejar y transportar en posición vertical.

2.- **Enderezamiento de materiales doblados:** en la reparación de todos los miembros doblados o dañados, deberán seguirse las instrucciones del artículo 608.17 del CR-2002. La reparación y el enderezado de miembros tienen que ser supervisados por el inspector.

3.- **Andamiaje:** si se le ordena, el Contratista deberá preparar y presentar, antes de las operaciones de erección, los detalles de todo el andamiaje que vaya a utilizarse en la erección de vigas armadas de acero. Estos detalles tienen que comprobarse, utilizando los datos aplicables de los planos. Debe prestarse especial atención a los claros y holguras, de modo que el andamiaje y el entramado no obstaculicen la inserción de pernos o la de remaches en el fondo del cordón inferior de vigas principales o en la cara inferior de las vigas de piso. La disposición del entramado debe comprobarse cuidadosamente en lo que respecta a claro y holgura, resistencia de los materiales y "manejabilidad".

El peso del equipo que el Contratista se proponga utilizar y que habrá de cargarse sobre el andamiaje, deberá sumarse al peso de los miembros estructurales al calcular el andamiaje. El peso y posición de este equipo tendrán que indicarse en los planos del andamiaje.

*La capacidad de soporte de los pilotes para el andamiaje deberá comprobarse a medida que se hincan, para cerciorarse de que soportarán la carga que llevarán, sin que se deformen o desvíen excesivamente. Un soporte adecuado reducirá al mínimo las dificultades de la construcción y disminuirá el costo de recalzar y entramar el andamiaje.*

*Todos los materiales que se utilicen en la construcción del andamiaje deberán comprobarse, con los planos correspondientes, en lo que respecta a su estado y medidas.*

- 4.- **Curvatura y alineamiento:** antes de comenzar la erección, deberán trazarse en todas las unidades de la subestructura una línea longitudinal y otra transversal (líneas de trabajo). El Ingeniero Residente del Contratista deberá conocer muy bien estas líneas. Las elevaciones deberán tomarse inmediatamente al comienzo de la erección. A medida que el trabajo avance, deberá indicársele al Contratista cualquier discrepancia respecto a la línea o elevación, para que la corrija.*

*El artículo 608.08, inciso v), del CR-2002 ordena que el Contratista proporcione un diagrama de curvatura y especifique los criterios seguidos para indicar la curvatura medida o calculada en el diagrama.*

*Las vigas armadas, erigidas por el procedimiento de voladizo, deberán tener todos sus nudos comprobados respecto a la elevación, tan pronto como se hayan levantado, y las elevaciones así encontradas habrán de compararse con la elevación teórica. Si los nudos discrepan demasiado de los nudos teóricos, y si dos o más de los recuadros de una viga armada presentan elevaciones con discrepancia demasiado grande, este punto deberá someterse a la consideración del Departamento de Puentes del MOPT.*

*Las vigas armadas principales del puente erigidas por el método de voladizo, deberán comprobarse respecto a la línea central de la armadura, inmediatamente después de que se haya erigido cada tramo. Posiblemente tengan que efectuarse ajustes en la longitud del atirantado lateral, para que los brazos del voladizo queden sujetos en línea recta.*

5.- **Rimado:** *antes de la erección, los agujeros punzonados o taladrados de los miembros deberán revisarse cuidadosamente respecto a medida y forma, y cualesquiera agujeros de tamaño inadecuado o deforme quedarán marcados para su posible rimado. Deberá llamarse la atención del Contratista sobre estas marcas. Es una buena práctica llevar un registro del emplazamiento de estos agujeros. Este registro puede consultarse antes de colocar pernos o remaches, para verificar que no se haya omitido el rimado y para que se coloque el perno o remache de la medida adecuada.*

6.- **Contramarcas:** *todos los miembros o miembros ensamblados a los que se les hayan puesto contramarcas, tendrán que ensamblarse exactamente de acuerdo con el diagrama de contramarcas. A medida que avance la erección, el inspector deberá comparar los miembros ensamblados y los planos de erección, para comprobar que los miembros estén en posición correcta.*

7.- **Erección:** *el inspector deberá cooperar con el Contratista para que, durante la erección, la estructura esté a salvo de accidentes, y deberá advertir al Contratista contra toda práctica o costumbre peligrosa.*

*Todos los pernos de anclaje deberán comprobarse respecto a medida, emplazamiento y elevación.*

*Debe ponerse un gran cuidado en la erección de los miembros de compresión, para que aseguren el pleno soporte en las juntas fresadas. Las juntas en el cordón superior de las vigas armadas, los empalmes en los extremos de columnas y los*

*empalmes de vigas de alma llena son juntas típicas que exigen especial atención por parte del inspector.*

*El plomo de las columnas deberá comprobarse respecto a la tolerancia especificada, antes de que se inicie la sujeción a ellas de otros miembros de la estructura.*

*El inspector deberá conocer a fondo el diseño de la estructura. De todos modos, deberá conferenciar con el ingeniero que la diseñó, para descubrir si hay uniones que reclamen especial atención.*

*Si están debidamente preparados, los diferentes miembros de una estructura de acero deberán ensamblarse fácilmente y sin que haya que utilizarse una cantidad excesiva de personal. Encajar a presión o a martillazos los miembros de acero, para colocarlos en su lugar, es un esfuerzo inútil en su mayor parte y que dará por resultado daños a los miembros. El uso de gatos pequeños para separar placas, para que entren otros miembros, hará que se logre el resultado deseado sin que se cause daño alguno.*

*Durante la erección, la viga o vigas principales del puente deberán mantenerse a escuadra o con la oblicuidad correcta. Todos los marcos transversales, laterales, pórticos y arriostramientos deberán levantarse junto con los miembros de la viga principal.*

8.- **Pasadores y pernos:** *las vigas sencillas y vigas maestras, incluyendo diafragmas, laterales, marcos transversales y arriostramientos, deberán estar totalmente levantados y unidos con pasadores y pernos para su erección, antes de que se comience cualquier sujeción permanente.*

9.- **Apernado:** *el inspector deberá cerciorarse de que los remaches o pernos torneados se utilizan donde aparece señalado en los planos o especificaciones*

para la erección. Si hubiera alguna duda respecto a si lo que ha de utilizarse son remaches o pernos, el inspector deberá pedir una aclaración al Ingeniero de Proyecto.

No se permitirá abrir huecos con soplete, quemar remaches defectuosos, agrandar agujeros con pasadores y/o apretar remaches con martillo neumático para calafatear.

Rara vez se utiliza en estructuras nuevas de acero el remachado en la obra. Sin embargo, será necesario sustituir cualquier remache llegado defectuoso del taller, que se descubra durante la inspección en la obra.

Estos remaches defectuosos pueden descubrirse golpeando un lado de la cabeza del remache con un martillo pequeño mientras, contra el lado opuesto de la cabeza del remache y en el metal contiguo, se apoya un pequeño trozo de metal tal como una tuerca o arandela. Cualquier aflojamiento se descubrirá gracias a una leve sacudida que se deja sentir en el pedazo de metal. El aflojamiento ligero de los remaches no puede descubrirse a simple vista ni por el sonido. Los remaches defectuosos deberán martillarse o se señalarán para su sustitución.

Todas las operaciones de remachado y apernado se registrarán por los artículos 608.09, 608.10 y 608.11 del CR-2002.

10.- **Uniones con pernos elaboradas en la obra:** actualmente, en la mayoría de las uniones que se hacen en la obra se usan pernos. Los artículos 608.10 y 608.11 del CR-2002 contienen los requisitos de las uniones con pernos que son aplicables, tanto a las que se fabrican en la obra como en el taller.

11.- **Soldadura:** el control de las condiciones en que se realizan los montajes para estructuras de puentes y en las que se inspeccionan, tiene particular importancia cuando se utilizan soldaduras, debido a que estas afectan a las propiedades

*mecánicas y metalúrgicas del acero. Las soldaduras deberán efectuarse de acuerdo con ANSI/AASHTO/AWS D-1.5 "Bridge Welding Code", con las enmiendas indicadas en las disposiciones especiales o especificaciones suplementarias. El Ingeniero de Proyecto y el Contratista deberán llegar a un mutuo entendimiento y deberán convenir respecto a los requisitos de las soldaduras tal como aparezcan especificados en el contrato. Esta discusión deberá abarcar: el perfil de las juntas (inclusive el método para la preparación de los bordes de las planchas); la secuencia de la soldadura; los tipos y medidas de los electrodos o, si se trata de procesos automáticos, el tipo y medida del alambre soldador y el tipo del fundente; y la inspección por medio de pruebas no destructivas, que incluirá las soldaduras que se hayan de revisar mediante métodos radiográficos o de partículas imantadas y, por último, comprenderá las normas para juzgar la aceptabilidad de las soldaduras.*

*Antes de que comience la producción de soldaduras, el Ingeniero de Proyecto deberá cerciorarse de que el Contratista ha presentado una certificación de que cada una de las soldaduras reúne las condiciones para el tamaño y tipo de electrodo y para la posición de la soldadura que habrá de utilizarse.*

*El Contratista deberá tener un lugar limpio y seco en el que guardará los electrodos, alambre y fundentes para soldadura.*

*El Ingeniero de Proyecto deberá realizar comprobaciones frecuentes para cerciorarse de que los electrodos con bajo contenido de hidrógeno están debidamente guardados. Cuando estos electrodos están expuestos a la acción del aire húmedo, su recubrimiento absorbe la humedad en una cantidad que depende de la duración del tiempo de exposición. A menudo, las soldaduras hechas con electrodos húmedos tienen grietas debajo del cordón, en particular si el metal de la base es uno de los aceros estructurales de resistencia más alta. El artículo 608.12 del CR-2002 señala la necesidad de que los electrodos de bajo hidrógeno que se compren estén contenidos en recipientes herméticamente*

sellados, e indica los requisitos para su secado durante períodos mínimos específicos de tiempo, a temperaturas también específicas, para que se almacenen en hornos a temperaturas mínimas específicas.

Debido a las probabilidades de exposición a más humedad, en las soldaduras realizadas en la obra se requerirá al Contratista para que se provea a cada operario soldador con un recipiente portátil caldeado, que se mantenga a la misma temperatura que el horno en el que se guardaban los electrodos. Estos pueden guardarse en estos recipientes hasta que el soldador esté a punto de utilizarlos.

Mientras se están efectuando las soldaduras, el Ingeniero de Proyecto debe comprobar a menudo los puntos siguientes:

- a) **Pre calentamiento:** en la tabla 4A de la sección 4.2 del ANSI/AASHTO/AWS D 1.5, se especifican las temperaturas mínimas de pre calentamiento y entre pasadas, correspondientes a los procesos aplicables de soldadura. El Contratista deberá utilizar lápices grasos indicadores de temperatura de pre calentamiento.

En el procedimiento, la junta se calentará uniformemente, evitando el sobrecalentamiento, manteniéndose la temperatura especificada hasta que dé comienzo la soldadura. Cuando esté especificada una temperatura mínima entre pasadas, no se permitirá que entre dos pasadas sucesivas la junta de la soldadura se enfríe por debajo de esa temperatura.

- b) **Procedimientos:** para que se ajusten a los requisitos del artículo 608.12, inciso e) 2), deberán observarse procedimientos de soldadura manuales por arco metálico protegido y por arco sumergido.

c) **Calidad del trabajo:** la habilidad de cada soldador en su trabajo deberá comprobarse por inspección visual mientras se realizan soldaduras. Si la calidad del trabajo de cualquier soldador queda, al parecer, por debajo de las normas necesarias, se debe ordenar al Contratista que pruebe de nuevo las condiciones y capacidad del soldador para el tipo de soldaduras que ha estado haciendo.

