

LIBRO: CTR. CONSTRUCCIÓN

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. CONCEPTOS DE OBRA

TÍTULO: 02. Estructuras

CAPÍTULO: 003. Concreto Hidráulico

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los aspectos a considerar en la fabricación y utilización de concreto hidráulico en estructuras y obras de drenaje, para carreteras de nueva construcción.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El concreto hidráulico es una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. El concreto hidráulico se clasifica en:

B.1. CONCRETO NORMAL

El concreto normal es aquel que se elabora con agregados pétreos densos, para alcanzar una masa volumétrica seca mayor de dos mil (2 000) kilogramos por metro cúbico, una vez compactado.

B.2. CONCRETO LIGERO

El concreto ligero es aquel que se elabora con agregados pétreos de baja densidad, para alcanzar una masa volumétrica seca menor de dos mil (2000) kilogramos por metro cúbico, una vez compactado.

B.3. CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado es aquel que mediante la fuerza controlada de aire a presión a través de una boquilla, se proyecta sobre una superficie a fin de obtener una capa de recubrimiento compacta, homogénea y resistente. El agua de la mezcla se puede incorporar en el momento del mezclado de los agregados pétreos con el cemento Portland y el aditivo, o bien, se pueden mezclar estos materiales en seco, incorporándoles directamente el agua en la boquilla al momento de la colocación.

B.4. CONCRETO CICLÓPEO

El concreto ciclópeo es aquel que está formado por una mezcla cuyos pétreos se componen hasta en un sesenta (60) por ciento por fragmentos de roca con una masa máxima de treinta (30) kilogramos por pieza, que se colocan a mano embebidos en el concreto normal, en su lugar definitivo en la obra.

C. REFERENCIAS

Son referencias de esta Norma, las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Ejecución de Obras.....	N·LEG·3
Concreto Lanzado.....	N·CTR·CAR·1·01·017
Criterios Estadísticos de Muestreo.....	M·CAL·1·02

D. MATERIALES

- D.1.** Los materiales que se utilicen en la elaboración de concreto hidráulico, cumplirán con lo establecido en las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

- D.2.** El agua estará limpia y libre de materia orgánica o de cualquier otra sustancia que afecte la calidad del concreto.
- D.3.** Si dados los requerimientos de la obra, se considera necesaria la utilización de aditivos o fibras, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Secretaría. Si el Contratista de Obra propone la utilización de aditivos o fibras, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y pruebas de calidad respectivas, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos o de las fibras.
- D.4.** No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D.1. de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el Contratista de Obra.
- D.5.** Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

E. EQUIPO

El equipo que se utilice para la elaboración y colocación del concreto hidráulico, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

E.1. PLANTAS DE MEZCLADO

Las plantas mezcladoras que se utilicen, contarán como mínimo con:

- E.1.1.** Tolvas y silos para almacenar el material pétreo y el cemento Portland protegidos de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo menos quince (15) minutos sin ser alimentadas, divididas en compartimentos para almacenar los agregados pétreos por tamaños.
- E.1.2.** Dispositivos que permitan dosificar los agregados pétreos por masa, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida; sólo en casos excepcionales y cuando así lo apruebe la Secretaría, se podrán dosificar por volumen. Los dispositivos deben permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento para obtener la dosificación aprobada por la Secretaría.
- E.1.3.** Dispositivos que permitan dosificar el cemento Portland por masa, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento.
- E.1.4.** Dispositivos que permitan dosificar el agua, con una aproximación de más menos uno (± 1) por ciento de la cantidad requerida y los aditivos con una aproximación de más menos tres (± 3) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento. En el caso del agua y los aditivos líquidos, pueden medirse por volumen con una precisión aceptable.
- E.1.5.** Cámara mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- E.1.6.** Un dispositivo de suma acumulada, sin restitución, para contar correctamente el número de bachas producidas durante su operación.

E.2. REVOLVEDORAS

Las revolvedoras contarán como mínimo con un tanque dosificador de agua debidamente calibrado y con dispositivo de

cierre; un aditamento para cerrar automáticamente la tolva de descarga y evitar que se vacíe, antes de que los materiales hayan sido mezclados. Las revolventoras serán capaces de girar a una velocidad tangencial periférica aproximada de un (1) metro por segundo.

E.3. VIBRADORES

Los vibradores serán del tipo, frecuencia y potencia, de acuerdo con el elemento por colar, para obtener un concreto compactado con textura uniforme y superficie tersa en sus caras visibles; considerando las características descritas en las Tablas 1 y 2 de esta Norma.

TABLA 1.- Características generales de los vibradores

Tipo	Frecuencia recomendable rpm (min)	Elemento vibratorio		Capacidad de consolidación m ² /h	Número de operarios
		Longitud cm	Diámetro cm		
Cabeza de inmersión, de operación manual ^[1]	9 000	Hasta 34,3	2,2-4,4	1,5-3,8	1
Cabeza de inmersión, de operación manual ^[1]	9 000	25,4-50,8	4,8-6,4	3,8-15,3	1
Cabeza de inmersión, de operación manual ^[1]	7 000	25,4-71,1	6,0-7,6	11,5-19,1	1
Cabeza de inmersión, montados en grupo ^[2]	7 000	25,4-71,1	6,0-7,6	--	1
Tubo de inmersión, unido a una extendidora ^[2]	5 000	Hasta 760	7,5	--	1
De superficie, discos o reglas ^[3]	3 000	Hasta 1282 × 0,45	--	--	2
De superficie, disco giratorio	1 800	--	--	--	1

[1] Los vibradores de cabeza de inmersión pueden ser de transmisión de eje flexible, de tipo de motor eléctrico o de gasolina. Los tipos de motor a la cabeza pueden ser eléctricos o neumáticos.