La inspección visual permanente permitirá que el Ingeniero de Proyecto observe la incidencia de soldaduras agrietadas, dentadas y de tamaño insuficiente, etc. Sin demora alguna, el Ingeniero de Proyecto ordenará al Contratista que, de inmediato, proceda a eliminar estas deficiencias.

12.- **Pernos de corte:** en los apartados 7.5 a 7.5.5 de ANSI/AASHTO/AWS D 1.5, se detallan los requisitos que deben reunir los pernos o espárragos de corte de acero que van soldados.

Después de enviado el acero estructural al proyecto, los pernos o espárragos de corte de acero deberán revisarse para cerciorarse de que se ajustan a las especificaciones, así como respecto a los daños que puedan haber recibido en el trayecto. El espaciamiento de los espárragos deberá comprobarse para verificar que se ajuste a las tolerancias especificadas.

Estos espárragos deberán examinarse para determinar si presentan señales de que se han revisado golpeándolos con un martillo. Si no hay indicio aparente de ello, deberá comunicarse esta falta al inspector de taller. En cualquier caso, siempre será adecuado efectuar en la obra algunas comprobaciones de distintos puntos.

13.- **Dispositivos de expansión:** el Contratista da forma al dispositivo de expansión para que calce con el coronamiento propuesto de la calzada del puente al que se

destinará. Debe ponerse extremo cuidado en la descarga y manipulación de estos dispositivos, para evitar que sufran alguna deformación.

14.- **Pernos de anclaje:** cuando se fijan pernos de anclaje en la subestructura, antes de la erección de la superestructura, se deberán fijar con el mayor cuidado en lo que respecta a su alineación y emplazamiento. Deberá construirse y fijarla en posición correcta, una plantilla u algún otro dispositivo. Antes de incrustarlos en el hormigón, se colocarán los pernos de anclaje en esa plantilla. Después de que se haya colado el hormigón y se haya producido el fraguado inicial, la plantilla deberá retirarse y la capa superior del hormigón recibirá un acabado que dé pleno sostén a la placa de soporte.

#### D) Limpieza y pintura:

1.- **Mano de pintura dada en el taller:** a todos los metales estructurales que se pintarán, deberá dárseles en el taller, antes de embarcarlos, una mano de pintura. Todas las ampollas de aire y la pintura sobrante que presente la mano dada en el taller, se eliminarán antes de los retoques.

2.- **Limpieza:** el artículo 608.22 del CR-2002 ordena la limpieza de las superficies metálicas que se pintarán, y permite el empleo de varios métodos de limpieza. El Ingeniero de Proyecto deberá aprobar las superficies antes de que se pinten.

3.- **Retoque de la pintura:** el artículo 608.23 del CR-2002 ordena que se retoque la pintura de las uniones, soldaduras y remaches hechos en la obra, así como la de todas las superficies herrumbrosas o con pintura dañada o defectuosa, aunque permite que el Contratista aplique, en lugar de ello, una mano general de pintura de imprimación. En estos casos, tiene que utilizarse el mismo tipo de pintura que se empleó en la mano dada en el taller. Previamente, el Ingeniero de Proyecto tendrá que cerciorarse de que la pintura ha sido aprobada.

4.- **Aplicación de la pintura:** es una buena costumbre comenzar en la parte alta de la estructura y pintar en sentido descendente. De este modo, puede eliminarse cualquier goteo producto antes de la aplicación de la pintura. Después de que se ha aplicado cada una de las manos de pintura que han de darse en la obra, y cuando estas están secas, el inspector deberá efectuar una cuidadosa comprobación del recubrimiento.

Los requisitos para el secado y protección de las superficies recién pintadas se encuentran en el artículo 608.23, inciso d), aparte 5), del CR-2002.

5.- **Pintura de puntos inaccesibles:** el inspector deberá realizar un estudio de los diversos miembros de la estructura. A cualquiera de ellos que después de la erección resulte inaccesible para pintarlo, deberá dársele una mano y pintarlo después, en la obra, dándole las manos necesarias de pintura antes de su colocación en la estructura. Los miembros que, por lo general, exigen esta atención son los extremos de las barandas, los dispositivos de expansión y los extremos de vigas de piso.

G) **Comprobación del grosor de la película de pintura ya seca:** el artículo 608.23, inciso e), del CR-2002 especifica los métodos para medir las capas de pintura seca, la mano de pintura dada en el taller y la de cada una de las manos dadas en la obra. El espesor de la película seca de cada mano se determinará utilizando un calibrador de espesor de películas secas, no destructivo, de tipo magnético, tal como se describe el citado artículo, después de que la pintura esté ya totalmente seca. El espesor así obtenido (después de la primera medición) es el total acumulativo de todas las manos de pintura aplicadas. Por lo tanto, para determinar el espesor de la última mano aplicada, es necesario restar, del total acumulativo obtenido en último lugar, el espesor total anterior determinado del mismo modo.

**SECCIÓN 10.18 GAVIONES**

A) **Características de las estructuras de contención en gaviones:** los gaviones representan una solución extremadamente válida, desde el punto de vista técnico y económico, para la construcción de obras de contención, para cualquier ambiente, condición climática y aun en zonas de muy difícil acceso.

La malla metálica posee una elevada resistencia mecánica, y la doble torsión impide que esta se desarme ante el cortado de un alambre, lo cual asegura que en cada cruce se tenga un punto fijo que mantiene la flexibilidad de la malla y acote las deformaciones posibles. La permanencia en el tiempo se garantiza a través de la fuerte galvanización de los alambres y, en el caso de condiciones particularmente agresivas para el zinc, se dispone de alambres fuertemente galvanizados y revestidos en PVC.

En la obra, los gaviones son montados en forma individual por medio de costuras continuas con alambre de las mismas características de la red de los gaviones. Las costuras son muy simples, pero es necesario que sean realizadas con cuidado para garantizar el perfecto funcionamiento de la estructura. Las mismas costuras son utilizadas a lo largo de las aristas en contacto, para la unión de los diferentes módulos, sea lado a lado o sobrepuestos. En el primer caso, el amarre es más simple si es realizado antes del llenado y, en el segundo, con los gaviones superiores vacíos. El contacto entre los paños de la red, así asegurado, garantiza que, una vez llenados los gaviones, se produzca el roce en toda la superficie de la malla. De esta manera, la estructura se comporta en forma monolítica y se mantiene constante la fricción interna de la piedra. El alambre utilizado en las costuras y suministrado con los gaviones es, en general, de diámetro menor, lo cual lo vuelve más maleable, pero con una resistencia suficiente para absorber las sollicitaciones de la estructura.

*Las piedras para el relleno del gavión deben tener un elevado peso específico, no ser friables (deleznables), poseer un tamaño mínimo superior a la mayor medida de la abertura de la malla y un tamaño máximo aproximado al doble del tamaño mínimo.*

*Las características más destacadas de las obras en gaviones son, en resumen, las siguientes:*

- *Gran flexibilidad, que permite que la estructura se adapte a las deformaciones del terreno, y mantenga su estabilidad y eficiencia.*
- *Elevada resistencia, debido al gran peso de la obra, la fricción entre las piedras, su resistencia a la compresión, y la elevada tensión de tracción soportada por la malla (con baja deformación).*
- *Permeabilidad adecuada, que permite el drenaje de las aguas de infiltración y elimina el empuje hidrostático.*
- *Puesta en obra extremadamente sencilla y económica, que no requiere equipos ni mano de obra especiales. Para el relleno, puede usarse canto rodado o piedra partida.*
- *Llenado realizado manualmente o con el auxilio de equipo normal de obra.*
- *Integración armónica con el paisaje, lo cual permite el desarrollo de vegetación sin que esto traiga inconvenientes, y la estructura construida se asegura por el avance de la naturaleza.*

**B) Criterios de cálculo:** *para determinar el valor del empuje, se utiliza la teoría de Coulomb, para lo cual se tendrá que:*

- *La superficie de rotura es plana.*
- *La fuerza de rozamiento interno se distribuye en forma uniforme a lo largo de la superficie de rotura.*
- *La cuña de terreno entre la superficie de rotura y el muro se considera indeformable.*

- Se desarrolla un esfuerzo de rozamiento entre el muro y el suelo en contacto, lo cual hace que la recta de acción del empuje activo se incline en un ángulo  $\alpha$  respecto de la normal al paramento interno del muro.
- La rotura se analiza como bidimensional, tomando una franja unitaria del muro y considerando la estructura como continua e infinita.

Para no sobredimensionar la estructura, dado que el gavión es permeable, se puede omitir el empuje hidrostático.

La estructura es armada por la malla, que tiene una gran resistencia a la tracción, con lo cual se mantiene la flexibilidad de la obra.

Las configuraciones más utilizadas son las ilustradas en las figuras 10.22 y 10.23. La figura 10.24 puede usarse en sustitución de la figura 10.23, en caso de grandes alturas. El muro con escalones externos a igualdad de volumen posee una mayor estabilidad.

Es conveniente inclinar el muro contra el terreno en un ángulo  $\alpha$  generalmente de  $6^\circ$ , y se puede alcanzar los  $10^\circ$ . De esa forma, disminuye el valor del coeficiente de empuje activo (ver figuras 10.25 y 10.26).

## FORMAS DE COLOCACION DE GAVIONES .

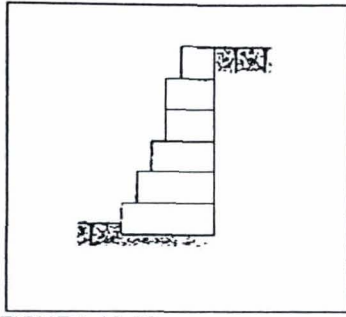


FIGURA 10.22

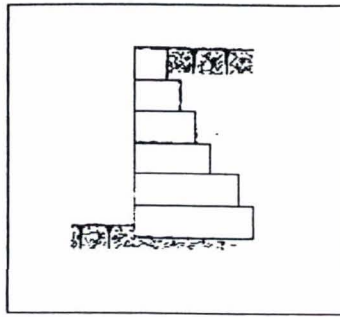


FIGURA 10.23

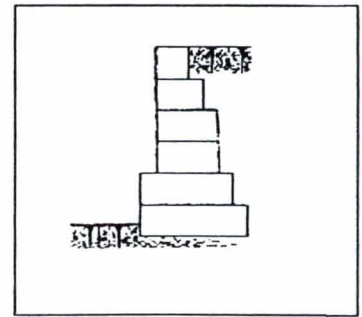


FIGURA 10.24

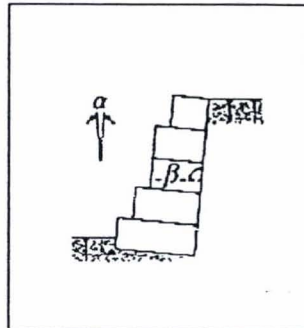


FIGURA 10.25

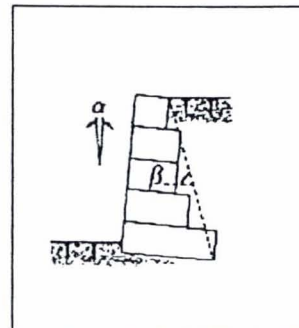


FIGURA 10.26

## C) Criterios de proyecto de obras en gaviones:

- 1.- **Ejecución:** los gaviones deben llenarse con piedras de granulometría levemente superior a la abertura de las mallas.

Debido a la mayor resistencia que ofrecen los gaviones de  $h=0,5$  m, es más aconsejable su utilización en las camadas inferiores de los muros con una altura superior a 6,0 m y en apoyos de puentes sujetos a grandes esfuerzos de compresión.

- 2.- **Escalones internos-escalones externos:** los muros con escalones internos y paramento externo plano son preferidos, algunas veces, por razones estéticas y por limitación de espacio; pero, para alturas mayores presentan la necesidad de algunos escalones externos.