[2] Los tubos vibratorios pueden consistir de 5 unidades separadas, que cubran anchos de losa de 7,5 m.

[3] El vibrador de superficie está unido a la extendidora.

TABLA 2.- Aplicaciones recomendables para vibradores

Tipo de vibrador	Aplicaciones
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 9 000 rpm y 34,3 cm de longitud.	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto plástico, trabajable en miembros muy delgados y sitios confinados, y para fabricación de especímenes para ensayos de laboratorio. • Conveniente como auxiliar de vibradores mayores en concretos presforzados, donde los cables y ductos causan congestión en las cimbras.
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 9 000 rpm y longitud de 25,4 a 50,8 cm.	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto plástico, trabajable en muros delgados, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos y techos ligeros, cubiertas ligeras de puentes y a lo largo de las juntas de construcción.
Cabeza de inmersión, de operación manual. De 7 000 rpm y longitud de 25,4 a 71,1	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto plástico, trabajable con menos de 7,5 cm de revenimiento en construcción general, tal como muros, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos pesados, cubiertas de puente y losas de techo. • Vibración auxiliar adyacente para cimbras de concreto masivo.
Cabeza de inmersión, montados en grupo.	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto para losas, pueden unirse a la extendidora o a un equipo separado.
Tubo de inmersión, unido a máquina extendidora	<ul style="list-style-type: none"> • Concretos para losas, para toda la profundidad, dependiendo del número de unidades y profundidad de inmersión.
De superficie, discos o reglas	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto para losas menores de 30 cm de espesor, para ahogar cantos rodados de 10 cm máximo y compactar superficies horizontales. Efectiva a una profundidad máxima de 30 cm aproximadamente.
De superficie, disco giratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto con superficies expuestas a desgaste, con 5 cm de revenimiento, en pisos pesados, rampas, plataformas, losas de puente y losas de cubierta, ductos y canales. • También se usa en superficies de concreto expuestas al desgaste, para integrarlas con agregado graduado ya sea metálico o natural, para obtener superficies más duras.

E.4. CAMIONES DE VOLTEO

Serán vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la pérdida de agua del concreto.

E.5. CAMIÓN MEZCLADOR O AGITADOR

Será capaz de producir, mantener y descargar una mezcla uniforme sin provocar segregación.

E.6. CANALES O TUBOS

Serán de acero, de madera forrada con lámina metálica o de otro material que apruebe la Secretaría. Contarán con deflectores que obliguen al chorro de concreto a incidir verticalmente sobre el siguiente tramo de canalón o tubo, sin producir segregación.

E.7. BOMBAS

Con la capacidad para bombear el concreto con un flujo continuo hasta la altura requerida.

F. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

G. EJECUCIÓN**G.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Para la elaboración y colocación de concreto hidráulico, se considerará lo señalado en la Cláusula D. de la Norma N·LEG-3, *Ejecución de Obras*.

G.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se colocará concreto hidráulico:

- G.2.1.** Cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo. En caso de que se presente una lluvia durante la colocación, se protegerán convenientemente las superficies del concreto fresco, para evitar deslaves o defectos en el acabado.
- G.2.2.** Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco (5) grados Celsius, salvo en aquellos casos en que se apliquen procedimientos o se utilicen aditivos que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.2.3.** Cuando la evaporación sobre la superficie del concreto sea mayor de un (1) kilogramo por metro cuadrado por hora, determinada de acuerdo con las recomendaciones de la

Portland Cement Association (PCA), a menos que se levanten rompevientos para proteger el concreto hidráulico y lo apruebe la Secretaría.

G.3. PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

- G.3.1.** Los materiales pétreos, el cemento Portland, los aditivos y las fibras que se empleen en la elaboración de concreto hidráulico, se mezclarán en las proporciones necesarias para producir un concreto homogéneo, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría; si es necesario, las dosificaciones se ajustarán en obra ante cambios en los agregados pétreos o por el efecto de temperatura en el sitio, entre otros factores, para que la mezcla cumpla con dichas características.
- G.3.2.** El proporcionamiento se determinará en el laboratorio para obtener las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. Esta determinación será responsabilidad del Contratista de Obra.
- G.3.3.** Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de agregados pétreos, el cemento Portland, los aditivos y las fibras, utilizados en la elaboración de concreto hidráulico, no se obtiene un concreto con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

G.4. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

- G.4.1.** Inmediatamente antes del colado del concreto hidráulico, toda la superficie por cubrir estará debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo o grasa. No se permitirá el colado sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.
- G.4.2.** Si así lo indica el proyecto o aprueba la Secretaría, la superficie por cubrir se mantendrá húmeda desde el momento en que se termine la limpieza, hasta la colocación del concreto hidráulico.

G.5. OBRAS FALSAS, CIMBRAS Y MOLDES

- G.5.1.** El diseño de las obras falsas, cimbras y moldes será responsabilidad del Contratista de Obra y las construirá para cumplir con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.5.2.** Las cimbras y moldes serán del material indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.5.3.** Para reducir la altura de una obra falsa, ésta puede desplantarse sobre terraplenes construidos para tal objeto, previa autorización de la Secretaría.
- G.5.4.** El número de usos que se le dé a las obras falsas, cimbras y moldes, será responsabilidad del Contratista de Obra, siempre y cuando se cumpla con la calidad de la obra.
- G.5.5.** Si el proyecto no indica otra cosa o así lo aprueba la Secretaría, en los apoyos de la obra falsa se usarán cuñas de materiales duros o cualquier otro dispositivo adecuado, con objeto de corregir cualquier asentamiento que se produzca antes, durante o inmediatamente después del colado.
- G.5.6.** Las obras falsas que no puedan cimentarse satisfactoriamente por apoyo directo sobre el terreno, descansarán en zapatas o pilotes cuya posición, hincado y remoción se harán según lo fije el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.5.7.** Cuando así lo establezca el proyecto o lo apruebe la Secretaría, la obra falsa se apoyará sobre elementos de una subestructura o superestructura.
- G.5.8.** Una vez terminada la construcción de las obras falsas, cimbras o moldes, se revisará que cumplan con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.5.9.** La Secretaría, a su juicio, podrá verificar los desplantes, niveles, contraflechas y en general, todos los elementos geométricos de las obras falsas, cimbras y moldes.
- G.5.10.** Las obras falsas, cimbras y moldes tendrán la rigidez suficiente para evitar deformaciones debidas a la presión del

concreto, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones correlativas al colado o que puedan presentarse durante la construcción. Además las cimbras y moldes, serán estancos para evitar la fuga de la lechada y de los agregados finos durante el colado y el vibrado.

G.5.11. Las cimbras y moldes se limpiarán antes de una nueva utilización. La parte de las cimbras y moldes expuesta al concreto, recibirá una capa de aceite mineral o de cualquier otro material desmoldante aprobado por la Secretaría.

G.5.12. Todas las cimbras y moldes se construirán de manera que puedan ser retirados sin dañar el concreto. Cuando se considere necesario se dejarán aberturas temporales en la base y otros lugares de las cimbras o moldes, para facilitar su limpieza, inspección y la colocación del concreto.

G.5.13. No se permitirá el colado en cimbras o moldes con juntas que presenten aberturas mayores de diez (10) milímetros; en este caso, las juntas serán calafateadas con un material adecuado que garantice un buen sello, que resista sin deformarse o romperse el contacto con el concreto y que no produzca depresiones ni salientes mayores que las tolerancias geométricas que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría. En el caso de concreto aparente, las cimbras o moldes se ajustarán perfectamente y no se permitirá calafatear sus juntas.

G.5.14. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, todas las aristas de los moldes llevarán un chaflán que consistirá en un triángulo rectángulo con catetos de dos coma cinco (2,5) centímetros.

G.5.15. Durante y después de las operaciones del vaciado del concreto, el Contratista de Obra inspeccionará la obra falsa, cimbra o molde, para detectar deflexiones, pandeos, asentamientos o desajustes.

G.5.16. En el caso de moldes de madera, no se aceptará el uso de piezas torcidas; cuando vayan a trabajar a tensión no tendrán nudos.

G.5.17. Los separadores de madera, no se dejarán ahogados en el concreto. Las varillas o tirantes usados para afianzar los

moldes, pueden quedar ahogados en el concreto y cortarse a no menos de tres (3) centímetros hacia el interior de las caras amoldadas del concreto. El agujero practicado se resanará con mortero de cemento hasta dejar una superficie lisa, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

G.5.18. Cuando como moldes de columnas, pilastras, pilotes y otros se utilicen tubos de cartón comprimido, éstos se colocarán con la obra falsa necesaria para conservar su verticalidad.

G.5.19. En el caso que se utilicen tubos de cartón comprimido para aligerar losas y a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, se colocarán aproximadamente al centro del peralte de la losa con una tolerancia de mas menos un (± 1) centímetro, firmemente asegurados para evitar que floten al colocarse el concreto. Los extremos de los tubos se taparán para evitar la entrada del concreto. Se colocarán de manera que durante el vibrado se evite tocar los tubos con el vibrador.

G.6. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

G.6.1. El procedimiento que se utilice para la elaboración del concreto hidráulico es responsabilidad del Contratista de Obra, quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que el concreto cumpla con los requerimientos de calidad establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría y atenderá lo indicado en la las Normas aplicables del Título 02. *Materiales para Concreto Hidráulico*, de la Parte 2. *Materiales para Estructuras*, del Libro CMT. *Características de los Materiales*.

G.6.2. El concreto podrá ser elaborado en planta o en obra, siempre que ahí se cuente con el equipo apropiado para producir un concreto con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

G.6.3. Durante la producción del concreto, el Contratista de Obra contará en el lugar con todos los materiales, equipo y personal necesarios para el colado del elemento de que se trate.