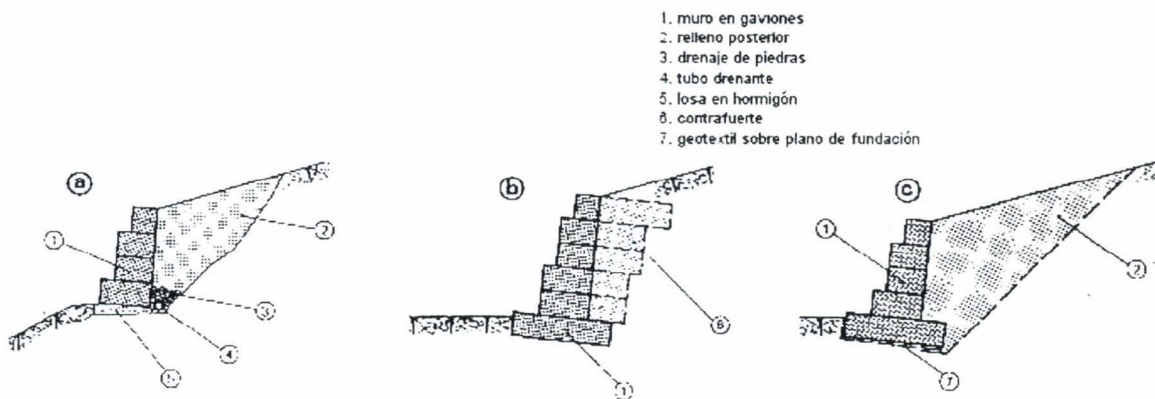
Los muros con escalones externos resultan más favorables desde el punto de vista estático.

En virtud de esto, también en el caso del primer tipo de muro citado, es aconsejable la ejecución de pequeños escalones externos de 10 a 20 cm.

3.- **Drenaje:** en comparación con otras obras de contención, los gaviones, debido a su alta permeabilidad, tienen una seguridad adicional en el caso de actuación de un empuje superior al del proyecto.

Para muros inclinados y apoyados sobre una base de concreto, es oportuno colocar tubos drenantes recubiertos por grava, dispuestos atrás de la obra y en la base. A lo largo del muro, se deben colocar dispositivos para conducir el agua por fuera de la obra (ver figura 10.27).

FIGURA 10.27  
ESQUEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE EN LA ESPALDA DE LA ESTRUCTURA



4.- **Contrafuertes drenantes:** el drenaje del terreno puede ser más eficaz con la colocación de contrafuertes en la espalda del muro (ver figura 10.27b). Normalmente, tienen una extensión que coincide con la cuña de máximo empuje, son más largos en la parte superior y disminuyen en las capas inferiores.

Por lo general, su espesor es de 1,0 m, y son colocados a una distancia entre ellos igual a dos veces la altura del muro.

A pesar de que la función principal de los contrafuertes es esencialmente drenante, ejercen también un papel de robustecimiento de la obra y pueden admitirse como estructura de anclaje.

- 5.- **Empleo de geotextil:** en obras realizadas en presencia de suelos finos, cuando puede haber escape de material, se debe poner particular atención en ejecutar el relleno con un material seleccionado para formar un filtro, o prever un filtro natural con una camada de 0,5 m de espesor, con una mezcla de piedra y arena.

Es desaconsejable, en el caso de muro de contención, al contrario de obras marítimas e hidráulicas, el empleo de geotextil, debido a la casi siempre inevitable colmatación del filtro, que aumentaría mucho el empuje contra la estructura. Es aconsejable colocar el filtro geotextil a lo largo de la base del muro, para terrenos de baja capacidad de soporte o sujetos a la saturación de agua (ver figura 10.27c).

- 6.- **Relleno posterior:** se recomienda que el relleno posterior del muro sea ejecutado con material de buena calidad. Si se utiliza un material cohesivo, este debe ser compactado en camadas de 20 cm.

Este procedimiento mejora las características del terreno y minimiza el valor del empuje activo; de esta forma se han ejecutado diversos muros, sin colocación de filtro, y se ha obtenido un resultado satisfactorio.

En este caso, si se inicia alguna fuga de suelo, este se deposita entre el material de relleno de los gaviones, lo cual disminuye el índice de vacíos y, en poco tiempo, se alcanza la estabilización natural del sistema.

## SECCIÓN 10.19 CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE TIERRA ARMADA

1) **Descripción:** los muros de tierra armada están constituidos por una pared de escamas de hormigón, armaduras de acero galvanizado de alta adherencia colocadas en capas horizontales, y material de relleno granular, que constituye un relleno friccionante.

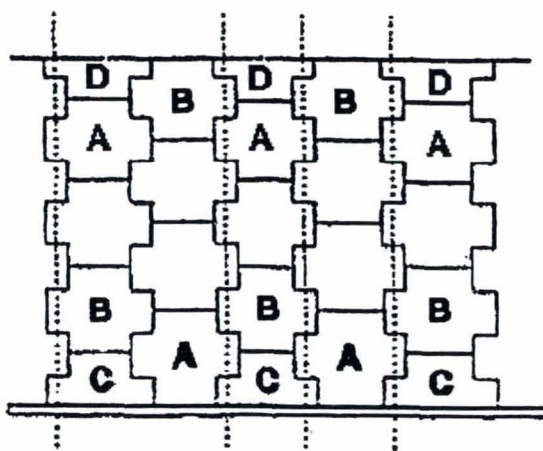
1.1) **Escamas de hormigón:** las escamas que constituyen un paramento de hormigón prefabricado, tal y como se muestra en la figura 10.28, forman una cuadrilla de 1,50 x 1,50 m, dispuestas en forma cruciforme y montadas en filas horizontales.

Estas escamas están machihembradas las unas con las otras por medio de un sistema "barra-tubo" que va ahogado en el hormigón.

Las escamas están dotadas de los siguientes elementos:

- Arranques de acero galvanizado, en los cuales se atornillan las armaduras (un tornillo por arranque)
- La armadura de refuerzo del hormigón prefabricado
- Insertos de izaje, que permiten la presentación de la escama, en posición vertical, durante su colocación.
- Las filas inferior y superior de los parapetos, con escamas de media altura (medias escamas tipo C y D). Ver figura 10.28.

FIGURA 10.28  
DETALLE DE DISPOSICIONES  
DE LAS ESCAMAS



- 1.2) **Juntas entre las escamas:** las escamas quedan separadas por juntas que dan la holgura necesaria para soportar los asentamientos diferenciales que pudiesen ocurrir. Las juntas horizontales podrán ser de corcho aglomerado por una resina insensible al agua, o bien, por tacos de neopreno sólido.

Las juntas verticales serán de poliuretano de sección cuadrada de 4 cm x 4 cm. En las obras marítimas o fluviales, las cuales son sometidas a cambios rápidos en el tirante de agua, se adiciona la protección de un geotextil de 50 cm de ancho, el cual va adherido a la parte posterior de la escama. Si se emplea este tipo de junta, debe especificarse en los planos y especificaciones especiales del proyecto.

- 1.3) **Armaduras de alta adherencia:** las armaduras de acero galvanizado se entregarán debidamente preparadas para su colocación, es decir, cortadas a la medida necesaria y perforadas. Estas armaduras se colocan mientras se realiza el relleno, en capas horizontales cada 75 cm de altura, y su perforación en el extremo permite atornillarla a los arranques de las escamas.

Los arranques, tornillos y armaduras son de la misma aleación, con el objeto de evitar riesgos de corrosión. La resistencia del acero de estos elementos es de  $1.520 \text{ kg/cm}^2$ . En aquellos casos en que las armaduras sean de una longitud tal que se dificulte su transporte, se diseñan seccionadas, y su unión se realiza por medio de dos prolongaciones de acero galvanizado, que se atornillan a las armaduras en sus dos extremos.

- 1.4) **Solera de desplante:** se deberá construir una solera de desplante o de nivelación en hormigón sin refuerzo con una resistencia a la compresión de 100 a  $150 \text{ kg/cm}^2$ , un ancho de 35 cm y una altura de 10 cm. Esta solera tiene como finalidad apoyar las primeras escamas de la fila inferior.
- 2) **Montaje de las escamas:** el montaje de las escamas se efectuará por capas horizontales sucesivas, generalmente sobre toda la longitud de la obra.

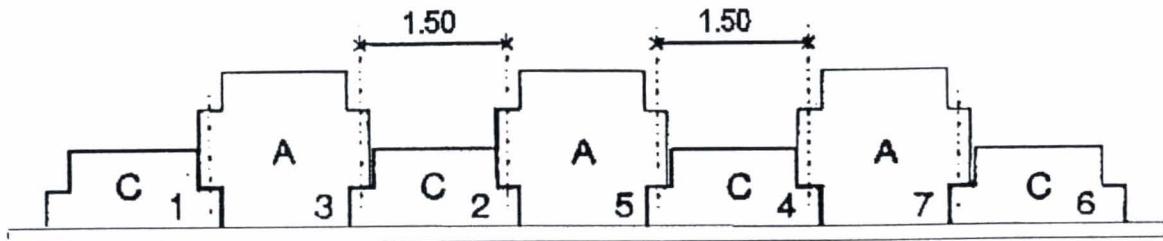
Estas capas horizontales estarán espaciadas cada 75 cm. El montaje de cada capa determinada no deberá empezarse sin que la capa inferior esté terminada en toda su altura. Las escamas de la primera fila (ver figura 10.29) se apoyan directamente sobre el hormigón de la solera de desplante. Su colocación empieza con las “medias escamas” (tipo “C”), entre las cuales se machihembran las escamas enteras tipo “A”.

Después de la colocación de cada escama, conviene verificar, con un escantillón de 1,50 m, la distancia entre “barra-tubo” de las escamas contiguas, a la izquierda y a la derecha, así como también darle un desplome hacia adentro del relleno, de un centímetro a las escamas enteras, y de medio centímetro a las “medias escamas”.

Mientras se espera la colocación de las armaduras, las escamas se sujetan por medio de unos sargentos colocados en la parte alta de las escamas tipo “C”. Después, se quitan los sargentos cuando se haya llegado con el relleno a la parte

de las escamas tipo "C". Si se desea, se pueden dejar apuntaladas las escamas hasta llegar a este nivel.

FIGURA 10.29  
PRIMERA FILA DE ESCAMAS



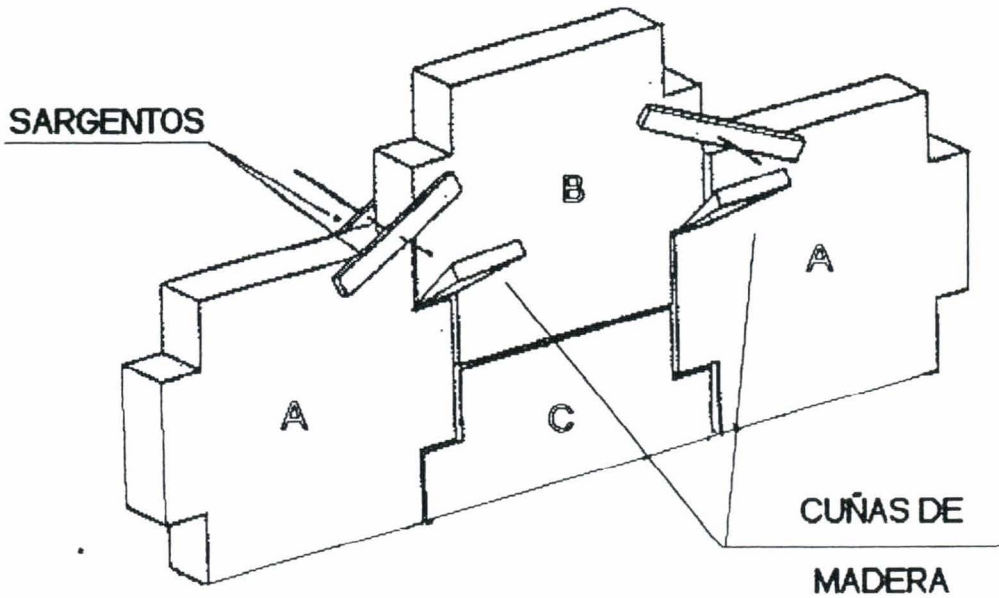
La colocación de las escamas de las filas intermedias (ver figura 10.30) se realiza colocándolas en las almenas constituidas por las escamas de la fila inferior (o sea, una escama cada tres metros).