- G.6.4.** Cuando así lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría, los agregados pétreos se protegerán de cambios de contenido de agua o bien, se ajustará la cantidad de agua necesaria para la mezcla ante dichos cambios. Si los agregados son regados con agua antes de su utilización, serán drenados el tiempo suficiente para obtener un contenido de agua uniforme. El tiempo de drenaje de los materiales será de:
- Ocho (8) horas para arena.
 - Cinco (5) horas para grava menor de diecinueve (19) milímetros ($\frac{3}{4}$ in).
 - Tres (3) horas para grava entre diecinueve (19) milímetros ($\frac{3}{4}$ in) y treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros ($1\frac{1}{2}$ in).
- G.6.5.** Cuando el proyecto indique la utilización de aditivos o fibras, se observarán las recomendaciones del fabricante para su incorporación al concreto, cuidando que la mezcla del concreto sea uniforme en composición y consistencia en toda su masa, durante todo el proceso hasta su vaciado.
- G.6.6.** Durante el proceso de producción no se cambiará de un tipo de concreto a otro, hasta que la mezcladora o las tolvas de la planta hayan sido vaciadas completamente y los depósitos de alimentación de los agregados pétreos sean cargados con el nuevo material, si esto es necesario.
- G.6.7.** La mezcla no debe permanecer más de veinte (20) minutos en la revolvedora después de terminado el mezclado; si por algún motivo la revoltura permanece dentro de la revolvedora más de veinte (20) minutos después del mezclado, se desechará y no será objeto de medición y pago. Si por alguna razón la mezcla no fue vaciada inmediatamente después del mezclado, antes de vaciarla, se volverá a mezclar por lo menos durante un (1) minuto.
- G.6.8.** El contenido de la revolvedora se retirará por completo del tambor antes de que los materiales para la siguiente revoltura sean introducidos en el mismo.
- G.6.9.** Cuando se suspenda el trabajo de una revolvedora por más de treinta (30) minutos, se lavará la tolva, el tambor y los canales, retirando completamente los residuos de concreto antes de volver a utilizarla.

G.6.10. En el caso de que el concreto se dosifique y fabrique manualmente en la obra, para la construcción de elementos no estructurales, cuando una parte de la revoltura se seque o comience a fraguar o haya transcurrido mas de una (1) hora al momento de su colocación, la mezcla se desechará y no será objeto de medición y pago.

G.6.11. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad del concreto hidráulico difiere de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el Contratista de Obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

G.7. TRANSPORTE DEL CONCRETO

G.7.1. El concreto será transportado por el Contratista de Obra al sitio de colado, con la trabajabilidad requerida y evitando su contaminación, utilizando métodos y equipos que prevengan la segregación o pérdida de ingredientes.

G.7.2. Las carretillas sólo se podrán utilizar para transportar volúmenes reducidos de concreto de consistencia plástica o semiplástica a distancias cortas. Las carretillas estarán provistas de llantas neumáticas para reducir el efecto de las vibraciones

G.7.3. El transporte del concreto en camiones de volteo sólo se permitirá si las cajas son estancas y de forma adecuada, para tiempos de recorrido menores de una (1) hora y cuando las mezclas sean de consistencia plástica o semiplástica

G.7.4. Cuando se emplee un camión mezclador o agitador para transportar el concreto, se llenará como máximo al ochenta (80) por ciento de su capacidad. La descarga del concreto se completará dentro de la hora y media inmediata o antes de que la olla del camión mezclador haya girado trescientas (300) vueltas, lo que suceda primero, después de la incorporación del agua a los ingredientes mezclados.

G.7.5. Los canales o tubos para el transporte del concreto, se dispondrán de manera que prevengan cualquier segregación o clasificación de los componentes de la mezcla. El ángulo de caída será el adecuado para permitir el flujo de la revoltura, sin provocar velocidades excesivas que propicien la segregación. Esta pendiente será constante en toda su longitud y cuando sea necesario cambiar de dirección, se colocarán deflectores que obliguen al chorro de concreto a incidir verticalmente sobre el siguiente tramo de canalón o tubo.

G.7.6. El equipo de bombeo se instalará fuera de la zona de colado, de tal manera que no produzca vibraciones que puedan dañar al concreto fresco. La operación de bombeo se hará con flujo continuo de la revoltura. Para que el concreto pueda bombearse con facilidad, la mezcla será plástica, cohesiva y de consistencia media. Se establecerá un revenimiento óptimo, el cual se mantendrá a lo largo de toda la obra; a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, no se emplearán revenimientos menores a cinco (5) centímetros ni mayores de doce (12) centímetros. Antes de iniciar el bombeo del concreto, se lubricará la tubería mediante el bombeo de un mortero cemento-arena de la misma dosificación que la fijada para el concreto, en un volumen suficiente para recubrir interiormente la tubería, con objeto de facilitar el flujo del concreto. Cuando se suspenda el bombeo durante veinte (20) minutos o al término de cada colado, la revoltura que permanezca en la tubería se removerá y desechará y todo el equipo se lavará. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, el concreto transportado por este procedimiento contendrá un aditivo retardante de fraguado inicial.

G.7.7. En la selección del equipo para transportar el concreto se deberá prever el equipo auxiliar de apoyo, para evitar interrupciones de colado.

G.8. COLADO

G.8.1. A menos que la Secretaría indique otra cosa, inmediatamente antes y durante el colado estará presente un representante suyo para inspeccionar, si así lo juzga necesario, la elevación de los desplantas, la solidez, dimensiones y demás requisitos

de las obras falsas, cimbras o moldes, por lo que el Contratista de Obra dará aviso por escrito a la Secretaría, con una anticipación de veinticuatro (24) horas al colado de cualquier estructura o parte de ella. El concreto que se haya colocado en ausencia de un representante de la Secretaría sin previa aprobación de la misma, será reemplazado si así lo estima conveniente la Secretaría.

- G.8.2.** Cuando se requiera iluminación artificial durante los colados, ésta se hará de tal forma que exista la visibilidad suficiente en todo el elemento por colar y demás sitios que se requiera.
- G.8.3.** El colado será continuo hasta la terminación del elemento estructural o hasta la junta de construcción que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.8.4.** Cuando sea necesario que el colado de elementos estructurales verticales, tales como muros, columnas o pilas, se efectúe en etapas, éstas serán las indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. La superficie libre de la última capa que se cuele, ya sea por suspensión temporal del trabajo o por terminar las labores del día, se limpiará tan pronto como dicha superficie haya fraguado lo suficiente para conservar su forma, quitando la lechada u otros materiales perjudiciales.
- G.8.5.** Se colará por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento estructural.
- G.8.6.** No se dejará caer la revoltura desde alturas mayores de uno coma cinco (1,5) metros, ni se amontonará para después extenderla en los moldes.
- G.8.7.** El lapso entre un vaciado y el siguiente, para el mismo frente de colado, será como máximo de treinta (30) minutos, a menos que la Secretaría apruebe otra cosa.
- G.8.8.** El colado en arcos se hará formando dovelas, cada dovela se colará en una sola operación. El orden de avance será simultáneo de ambos arranques hacia la clave, a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría.
- G.8.9.** Los colados bajo el agua se ejecutarán, tomando en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- G.8.9.1.** Antes de iniciar la colocación de la mezcla y cuando así lo amerite la obra, el Contratista de Obra hará una inspección final de las condiciones de la superficie de desplante mediante operaciones de buceo, para cerciorarse de que se ha cumplido con los requisitos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría, la cual podrá verificar lo anterior si así lo juzga necesario.
- G.8.9.2.** La zona de trabajo se protegerá adecuadamente, con objeto de efectuar el colado en agua tranquila, donde la revoltura se vaciará de manera que vaya formando capas sensiblemente horizontales.
- G.8.9.3.** Si el proyecto no indica otra cosa o así lo aprueba la Secretaría, cuando se requiera el uso de un aditamento especial para el vaciado, éste consistirá en un embudo acoplado a un tubo de diámetro interior no menor de veinticinco (25) centímetros, construido en tramos de longitud adecuada, unidos entre sí mediante coplees roscados u otros dispositivos estancos. El tubo tendrá una tapa inferior que pueda accionarse desde la superficie, con objeto de bajarlo lleno de concreto hasta el fondo para iniciar el primer colado. El extremo inferior del tubo permanecerá siempre ahogado en el concreto previamente colado, a fin de conservarlo lleno de revoltura. La suspensión del tubo-embudo será tal que permita los desplazamientos verticales y horizontales necesarios para que el flujo de la revoltura sea continuo. El extremo ahogado del tubo-embudo, se extraerá hasta la terminación del colado de una etapa completa.
- G.8.9.4.** Cuando así lo establezca el proyecto o lo apruebe la Secretaría, el colado se hará por medio de un bote de fondo móvil, éste tendrá forma de embudo y capacidad mínima de doscientos cincuenta (250) litros. El bote se bajará gradual y cuidadosamente hasta que el embudo penetre en la revoltura previamente depositada; a continuación se abrirá el fondo y se levantará poco a poco el bote, para no agitar el agua ni la revoltura.
- G.8.9.5.** El concreto fresco no quedará expuesto a la acción dinámica del agua, sino hasta que haya endurecido.

G.8.9.6. En el caso de colados bajo agua salada o expuestos a la acción de la misma, no se usarán agregados pétreos ligeros de baja resistencia.

G.8.9.7. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, en ningún caso se dejarán juntas de construcción en la zona comprendida entre sesenta (60) centímetros abajo del nivel de bajamar y sesenta (60) centímetros arriba del nivel de pleamar; en esta última zona la revoltura se colará en seco, construyendo moldes estancos entre dichos niveles.

G.8.10. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, no se suspenderá el colado o se interrumpirá temporalmente, cuando falten menos de cuarenta y cinco (45) centímetros para enrasar el coronamiento final de estructuras verticales, como muros, estribos, pilas o columnas, a menos que éstos tengan que rematar en dadas, coronas o diafragmas, capiteles o marquesinas de menos de cuarenta y cinco (45) centímetros de altura, en cuyo caso se podrá dejar una junta de construcción en el lecho bajo dichos elementos.

G.8.11. Sólo se podrá suspender el colado por causas de fuerza mayor aprobadas por la Secretaría. En el caso de que el Contratista de Obra suspenda el colado sin autorización de la Secretaría, se demolerá el concreto colado hasta donde ésta lo indique y la reposición del concreto será por cuenta y costo del Contratista de Obra.

G.9. VIBRADO

G.9.1. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la colocación y acomodo del concreto se hará dentro de los treinta (30) minutos posteriores a la incorporación del agua a la mezcla, llenando totalmente las cimbras o moldes, sin dejar huecos dentro de la masa de concreto.

G.9.2. El acomodo se ejecutará con el equipo adecuado de acuerdo con el tipo de elemento estructural de que se trate.

G.9.3. Se empleará el número suficiente de vibradores para asegurar un correcto acomodo de la revoltura, de acuerdo con el volumen de concreto que se coloque.

- G.9.4.** Cuando se trate de elementos precolados se podrán usar, además, mesas vibratorias o vibradores de molde.
- G.9.5.** Cuando así lo establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, no se usarán vibradores. En este caso la revoltura se acomodará perfectamente, picándola con varillas metálicas del diámetro y en la cantidad que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.
- G.9.6.** En todos los casos se observará que los vibradores empleados sean del tipo, frecuencia y potencia adecuados, de acuerdo con el elemento estructural por colar, para que se obtenga un concreto compacto, que presente una textura uniforme y una superficie tersa en sus caras visibles. Se evitará el vibrado excesivo, para impedir cualquier segregación o clasificación en la revoltura, así como el contacto directo del vibrador con el acero de refuerzo, que afecte a las partes previamente coladas o modifique la posición del acero de refuerzo.
- G.9.7.** Los vibradores se operarán verticalmente; por ningún motivo se aceptará introducir el cabezal en posición horizontal. Cuando el concreto se coloque en diferentes capas, la cabeza vibradora penetrará aproximadamente cinco centímetros en la capa subyacente, la que estará en estado plástico y sin haber alcanzado su fraguado inicial. En las áreas en que se deposite concreto fresco sobre concreto previamente colocado, se hará una vibración mayor de la usual, especialmente cuando se trate de concreto masivo, penetrando la cabeza vibradora como se indicó anteriormente hasta establecer contacto con el concreto ya vibrado.