Siempre que se coloca una escama, debe verificarse la distancia entre "barra-tubo" de las escamas contiguas, con el escantillón de colocación (1,50 metros). Mientras las armaduras son colocadas, las escamas son sostenidas por medio de sargentos, que son elementos de fijación de madera.

2.1) **Nivelación y aplomado de las escamas:** después de colocar cada escama, es necesario nivelarla y aplomarla con la ayuda de pequeñas cuñas de madera (ver figura 10.30), y la verificación de esta operación es de vital importancia para realizar un montaje exitoso.

Conforme se va avanzando en altura, se van quitando las cuñas y los sargentos y luego se van utilizando sucesivamente.

FIGURA 10.30  
APUNTALAMIENTO DE ESCAMAS



- 3) **Colocación de las armaduras:** Las armaduras se colocan perpendicularmente al paramento (escamas), en capas horizontales. Cada armadura se sujeta al arranque correspondiente mediante un tornillo galvanizado.

La nivelación del relleno se efectuará cuidadosamente, para que la armadura se apoye completamente en el terreno.

- 4) **Ejecución del relleno:** el relleno se ejecutará en capas de 37,5 cm de espesor, cuyos niveles correspondan al nivel de los arranques, es decir, al de las armaduras y a las partes altas de las escamas. La nivelación y la compactación de las capas del relleno granular deberán ejecutarse paralelamente al paramento de escamas, de manera que la maquinaria y la movilización del material de relleno no transmita ningún empuje a las escamas.

Los camiones con el material de relleno no deben circular a menos de dos metros del paramento de escamas, con el fin de evitar cualquier desplazamiento de este: así

*mismo, no deberá permitirse el empleo de maquinaria de orugas en contacto directo con las armaduras.*

*La compactación necesaria de las capas del relleno estará determinada por la utilización futura de la obra. Si los asentamientos posteriores del relleno pueden admitirse sin ocasionar daños, basta una compactación ligera; por el contrario, en aquellas obras en las cuales estos asentamientos deben evitarse, el grado de compactación deberá ser igual al del relleno tradicional correspondiente. Para que las escamas no se desplacen en la construcción del relleno, es sumamente importante controlar que los compactadores operen a una distancia de un metro del paramento.*

*La compactación de este metro a la orilla del paramento deberá ser realizada con compactadores manuales.*

*Si el relleno es efectuado en época de invierno, es conveniente dejarlo con una pequeña inclinación hacia el centro, con el propósito de que el agua de lluvia no escurra a la orilla del paramento. También, es muy conveniente usar tubos plásticos en los arranques, para que sirvan como protectores mientras se realizan las labores de colocación y compactación del relleno.*

## SECCIÓN 10.20 CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

- 1) **Definición:** *los túneles viales son galerías que se construyen para dar paso a carreteras conforme a los planos del proyecto y a las indicaciones del Cartel de Licitación.*
  
- 2) **Generalidades:** *existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la construcción de túneles viales, y que son tratados en otros capítulos de este “Manual de construcción”, conceptos que deberán sujetarse, en lo que corresponda, a lo indicado en las secciones correspondientes de las “Especificaciones generales CR-2002”.*
  
- 3) **Ejecución:**
  - 3.1) *El ingeniero entregará al Contratista, por una sola vez, las referencias topográficas para el trazado del túnel. El Contratista efectuará el trazo en el interior de los túneles, y tendrá la obligación de rehacerlo cuantas veces sea necesario, ajustándose a los planos del túnel. El ingeniero verificará ese trazo con la frecuencia que considere conveniente.*
  
  - 3.2) *Los túneles viales se construirán de acuerdo con la forma, sección y dimensiones indicadas en los planos.*
  
  - 3.3) *Los cortes de acceso a los túneles se excavarán hasta una altura de veinte metros, medidos de la subrasante al terreno natural. Los taludes frontal y lateral de los cortes de acceso (portales) deberán tener la inclinación que fijen los planos y las indicaciones del ingeniero.*
  
  - 3.4) *Tanto la maquinaria de construcción y de ventilación, como el método constructivo de ataque, deberán ser seleccionados por el Contratista, bajo su exclusiva responsabilidad.*

3.5) *Generalmente, las excavaciones de los túneles se efectuarán por sus dos bocas. Las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicio a los propios túneles, a los cortes de acceso, ni a los terraplenes de la carretera. El ingeniero determinará si se requiere emplear equipo de bombeo.*

3.6) *Las excavaciones se efectuarán conforme a la sección teórica fijada en los planos del túnel, a cuyo contorno se denominará Línea A, según figura 10.31, fuera del cual no se permitirán salientes del material. El contorno determinado por la tolerancia que se fije en los planos, se denominará Línea B.*

*Cuando la excavación, con adobe o sin él, requiera recubrimiento y sobrepase la Línea B por causas imputables al Contratista, el volumen sobreexcavado deberá ser sustituido por su cuenta, con el material y en la forma que ordene el ingeniero.*

3.7) *Al excavar los túneles viales, se evitará que el material de las paredes y bóvedas se afloje más allá de la superficie teórica fijada en los planos del túnel.*

*Deberán removerse todas las piedras flojas y el material suelto de las paredes y bóvedas de los túneles.*

*Con el objeto de evitar posibles desprendimientos de las paredes y bóvedas de los túneles, se emplearán anclajes o pernos cuyo tipo, espaciamiento y profundidad de anclaje deberán ajustarse a lo indicado en los planos y en el Cartel de Licitación.*

*El material de los derrumbes que se ocasionen dentro del túnel durante la construcción, deberá extraerse de inmediato.*

*Los materiales provenientes de la excavación se dispondrán de la forma indicada en las especificaciones del proyecto o determinada por el ingeniero.*

- 3.8) *La iluminación artificial será eléctrica. Las instalaciones serán a prueba de intemperie, dotadas de pararrayos, y deberán estar acondicionadas de manera que garanticen un nivel de iluminación adecuado y un servicio continuo, en todos los sitios de la obra en que sea requerido. En las “Especificaciones especiales”, se fijará la distancia de la boca a partir de la cual se utilizará la iluminación artificial.*
- 3.9) *Los frentes de ataque deberán ventilarse por medios mecánicos, a partir de una longitud de 60 m medidos de la boca del túnel. Para fines de ventilación, no se permitirá utilizar el aire comprimido destinado a la operación del equipo. El aire que se suministre deberá ser fresco y limpio; para ello, la toma del aire se efectuará prolongando la tubería de conducción como mínimo 15 m fuera de la boca del túnel, a una altura mínima de 5 m del nivel de la subrasante.*

*La boca de la tubería de ventilación deberá quedar, como máximo, a 20 m del frente de ataque.*

*El volumen de aire que se inyecte no deberá ser menor de:*

- a) *Dos metros cúbicos por minuto por cada caballo de fuerza, cuando se utilicen motores de diésel dentro del túnel.*
- b) *Doce metros cúbicos por minuto por cada metro cuadrado de sección del túnel, cuando no se utilicen motores diésel dentro de este.*

*Los motores diésel que se empleen dentro del túnel, deberán estar bien ajustados y tener sus inyectores en buenas condiciones; el combustible que se*

*emplee deberá ser centrifugado antes de cargar los depósitos del equipo. Por ningún motivo se aceptarán motores de gasolina para trabajar dentro del túnel.*

*3.10) El Contratista proporcionará al personal el equipo adecuado para su protección, y será obligatorio el uso de cascos, anteojos inastillables y mascarillas contra el polvo.*

*3.11) Los ademes se construirán en el lugar, de la forma, sección, dimensiones y demás características fijados en los planos o indicados por el ingeniero. Podrán ser de madera, metálicos o de hormigón hidráulico. Cuando se utilicen marcos en general, se observará lo siguiente:*

*a) Se colocarán a la separación fijada y deberán sujetarse a las paredes del túnel, utilizando pernos de anclaje. Además, deberán apoyarse sobre zapatas de madera dura o de hormigón hidráulico.*

*b) Se armarán entre sí, empleando tensores y separadores*

*c) En cada zona del túnel que se requiera un ademe, se utilizarán tres marcos como mínimo, separados entre sí a una distancia de metro y medio, como máximo.*

*d) Se colocarán en plano vertical, normal al eje del túnel en cada caso.*

*e) Los marcos de hormigón hidráulico o de acero deberán tener las características que fijen los planos.*

*f) Cualquier punto de un marco podrá diferir hasta 10 cm con respecto a su posición indicada en planos, como tolerancia en alineamiento, alabeo o desplome.*

*g) La madera para el apuntalamiento se colocará entre el marco y la superficie interior del túnel, hasta obtener una acuñaación entre ambos.*

*Durante la construcción de los túneles, el ingeniero determinará las zonas que sea necesario ademar. Así mismo, el ingeniero determinará, en cada caso, los ademes que puedan ser removidos, y el Contratista procederá al desarmado, estibado y almacenado de las piezas y herraje, en tal forma que se facilite su utilización posterior.*

*3.12) Los túneles deberán excavarse hasta una distancia de 20 m, medida a partir de cada boca del túnel, de acuerdo con la sección con recubrimiento indicada en la figura 10.31 y las dimensiones especificadas en los planos. El ingeniero determinará si se continúa excavando con la misma sección o se cambia a la sección sin recubrimiento indicada en la misma figura; para esto, el ingeniero tomará en cuenta las características del material de las paredes y bóvedas del túnel.*

*Los recubrimientos de los túneles se construirán de acuerdo con las dimensiones y demás características indicadas en los planos, o según las indicaciones del ingeniero, y podrán ser de concreto proyectado o lanzado y de hormigón hidráulico simple o reforzado.*