G.10. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

- G.10.1.** Las juntas de construcción se harán en los lugares y forma indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- G.10.2.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, para ligar concreto fresco con otro ya fraguado, transcurridas de diez (10) a setenta y dos (72) horas de terminado el colado, dependiendo de las condiciones de la obra, se procederá a cepillar enérgicamente la superficie expuesta, con un cepillo de alambre y agua a poca presión, para quitar una capa de cero coma cinco (0,5) centímetros de

espesor aproximadamente, con objeto de obtener una superficie rugosa y resistente. Si por alguna circunstancia no se efectuó lo anterior y se pretende continuar el colado después de setenta y dos (72) horas, la remoción de la capa superior de cero coma cinco (0,5) centímetros de espesor se hará con la herramienta adecuada, lavando después la junta con abundante agua y al mismo tiempo limpiando la superficie con un cepillo de alambre; terminada la limpieza, las juntas estarán libres de material suelto y permanecerán húmedas hasta que continúe el colado.

G.10.3. Antes de reiniciar el colado, los moldes se reajustarán cuidadosamente en caso necesario.

G.10.4. Cuando así lo establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, inmediatamente antes de colar el nuevo concreto, se aplicará a la junta una lechada de cemento, cuya relación agua-cemento sea la empleada en el concreto, o bien otro material que indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Cuando el proyecto establezca o la Secretaría apruebe el uso de adhesivos especiales, se fijarán en cada caso los procedimientos de construcción a seguir.

G.10.5. A menos que la Secretaría apruebe otra cosa, en caso de suspender el colado fuera de una junta de construcción preestablecida, será necesario demoler todo el concreto, hasta llegar a la junta de construcción previa.

G.10.6. Las juntas de dilatación serán abiertas o rellenas, con placas de deslizamiento o sin ellas y se harán en la forma y lugares que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

G.10.7. Las juntas de dilatación abiertas se construirán colocando un diafragma provisional, que puede ser una pieza de madera, hoja de metal u otro material aprobado por la Secretaría, el cual se quitará después del endurecimiento del concreto. La forma del diafragma provisional y el método que se emplee para insertarlo y removerlo, serán tales que no rompan las aristas de las juntas o dañen el concreto.

G.10.8. El relleno de juntas de dilatación se hará con un material que cumpla con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría. En todas las juntas se recortará el material al tamaño exacto y de tal modo que llene completamente el

espacio indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría. Cuando la junta esté constituida por varias piezas, se evitará que éstas queden flojas, mal ajustadas entre sí o con las paredes de la junta.

- G.10.9.** Cuando el proyecto indique juntas de dilatación con placas de deslizamiento, éstas quedarán bien ancladas y lubricadas en todas las superficies de deslizamiento, con grafito, grasa u otro material, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Se cuidará que durante el colado no se depositen materiales extraños en las juntas, que impidan o dificulten su funcionamiento.

G.11. FRAGUADO Y CURADO

- G.11.1.** Durante las diez (10) primeras horas que sigan a la terminación del colado, se evitará que el agua de lluvia o alguna corriente de agua, deslave el concreto.
- G.11.2.** Una vez iniciado el fraguado y por lo menos durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas de efectuado el colado, se evitará toda clase de sacudidas, trepidaciones y movimientos en las varillas que sobresalgan, que interrumpan el estado de reposo y alteren el acabado superficial con huellas u otras marcas.
- G.11.3.** Se evitará la pérdida de agua del concreto para que alcance su resistencia y durabilidad potencial, protegiéndolo mediante el curado que indique el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- G.11.4.** Si el proyecto no indica otra cosa o lo aprueba la Secretaría, se aplicarán riegos de agua sobre las superficies expuestas y los moldes, en cuanto dichos riegos no marquen huellas en dichas superficies. Los riegos se aplicarán durante siete (7) días cuando se emplee cemento Portland de los tipos I, II, IV y V, puzolánico tipo IP o de escorias de altos hornos tipo IE y durante tres (3) días cuando se emplee cemento Portland tipo III. El agua que se utilice para el curado, será de la misma calidad que la que se emplee en la elaboración del concreto.
- G.11.5.** Cuando así lo establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, en vez de los riegos a que se refiere el Inciso anterior, se aplicará una membrana impermeable en las superficies

expuestas, que impida la evaporación del agua contenida en la masa de concreto. La cantidad, clase de producto que se emplee y su forma de aplicación, cumplirán con los requisitos fijados en el proyecto o aprobados por la Secretaría. La membrana mantendrá la superficie del concreto húmeda durante el mismo tiempo señalado en el Inciso anterior, según el tipo de cemento que se utilice.

G.11.6. Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, el curado se hará cubriendo las superficies expuestas con arena, costales o mantas, que se mantendrán húmedas al igual que los moldes, durante el mismo tiempo señalado en el Inciso G.11.4. de esta Norma, según el tipo de cemento que se utilice.

G.11.7. Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, el curado se hará mediante el empleo de vapor, durante el tiempo que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

G.12. DESCIMBRADO

G.12.1. La determinación del tiempo a partir del cual puede iniciarse la remoción de los moldes y la obra falsa, se hará como lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

G.12.2. A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cuando no se utilicen aditivos que afecten el fraguado, los períodos entre la terminación del colado y la iniciación de la remoción de las cimbras, moldes y obras falsas, serán los señalados en la Tabla 3 de esta Norma.

G.12.3. Cuando se usen aditivos que afecten el fraguado, la remoción de las cimbras, moldes y obras falsas, se iniciará cuando lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría, con base en los resultados de las pruebas realizadas a especímenes del mismo concreto empleado en el elemento estructural.

G.12.4. Cuando así lo establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, en elementos estructurales que no estén sujetos a cargas, tales como guarniciones, banquetas y parapetos, los moldes de superficies verticales se podrán remover a partir de doce (12) a cuarenta y ocho (48) horas después de efectuarse el colado, según las condiciones de la obra.

TABLA 3.- Tiempo recomendable para decimbrar después de colar

Unidades en días

Elemento estructural	Tipo de cemento Portland	
	Tipos I, II, IV, V, IP, IE	Tipo III
Bóvedas	14	7
Trabes	14	7
Losas de piso	14	7
Columnas	2	1
Muros	2	1
Costados de trabes, de losas	2	1

Nota: Cuando el peso muerto sea de consideración a juicio de la Secretaría, ésta fijará el plazo mínimo adecuado en cada caso.

G.12.5. Para remover las cimbras, moldes y obras falsas, se usarán procedimientos que no dañen las superficies del concreto o que incrementen los esfuerzos a que estará sujeta la estructura. Los apoyos de la obra falsa tales como cuñas, cajones de arena, gatos y otros dispositivos se retirarán de manera que la estructura tome sus esfuerzos gradualmente.

G.12.6. Cuando se retiren las cimbras o moldes antes de concluir el período de curado especificado, se continuará con dicho curado conforme lo indicado en la Fracción G.11. de esta Norma.

G.12.7. En el caso de elementos estructurales fabricados con cemento Portland de los tipos I, II, IV o V, puzolánico tipo IP y de escorias de altos hornos tipo IE, las cargas totales de proyecto se aplicarán una vez transcurridos veintiocho (28) días después de terminado el colado; pueden cargarse parcialmente a los veintiún (21) días después de terminado el colado cuando así lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Si se usa cemento Portland del Tipo III o aditivos, se modificarán los períodos anteriores, de acuerdo con lo aprobado por la Secretaría para cada caso.

G.13. CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado se elaborará y aplicará de acuerdo con lo establecido en la Norma N-CTR-CAR-1-01-017, *Concreto Lanzado*.

G.14. CONCRETO CICLÓPEO

G.14.1. Los fragmentos de roca que se utilicen tendrán una masa máxima de treinta (30) kilogramos, estarán limpias y exentas de costras. Cuando las superficies presenten materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán; se rechazarán si tienen grasas, aceites o si las materias extrañas no son removidas. El volumen máximo de piedra será del sesenta (60) por ciento del volumen total del concreto ciclópeo.

G.14.2. Todos los fragmentos de roca se mojarán previamente a su utilización y se colocarán con cuidado, sin dejarlas caer para evitar que causen daños a los moldes o al concreto fresco adyacente. En caso de que las piedras presenten planos dominantes de estratificación, se colocarán de manera que los esfuerzos se desarrollen normalmente a dichos planos.

G.14.3. Si el proyecto no indica otra cosa o así lo aprueba la Secretaría, el espacio libre entre piedras será como mínimo quince (15) centímetros, entre las piedras y los paramentos no menor de diez (10) centímetros y abajo del coronamiento de un elemento estructural, no menor de treinta (30) centímetros.

G.15. ACABADO

G.15.1. Al terminar el proceso de colado, el concreto quedará uniforme, estará libre de canalizaciones, depresiones, ondulaciones o cualquier otro tipo de irregularidades.

G.15.2. Todas las superficies estarán exentas de bordes, rugosidades, salientes u oquedades de cualquier clase y presentar el acabado superficial que fije el proyecto o que apruebe la Secretaría.

G.15.3. Los alambres de amarre se cortarán al ras.

G.16. CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación del concreto hidráulico, hasta que el elemento estructural haya sido recibido por la Secretaría, cuando la estructura de que forme parte sea operable.

H. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que el concreto hidráulico se considere terminado y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista de Obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

H.1. CALIDAD DEL CONCRETO

- H.1.1. Que los agregados pétreos, cemento Portland, aditivos y fibras utilizados en el concreto hidráulico, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma.
- H.1.2. Que las características del concreto hidráulico fresco cumplan con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- H.1.3. Que la resistencia a la compresión del concreto hidráulico a los veintiocho (28) días de edad (f_c), determinada en especímenes extraídos u obtenidos al azar mediante un procedimiento basado en tablas de número aleatorios conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*, cumpla con lo establecido en el proyecto o lo aprobado por la Secretaría.
- H.1.4. Las características de los especímenes de prueba, así como el tipo de prueba que se realice para determinar la resistencia del concreto, serán los que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.
- H.1.5. El número de especímenes por extraer u obtener será el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, dependiendo de la importancia del elemento estructural de que se trate.
- H.1.6. Cuando la resistencia se obtenga en corazones, éstos se extraerán sin dañar la parte contigua de los mismos, perpendicularmente a la superficie del concreto hidráulico, con una longitud igual al espesor aplicado, a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. El diámetro de los corazones será el que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