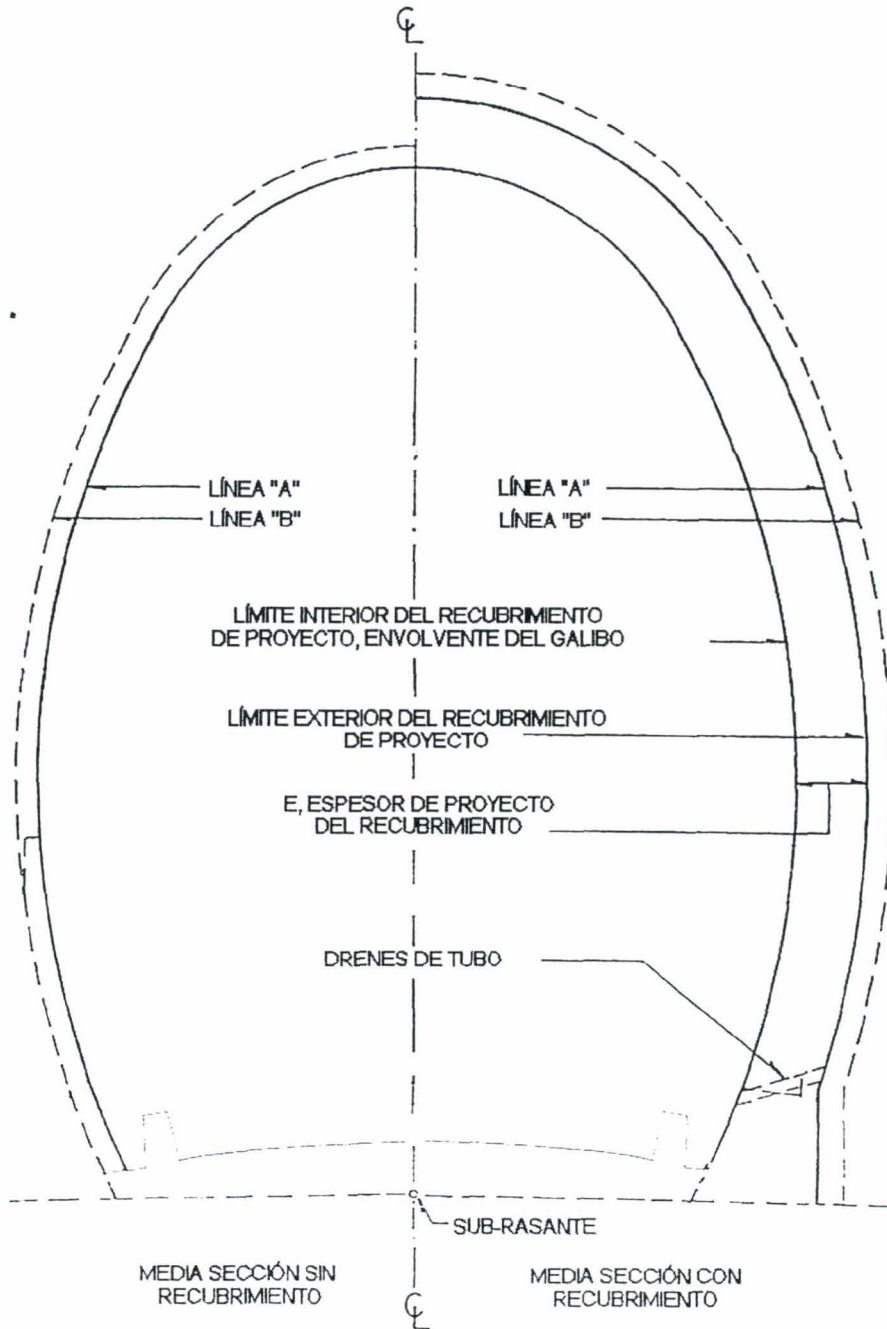
*Para la construcción de los recubrimientos, se observará lo siguiente:*

*a) Cuando no exista ademe:*

- Si la excavación está dentro de la tolerancia indicada en el inciso 3.6, el recubrimiento deberá quedar en contacto con la totalidad de la superficie de paredes y bóvedas.*

- *Si la excavación está fuera de la tolerancia indicada en el párrafo anterior, se efectuará el recubrimiento y, simultáneamente, los huecos de la sobreexcavación se irán retacando con material de relleno.*
  
  - b) *Cuando exista ademe: el recubrimiento deberá ser de hormigón hidráulico, de las características que fijen los planos, y deberá rellenar los huecos existentes entre el propio ademe, y entre este y la totalidad de la superficie de paredes y bóveda.*
  
  - c) *Cuando lo ordene el ingeniero, se construirá un sistema de subdrenaje para desaguar los escurrimientos que aparezcan en paredes o bóveda.*
  
  -
- 3.13) *En los extremos de los túneles, se construirán portales de acuerdo con los materiales, formas y dimensiones que fijen los planos y las especificaciones especiales del túnel.*

FIGURA 10.31  
SECCIÓN TRANSVERSAL DE TÚNEL



# *Anexos*

## **Factores que han de tomarse en cuenta en las operaciones de barrenado y voladura**

### **1) Desarrollo de la técnica de voladuras:**

El empleo de explosivos para voladuras en roca empezó a ponerse en práctica a comienzos del siglo XVII. En Alemania se introdujo la pólvora en minería, donde se había venido utilizando el método de rotura por contracción. Este procedimiento consistía en un calentamiento y subsiguiente riego de agua, produciendo tensiones en la roca con la aparición de fisuras en su estructura; con mazos, punterolas y cuñas se conseguía después su rotura. Este sistema estuvo empleándose en las minas suecas hasta casi finales del siglo XIX.

Cuando Alfred Nobel en el año 1.864 comenzó la fabricación de un aceite explosivo basado en la Nitroglicerina líquida, el producto ganó rápidamente un campo de aplicación sumamente extenso, conquistando el mercado mundial con una velocidad que en aquella época era desacostumbrada. Este nuevo aceite explosivo empezó a elaborarse pronto en fábricas de todo el mundo.

Después de algunos años, Nobel vio que era más conveniente absorber la Nitroglicerina en algún material, con lo que podría realizarse el encartuchado del explosivo. El aceite tenía el inconveniente de que podía penetrar en las fallas y fisuras de la roca, lo que entrañaba riesgos en los trabajos posteriores. El aceite explosivo era incluso sensible al impacto y se solidifica rápidamente a bajas temperaturas. Los primeros cartuchos de Nitroglicerina explosiva se prepararon dejando que la Nitroglicerina fuera absorbida por kieselguhr (también conocida como diatomeas, un residuo silíceo, con aplicación de materiales aislantes, refractorios, etc.). Este primer tipo de explosivo en cartuchos fue seguido por explosivos plásticos, en los que el kieselguhr se sustituyó por Nitrocelulosa. Este fue el material conocido como dinamita, en el cual ciertas proporciones de Nitroglicerina fueron gradualmente reemplazadas por Nitrato Amónico y otras sustancias explosivas.

### **2) Propiedades de los explosivos:**

Para conseguir que un explosivo sea eficiente se exigen determinadas condiciones, ya que es imprescindible que detone completamente bajo circunstancias difíciles, como son: introducido en un taladro, sumergido en agua, etc., y todas las sustancias necesarias para este proceso deben estar incluidas dentro del mismo explosivo, por ejemplo, no puede tomar el oxígeno del aire, como lo hace la gasolina para su combustión.

*Cuando un explosivo detona en un taladro, el proceso resultante desarrolla una gran cantidad de energía por unidad de tiempo, siendo por kilogramo aproximadamente 1/10 de lo contenido en 1 kg. de gasolina, pero con un período de reacción mucho menor y por lo tanto, la energía desarrollada por unidad de tiempo a través del explosivo resulta mucho más elevada.*

*Las características más importantes de un explosivo pueden ser subdivididas en cuatro importantes grupos:*

- a) Efecto explosivo*
- b) Seguridad en el manejo*
- c) Sensibilidad a la iniciación y estabilidad de la detonación*
- d) Almacenaje*

*a) **Efecto explosivo:** se entiende por efecto explosivo la capacidad del mismo para desarrollar un trabajo en determinadas condiciones. Es muy difícil encontrar un concepto único que en este sentido cubra todas las características de los diferentes explosivos. Una forma de comparar éstos, es mediante la potencia del mismo por unidad de peso en lo concerniente a su poder; indicando más adelante cómo calcular la potencia por unidad de peso.*

*Los factores más importantes que tienen influencia en el efecto explosivo podrían ser:*

- Características de los gases producidos durante la explosión*
- Temperatura*
- Volumen*
- Presión*
- Velocidad de detonación del explosivo*

*Se pueden realizar medidas comparativas del efecto de un explosivo, mediante el ensayo del bloque de plomo, haciendo detonar una pequeña cantidad en un cilindro de este material.*

*La capacidad del hueco producido, expresado en centímetros cúbicos, nos da una indicación del efecto explosivo.*

*Otros métodos de medida, incluyendo el mortero balístico, se han usado más ampliamente en los últimos años que el del bloque de plomo.*

También durante los últimos años se han realizado ensayos para determinar el poder de diferentes explosivos con cargas sumergidas que, al detonar, se encuentran suspendidas libremente en el agua y se registra el volumen y presión del gas liberado.

El factor de energía de un explosivo puede ser calculado y se mide usualmente en Tn. m/kg. Los fabricantes normalmente indican la potencia explosiva de sus productos, comparada con la goma pura (explosivo gelatinoso), viniendo expresada su potencia por unidad de peso o de volumen.

Debe tenerse presente que el efecto de un explosivo depende de las características de la roca, así como del esquema de voladura utilizado y el grado de retacado de los barrenos, siendo por tanto la mejor forma de comparar los efectos de los diferentes explosivos, hacer ensayos con voladuras reales.

Una alta velocidad de detonación en un explosivo es vital importancia cuando se utiliza como carga rompedora, tanto en taqueos como en demoliciones, ya que es necesario producir grandes tensiones.

El efecto de la velocidad de detonación en el caso de voladuras normales en roca es motivo de discusión, dado que la experiencia parece demostrar que una alta velocidad es una ventaja cuando se produce en tipos de roca en las cuales la onda de choque tiene un alto poder de propagación, mientras que en rocas blandas y fisuradas los explosivos que liberan mayor cantidad de gases, actúan mejor, a pesar de tener menor velocidad de detonación.

El balance de oxígeno es otro factor importante que debe ser incluido en la composición básica de las sustancias integrantes, puesto que, un defecto de oxígeno produce monóxido de carbono y un exceso del mismo da origen a óxidos de nitrógeno. En orden a evitar que estos gases se formen en grandes cantidades, es necesario usar explosivos equilibrados en oxígeno con una buena mezcla, buen encartuchado y una correcta iniciación.

Dada la importancia que tiene la formación de humos en las labores subterráneas, existe actualmente una gran demanda de explosivos de alta calidad con bajo contenido de gases tóxicos.

El volumen de los gases puede ser calculado a partir de las sustancias que componen el explosivo.

En la práctica se ha comprobado que los problemas de ventilación varían, según el tipo de explosivo utilizado, por ejemplo, un explosivo que produzca un gran volumen de gases, puede formar un tapón tan denso en el frente de trabajo que haga difícil la evacuación y dilución de los

mismos; por tanto con cada explosivo debería proporcionarse un factor o índice que facilitara su elección para un cálculo correcto de la ventilación, sobre todo en voladuras subterráneas.

La experiencia demuestra que el comparar distintos tipos de explosivos basados en resultados de ensayos directos, debe ser realizado con sumo cuidado, ya que existen diferentes puntos de vista, por lo que insistimos en que la estimación más correcta es la obtenida mediante ensayos con voladuras reales. Esto es válido en la estimación del efecto de voladura, tanto en lo concerniente a la potencia como a la composición de los gases.

- b) **Seguridad en el manejo:** una característica esencial que debe poseer todo explosivo es que pueda ser transportado y utilizado de forma segura, sin riesgos para las personas encargadas de su manejo.

Antes de ser aprobados los explosivos son sometidos a múltiples pruebas, siendo una de las principales el ensayo al choque o al impacto, consistente en dejar caer un peso sobre el explosivo desde una cierta altura, determinando así su sensibilidad al impacto.

- c) **Sensibilidad a la iniciativa y estabilidad en la detonación:** los explosivos deben ser fácilmente iniciados y ser estables desde el punto de vista de la detonación. Normalmente un explosivo es iniciado con un detonador, pero ciertos tipos son tan inertes que requieren un poder mayor de iniciación. Los explosivos, tipo ANFO (nagolita) se inician usando como cebo Dynamex (goma) o un detonador potente, y también es frecuente utilizar cordón detonante de carga reforzada a lo largo del barreno. Los explosivos tipo Hidrogeles (slurries) son iniciados por medio de un multiplicador para su cebado, consistente en un explosivo de alta velocidad de detonación. Conviene indicar que el resultado de una voladura depende en gran manera de una correcta iniciación.

La estabilidad en la detonación implica el que, una vez iniciada ésta, no se detenga por ninguna causa hasta que la carga total haya detonado, siendo este requisito difícil de satisfacer, dada la alta velocidad, y la depresión a la que se produce, aunque los trabajos de investigación han producido grandes resultados dentro de esta rama especial de la técnica de los explosivos.

- d) **Almacenaje:** en muchos casos un explosivo se almacena durante largo tiempo, siendo importante que no esté sujeto a cambios que puedan menguar su capacidad de trabajo.

Los explosivos plásticos, llamados Dynamex (gomas), etc. Pueden sufrir un proceso de envejecimiento, debido a la desaparición total o parcial de las burbujas de aire incorporadas en el

explosivo durante su fabricación, implicando esto una mengua de sus características de propagación, aunque el efecto explosivo permanezca inalterado.

Los explosivos plásticos no deben estar sujetos durante su almacenaje a altas temperaturas, dado que pueden ablandarse y la formación de sales en la sustancia explosiva puede penetrar a través de la envoltura de los cartuchos, deformándose y dificultando su utilización.

Los explosivos pulverulentos encartuchados son frecuentemente más sensibles a la humedad durante su almacenaje. En el caso de una atmósfera húmeda o temperaturas extremadamente elevadas, se pueden formar sales sobre los cartuchos endureciéndolos, no existiendo en este caso fenómeno de envejecimiento.

Los explosivos de mezcla pueden en ciertos casos segregarse, por lo cual cambian completamente sus características, si bien los explosivos manufacturados actualmente están fabricados de tal forma que esto no suceda.

Es importante que los polvorines o almacenes de explosivo se mantengan limpios y secos, procurando utilizar en primer lugar los explosivos más antiguos, de tal forma que el tiempo de almacenaje se mantenga.

Las cuatro características más importantes de los explosivos, descritas anteriormente, pueden ser ampliadas con las siguientes:

<b>Característica</b>	<b>Alta</b>	<b>Baja</b>
<b>Aptitud a la propagación</b>	Ventaja: Menor riesgo de interrupción de la voladura	Ventaja: Menor riesgo de autoencendido, por ejemplo, en voladuras submarinas; menor riesgo de vibración del terreno
<b>Densidad</b>	Ventaja: Alta concentración de carga por metro lineal	Ventaja: Buena distribución de la carga, cuando sea necesario
<b>Resistencia al agua</b>	Ventaja: La carga puede realizarse bajo el agua	Ventaja: Se destruye rápidamente por el agua

- **Aptitud a la propagación:** es una característica importante que debe tenerse en cuenta en los trabajos de voladuras. En el caso de una aptitud baja pueden producirse fácilmente

interrupciones en la detonación, si la disposición de los explosivos que constituyen la carga del barreno no es continua; así mismo decrece considerablemente a bajas temperaturas.

Un explosivo con alta aptitud de propagación puede transmitir la detonación por simpatía entre barrenos adyacentes muy próximos. En particular en el caso de terrenos húmedos y roca fisurada es cuando existe un riesgo mayor de autoencendido. En voladuras submarinas, cuyo medio ambiente es ideal para la propagación, no debe utilizarse este tipo de explosivo.

La densidad de un explosivo determina la posible concentración de carga en un barreno; así los de tipo gelatinoso e hidrogeles, de alta densidad, proporcionan elevada concentración de carga por metro de barreno. En el caso de la carga de columna, donde es deseable una menor concentración, es ventajoso utilizar explosivo de menor densidad, como Nabit y Prillit (explosivos pulverulentos).

- **Resistencia al agua:** en voladuras normales son taladros llenos de agua y en circunstancias especiales, es necesario que el explosivo permanezca bajo el agua durante largos periodos de tiempo, siendo las gomas las que normalmente poseen una resistencia mayor al agua, sobre todo encartuchada correctamente. El tipo Dynamex A (tipo goma), está garantizada a la resistencia al agua por periodos de una semana y bajo una relativa alta presión, mientras que un explosivo pulverulento, con encartuchado no impermeable, no está garantizado por más de una hora.

Si los explosivos, tipo ANFO, se introducen en taladros llenos de agua, pueden descomponerse muy rápidamente.

Hoy día existen explosivos con alta resistencia al agua y su elección debe ser determinada para cada tipo de trabajo.

- **Qué sucede en el barreno cuando detona el explosivo?:** durante el periodo de detonación una potente onda de choque se propaga radialmente en el interior de la roca antes de que los gases procedentes de la explosión hayan alcanzado su temperatura y presión más elevada.

En el proceso de rotura, la primera fase se produce cuando la onda de choque -creando al principio un esfuerzo de compresión, seguido de otro de tracción, ampliado por la reflexión desde las superficies libres- produce grietas radiales alrededor del taladro y concentradas

hacia las caras libres. La segunda fase en el proceso de rotura tiene lugar cuando los gases de la explosión penetran en las grietas formadas, rompiendo la roca.

### 3) Métodos de encendido:

Un factor decisivo en el desarrollo de la técnica de voladuras ha sido la elección de un sistema racional y seguro, que produzca la detonación de un explosivo -proceso de iniciación-.

El empleo de la mecha de seguridad, desarrollada por Bickford en Inglaterra en el año 1.840, contribuyó en gran manera a mejorar dicho factor.

El descubrimiento del detonador por Alfred Nobel fue ensombrecido en parte por su éxito en la fabricación de un explosivo casi perfecto. El detonador de micro-retardo ha permitido controlar importantes factores, como son: fragmentación, proyección y vibraciones del terreno al realizar grandes voladuras.

Los métodos de encendido pueden clasificarse en tres importantes grupos:

- a) Iniciación con mecha
- b) Iniciación eléctrica
- c) Cordón detonante

a) **Iniciación con mecha:** se utiliza normalmente para hacer detonar una sola carga, pero anteriormente ha sido ampliamente utilizada en trabajos subterráneos. Es obvio que en grandes voladuras este sistema es inadecuado.

La mezcla de seguridad está formada principalmente por un núcleo de pólvora negra, rodeada por varias capas de hilados, estando bien aislada de la humedad y otros agentes externos por medio de diferentes envueltas de material aislante.

La mecha de seguridad debe poseer un tiempo de combustión bien controlado. Si durante el almacenaje la mecha es dañada por la humedad o por otro agente, puede variar su tiempo de combustión.

Debe evitarse que la mecha entre en contacto con aceite, petróleo (keroseno) y gasolina, ya que el material aislante puede disolverse y producir daños en el núcleo de pólvora negra.

La unión de la mecha a su detonador debe ser realizada con gran cuidado.

La carga superior del detonador es muy sensible a la humedad y por esta razón la unión a la mecha debe realizarse de forma que no penetre agua ni humedad en el detonador, utilizando tenazas especiales. Si se trata de un gran número de detonadores, es preferible realizar el trabajo con una máquina especial de engarzar.

Reglas prácticas para realizar la unión mecha-detonador:

- Realizar un corte recto y limpio en la mecha
- Limpiar cualquier residuo de polvo existente en el detonador
- Introducir la mecha hasta el fondo del detonador –debe quedar en contacto con la carga-
- Realizar la unión muy cuidadosamente –apretar varias veces con las tenazas-
- En caso de barrenos con agua, aislar la unión entre el detonador y la mecha con grasa o, como otra alternativa, presionar con los dedos la mecha para empujar el compuesto aislante hacia la junta.

La mecha de seguridad puede ser iniciada con una cerilla o utilizando encendedores especiales de mecha. Desde el punto de vista de seguridad, debe utilizarse una mecha de aviso que sea de una longitud de 0,60 m. más corta que la mecha menor existente en la voladura.

El encendido de un gran número de mechas desde un mismo punto puede realizarse utilizando cordón de ignición con conectores; un conector se acopla al final de la mecha, la cual queda unida al cordón de ignición que puede ser encendido con una cerilla. Se pueden iniciar varias mechas al mismo tiempo usando un conector múltiple, que consiste en un manguito de cartón con la carga de ignición colocada en el fondo.

- b) **Iniciación eléctrica:** la enorme ventaja de la iniciación eléctrica es que cada detonador por separado y la pega completa pueden ser comprobados antes de realizar la voladura.

Al contrario de lo que sucede con la iniciación con mecha, el momento de la detonación está siempre bajo control.

Un detonador eléctrico instantáneo actúa tan pronto como recibe la corriente eléctrica de encendido. Salvo los componentes eléctricos, un detonador de este tipo está diseñado en principio de la misma forma que un detonador ordinario.

Los detonadores micro-retardo disponen de un elemento retardador que les permite detonar un diferentes intervalos de tiempo entre los distintos números.

Un detonador de retardo tiene 500 ms. de tiempo de intervalo entre dos números consecutivos. Este tipo de detonador se utiliza en voladuras en túneles, donde, debido a la constricción de los barrenos, puede ser ventajoso un mayor intervalo desde el punto de vista técnico.

La posición de los números de los diferentes detonadores en una pega (esquema de encendido), es muy importante.

c) **Mecha detonante:** este cordón o mecha detona con una velocidad de 6.000-6.500 m/s aproximadamente y se inicia por medio de un detonador; a su vez la mecha detonante actúa como iniciador de la mayor parte de los explosivos, recomendándose su uso bajo los siguientes aspectos:

- Donde el encendido eléctrico no está admitido
- Como suplemento de la iniciación eléctrica en condiciones difíciles -profundidad, barrenos rotos y delicados
- En la iniciación de cargas alargadas en barrenos profundos, donde normalmente se encuentran unidas al cordón.
- En voladuras de hileras múltiples. El retardo entre hileras puede obtenerse usando elementos especiales de retardo, tipo relés.

El cordón detonante es relativamente sensible a la humedad y por esta razón debe ser manipulado durante la operación de carga de forma que la protección aislante no sea dañada. Si se utiliza en un barreno con agua, los terminales del cordón deben ser aislados con el fin de evitar la entrada de la misma, principalmente en grandes profundidades donde existen altas presiones.

#### 4) La seguridad en los trabajos de voladura:

a) **Competencia del personal:** con relación a la seguridad, es sumamente importante que el personal empleado posea la experiencia práctica necesaria, y una buena suma de conocimientos, sobre el trabajo de voladura. Ciertas características que debe reunir el personal empleado en trabajos de voladura son las de responsabilidad, pulcritud, y buen juicio.

El supervisor o capataz debe comprobar de una u otra forma que el personal empleado en trabajos de voladura posee los conocimientos necesarios para realizar su trabajo con seguridad, remediando cualquier defecto en este sentido por medio del correspondiente adiestramiento. A la

hora de elegir entre diversos métodos de voladura, el supervisor o capataz debe tomar en consideración la competencia del personal de que dispone en relación a cada uno de ellos.

Para trabajar en condiciones de seguridad es importante que el supervisor o capataz tenga la competencia necesaria para la dirección de las operaciones, y el jefe de voladuras debe asimismo ser lo suficientemente competente para dirigir los trabajos sobre el terreno.

- b) **Planificación de las operaciones de voladura:** cuando se efectúan voladuras junto a edificios, vías de tráfico, instalaciones, u otros servicios, de forma que puede existir algún riesgo de daños, el trabajo ha de ser dirigido por una persona competente de acuerdo con un plan de tiro predeterminado. Este plan ha de incluir la información necesaria sobre las operaciones de perforación, carga, protección, y encendido proyectadas, así como las medidas relativas a la evacuación y vigilancia del escenario de la voladura. El plan de tiro ha de conservarse en este lugar, y sus especificaciones han de ser transmitidas a las personas empleadas en el trabajo en cuestión.
- c) **Evacuación y vigilancia del lugar de la voladura:** cuando se efectúan voladuras en la proximidad de edificios, carreteras públicas, líneas de energía, y otras instalaciones o servicios en los que exista riesgo de daños materiales o personales, la roca ha de ser saneada con la suficiente extensión, y las cargas han de ser cubiertas con materiales de protección de modo que en el curso de las voladuras no sean proyectadas piedras, tierra, etc. sobre los alrededores.

El jefe de voladuras o su delegado es responsable de garantizar que la zona de peligro ha sido evacuada, y está guardada por un número suficiente de personas con banderas rojas desplegadas (de al menos 30 x 30 cm) cuando vaya a hacerse la voladura. Estas personas están autorizadas para –y tienen obligación de ello– detener a cualquiera que vaya a entrar en la zona de peligro, y deben detener asimismo todo el tráfico que penetre en dicha zona. Los guardas no dejarán sus puestos hasta no recibir la señal correspondiente.

Es preciso comprobar que los guardas están bien instruidos sobre sus obligaciones, y asegurarse de que la zona de peligro ha sido evacuada y están en sus puestos antes de encender la pega.

Los explosivos sobrantes han de ser controlados, y conducidos a un lugar seguro antes de detonar la pega. La maquinaria y el material han de ser retirados o protegidos. Recuérdese que incluso unos daños poco importantes en la maquinaria pueden ocasionar accidentes debidos a las esquirlas producidas, etc.

Las personas que se protejan detrás de un muro deben permanecer pegadas a él. No debe abandonarse un lugar protegido para observar la explosión.

En canteras, etc., en donde se efectúan voladuras de modo regular y es difícil conseguir una evacuación satisfactoria de la zona de peligro, puede ser necesario disponer casetas de refugio en número suficiente. Una zona de trabajo de este tipo debe ser inaccesible a personas no autorizadas en la extensión que sea precisa.

Cuando las voladuras son subterráneas, es preciso colocar guardas en las carreteras y senderos que lleven hacia el lugar de las mismas y en zonas en las que haya peligro de que la onda se propague o de que se desprendan piedras, etc., por efecto de las vibraciones del terreno asociadas a la voladura.

En lugares subterráneos especiales en donde la voladura no afecte otros trabajos ni rutas de transporte, éstas pueden llevarse a cabo sin necesidad de colocar guardas siempre que se bloqueen los accesos y se instalen señales claras de aviso. La persona responsable de la voladura lo es también del bloqueo de dichos accesos.

- d) **Retorno al lugar de la voladura:** nadie, con la única excepción del jefe de voladuras o su delegado, puede volver al lugar de ésta antes de que se dé la señal de retorno.

Cuando la voladura ha tenido lugar y no existe ya más peligro, este hecho ha de ser establecido por la misma persona que dio la señal de aviso, es decir, el jefe de voladuras o su delegado.

Cuando se produce la voladura, las cargas que detonan deben ser contadas, a ser posible por más de una persona, si ello es factible. Si existe alguna razón para sospechar que ha ocurrido algo anormal, que una carga no ha detonado o lo ha hecho después de lo previsto, que la mecha no ha tenido tiempo de quemarse, etc., nadie puede retornar al lugar de la voladura hasta 5 minutos después del momento en que la explosión debería haber ocurrido. En el caso de encendido con mechas, y usando longitudes superiores a 2 metros, este lapso de tiempo ha de ampliarse hasta 10 minutos como mínimo.

Si se observa un gas marrón o amarillo de olor penetrante y se oye un sonido siseante, la carga puede haber comenzado a quemarse en vez de detonar, y existe el peligro de una explosión retardada.

*En voladuras subterráneas debe dejarse el tiempo suficiente para ventilación y disipación de los gases antes de retornar al frente de trabajo. Si se riega con agua el montón de roca volada puede dispersarse con mayor rapidez los gases y el polvo.*

*Antes de dar la señal de retorno, el jefe de voladuras debe examinar rigurosamente el lugar y comprobar si existen algunas cargas residuales que sean visibles. Los detonadores que no han hecho explosión pueden ser detectados observando si hay cables aparentemente intactos. Antes de reanudar el trabajo en la zona, debe hacerse un cuidadoso saneo de la roca.*

*La siguiente tabla, tomada de un catálogo de productos de Nitro Nobel, indica los explosivos comerciales usados con mayor frecuencia.*

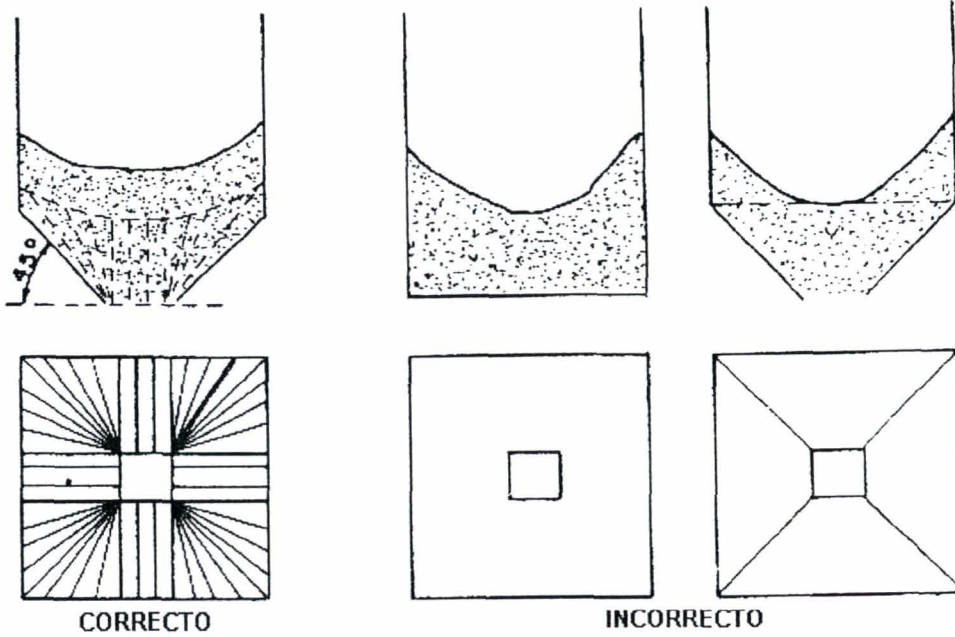
## PRODUCTOS EXPLOSIVOS

Tipo	Clase de transporte	Peso por unidad de volumen Kg/l	Potencia por unidad de peso % de D x B (*)	Velocidad de detonación (confinado) m/s	Aptitud a la propagación a + 20 °C (no confinado) cm
<b>Explosivos gelatinosos:</b>					
Dynamex A (D x A)	D	1,4	102	5.000	10
Dynamex B (D x B)	D	1,4	100	5.500	10
Carga conformada A (N x C)	D	1,4	102	7.000	10
Carga conformada B	D	1,4	100	6.300	10
<b>Explosivos pulverulentos</b>					
Nabit A	D	1,2	96	3.500	2
Gurit A	D	1,3	74	4.000	30 (**)
<b>Explosivos <i>sin</i> nitroglicerina:</b>					
Reomex A	D	1,2	95	4.000	---
Reomex B	D	1,1	77	4.000	---
Startex A	D	1,5	92	6.800	---
Prillit A	D	0,9	88	2.400	---
Prillit B	D	0,9	95	2.300	---
Prillit D	D	1,1	88	2.500	---
Reolit A	D	1,5	102	4.500	---
Reolit B	D	1,5	72	5.000	---
Reolit C	D	1,5	75	5.000	---
Reolit D	D	1,5	72	5.000	---
Reolit E	D	1,0	65	4.000	---

(\*) Peso por unidad de volumen de Dynamex es 78%, aproximadamente de blasting gelatina.

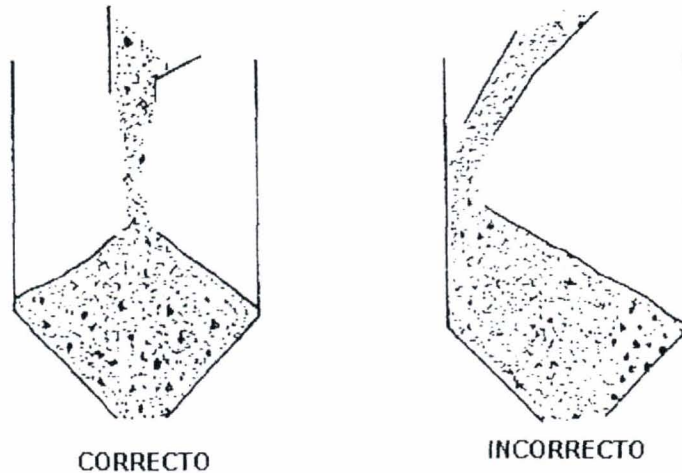
(\*\*) Ensayo realizado con cartuchos de 25 mm de diámetro.

### FORMA DE LOS FONDOS DE LAS TOLVAS DE AGREGADOS



El fondo debe tener un ángulo de 45° con respecto a la vertical. Las esquinas interiores deben cegarse y redondearse.

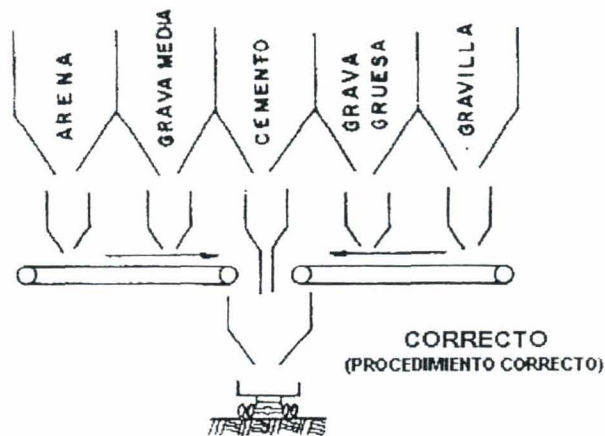
Evítese los fondos planos en las tolvas o aquellos que no dejen que el material corra rápidamente por la salida sin recurrir al paleado.



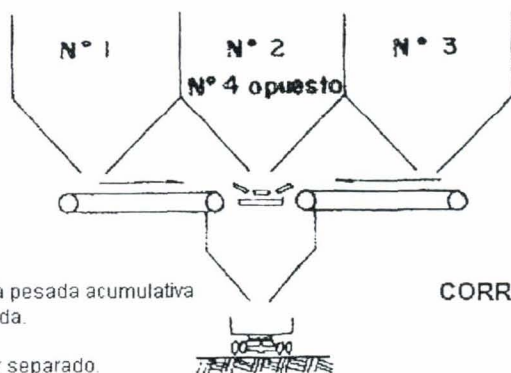
Déjese caer el material verticalmente encima de la descarga.

Evítese que el material entre a la tolva por medio de canaletas que formen ángulo con la vertical.

EQUIPO DOSIFICADOR DE COLADAS



Pesada, por separado automático, de los ingredientes que son llevados a la báscula por medio de bandas transportadoras.

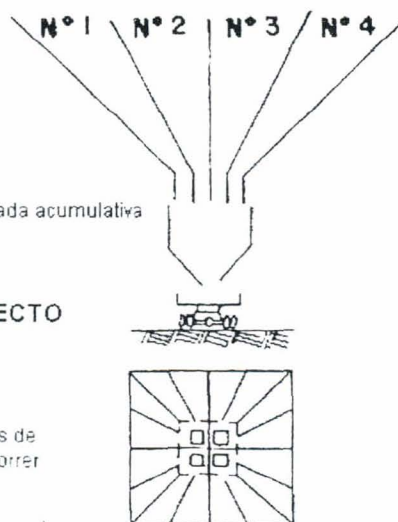


Equipo dosificador de la pesada acumulativa de ingredientes de colada.

El cemento se pesa por separado.

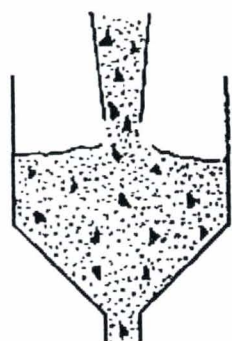
Equipo dosificador de la pesada acumulativa de ingredientes de colada.

INCORRECTO



Evítese agrupamientos muy cerrados de las descargas de las tolvas así como que los materiales tengan que recorrer tiros muy prolongados.

### MANERA DE CARGAR TOLVAS CON HORMIGÓN



**CORRECTO**

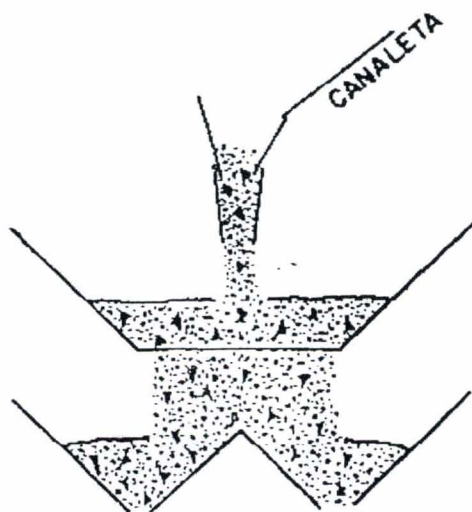
DÉJESE CAER EL HORMIGÓN DIRECTAMENTE SOBRE LA VÁLVULA DE DESCARGA.



**INCORRECTO**

EVÍTESE DEJAR CAER EL HORMIGÓN SOBRE LAS PAREDES EN PENDIENTE DE LA TOLVA.

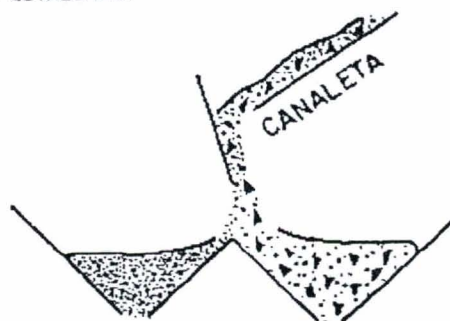
### EMBUDOS PARA HORMIGÓN



**CORRECTO**

ÚNICO MÉTODO ACEPTABLE SI ES PRECISO UTILIZAR VARIOS EMBUDOS PARA HORMIGÓN.

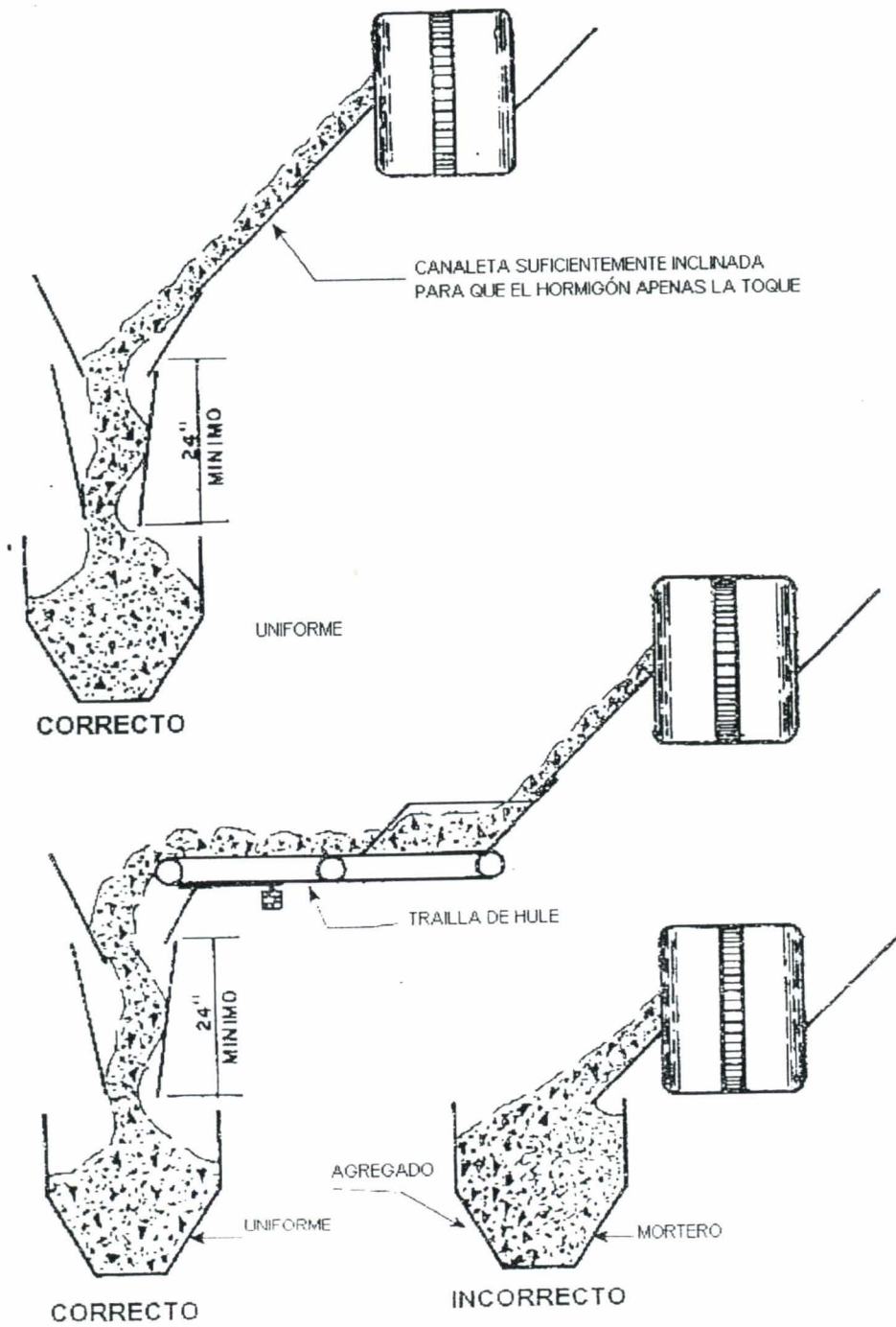
ABERTURA LONGITUDINAL CON COMPUERTAS DOBLES LARGAS Y ESTRECHAS.



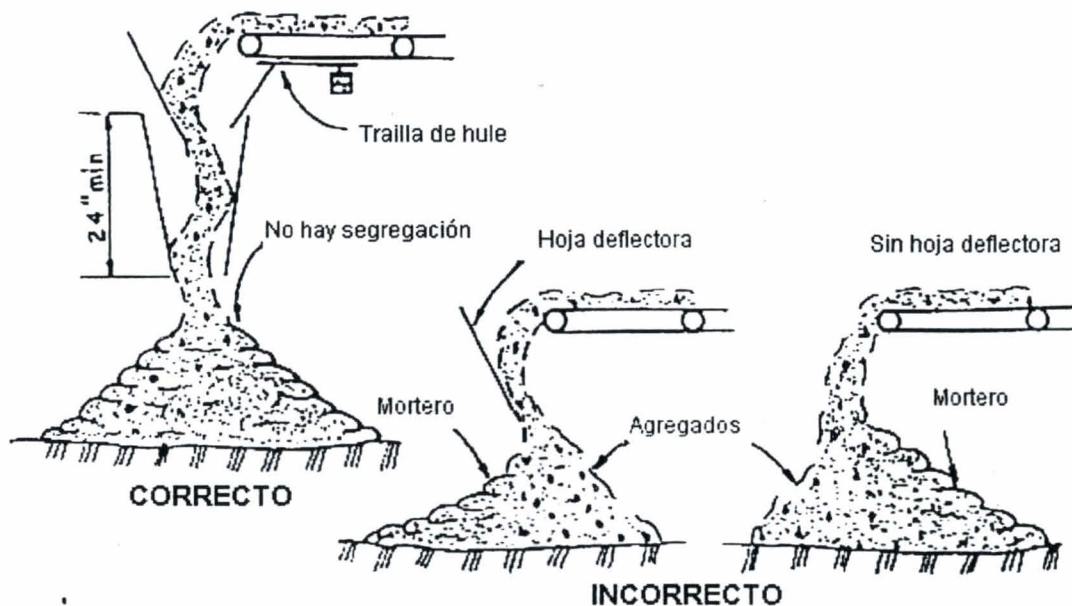
**INCORRECTO**

RESULTA INEVITABLE LA SEGREGACIÓN EN EL HORMIGÓN QUE SALE DE CUALQUIERA DE LAS COMPUERTAS DE DESCARGA.

### MANERA DE EVITAR LA SEGREGACIÓN DEL HORMIGÓN AL DESCARGARLO DE LA MEZCLADORA



### MANERA DE EVITAR LA SEGREGACIÓN DEL HORMIGÓN AL FINAL DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS



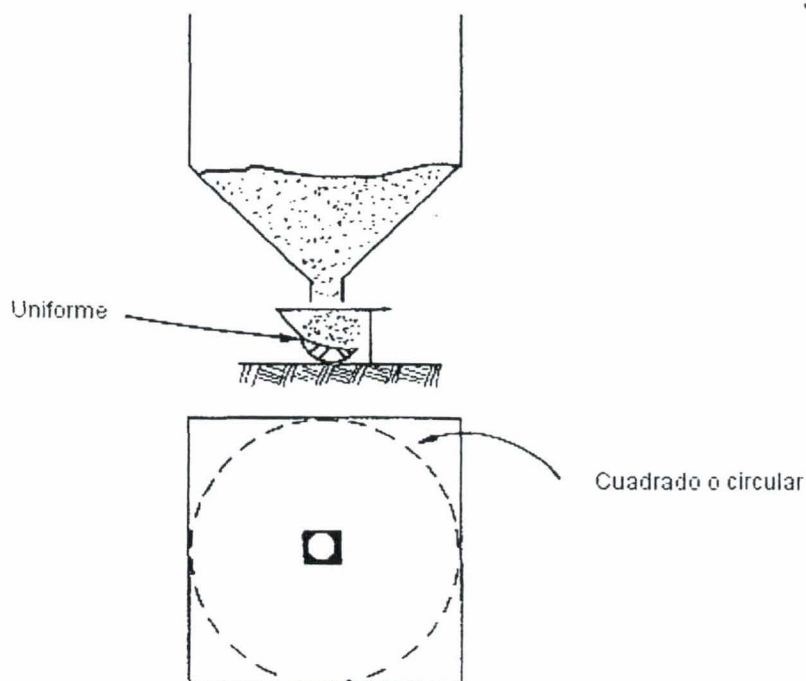
Las hojas deflectoras o los embudos de poco fondo tan solo cambian el sentido de la segregación en el hormigón vertido.

### MANERA DE EVITAR LA SEGREGACIÓN DEL HORMIGÓN AL FINAL DE LAS CANALETAS



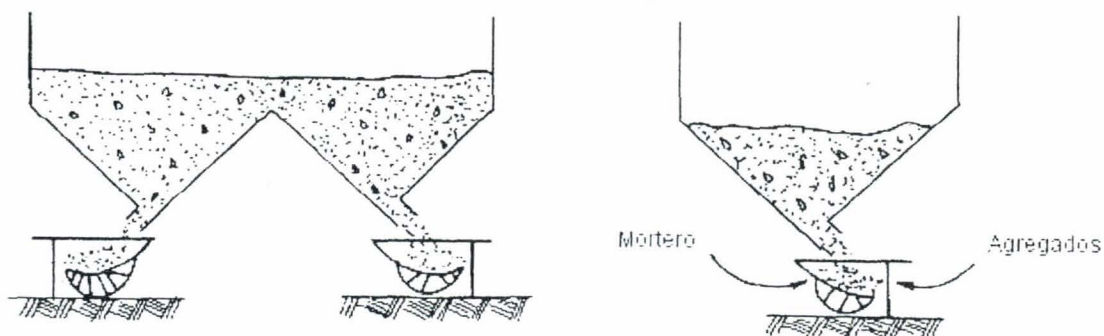
No es aplicable cuando se descarga el hormigón a otra canaleta o banda transportadora.

### TOLVAS PARA CARGAR CALESINES



#### CORRECTO

Debe hacerse que el hormigón caiga verticalmente en el centro del calesín.



#### INCORRECTO

Las compuertas de descarga con pendiente ocasionan la segregación del hormigón