- H.1.7.** A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la resistencia promedio de cada cinco (5) especímenes consecutivos, será igual o mayor que la resistencia establecida en el proyecto.
- H.1.8.** Cuando menos cuatro (4) de los cinco (5) especímenes a que se refiere el Inciso anterior, tendrán una resistencia mayor o igual que el noventa (90) por ciento de la resistencia establecida en el proyecto.
- H.1.9.** En caso de que la resistencia del concreto hidráulico no cumpla con lo establecido en los Incisos H.1.7. y H.1.8. de esta Norma, el Contratista de Obra, previa aprobación de la Secretaría, podrá elegir entre demoler y reemplazar el concreto hidráulico defectuoso, por su cuenta y costo o aceptar una sanción por incumplimiento de calidad, respecto al precio unitario fijado en el contrato, debida a la resistencia insuficiente del concreto hidráulico, de acuerdo con el criterio establecido en la Fracción J.2. de esta Norma.
- H.1.10.** La demolición de la capa de concreto hidráulico, se realizará mediante métodos aprobados por la Secretaría y sin dañar otros tramos o capas. En el caso de elementos estructurales verticales, tales como muros, columnas o pilas, se demolerán también las capas coladas encima del concreto defectuoso.
- H.1.11.** Cuando debido a resistencias bajas u otras deficiencias en la capa de concreto hidráulico, se requieran medidas de soporte adicionales a las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría en el elemento defectuoso, los trabajos adicionales se harán por cuenta y costo del Contratista de Obra.

H.2. ESPESORES

- H.2.1.** Que la colocación de las cimbras y moldes se haga con el cuidado suficiente para que el espesor colocado no sea menor que el espesor mínimo que indique el proyecto.
- H.2.2.** Que el concreto no invada secciones que deban quedar libres de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

H.3. ALINEAMIENTO, UBICACIÓN Y DIMENSIONES

Que el alineamiento, ubicación dimensiones de los elementos estructurales, cumplan con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, con las tolerancias fijadas para cada caso, según el tipo de estructura de que se trate. En caso de que las desviaciones o desajustes estén fuera de las tolerancias, el miembro o parte de la estructura que presenten dichas deformaciones, será demolido y colado de nuevo por cuenta y costo del Contratista de Obra.

H.4. ACABADOS

Que los acabados de las superficies cumplan con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

I. MEDICION

Cuando la construcción del elemento de concreto hidráulico se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Cláusula E. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, considerando una de las siguientes unidades, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría:

- I.1. El concreto hidráulico se podrá medir tomando como unidad el metro cúbico de concreto hidráulico terminado, según su tipo y resistencia, para cada banco en particular, con aproximación a un décimo (0,1). Como base se considerará el volumen que fije el proyecto, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados por la Secretaría.
- I.2. En elementos estructurales de sección constante, el concreto hidráulico se podrá medir tomando como unidad el metro de estructura terminada, según su tipo y resistencia, para cada banco en particular, con aproximación a un décimo (0,1). Como base se considerará la longitud que fije el proyecto, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados por la Secretaría.

- I.3.** En elementos estructurales tipo, el concreto hidráulico se podrá medir tomando como unidad la pieza terminada, según su tipo y resistencia, para cada banco en particular y cada tipo de pieza.

J. BASE DE PAGO

- J.1.** Cuando la construcción del elemento de concreto hidráulico se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I. de esta Norma, se pagará, de acuerdo con el caso de que se trate, al precio fijado en el contrato para el metro cúbico, metro de estructura o pieza de concreto hidráulico terminados, según su tipo y resistencia, para cada banco en particular. Estos precios unitarios, conforme lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N·LEG·3, *Ejecución de Obras*, incluyen lo que corresponda por:

- Valor de adquisición del cemento Portland, el agua y los aditivos o fibras que en su caso se requieran, así como del material para las juntas, el curado y demás materiales necesarios para el colado del elemento estructural. En su caso, valor de adquisición de los agregados pétreos y piedra para el concreto ciclópeo.
- En su caso, desmonte y despalde de los bancos, extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones, cribados y desperdicios de los cribados, trituración parcial o total, lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales, cargas, descargas y todos los acarreos de los materiales y de los desperdicios; formación de los almacenamientos; instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- Limpieza de los vehículos en que se transporten todos los materiales, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, movimientos en el lugar de destino, descarga y cargo por almacenamiento.
- Clasificación del material pétreo separándolo por tamaños.
- Permisos de explotación de agua, así como la extracción, carga y acarreo al lugar de utilización del agua.
- Dosificación y mezclado de los agregados pétreos, cemento Portland, agua y aditivos.
- Limpieza de la superficie sobre la que se colocará el concreto.

- Cargas en la planta del concreto hidráulico al equipo de transporte o carga de los materiales al vehículo mezclador para la elaboración del concreto hidráulico y su transporte al lugar del colado.
- Suministro, colocación, preparación y remoción de cimbras.
- Colocación, consolidación y curado del concreto a cualquier altura.
- Colocación de la piedra en el caso del concreto ciclópeo.
- La iluminación artificial.
- Dispositivos y obras auxiliares para efectuar colados bajo el agua.
- Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas.
- La conservación del concreto hidráulico hasta que el elemento estructural haya sido recibido por la Secretaría.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

J.2. Cuando procedan sanciones por incumplimiento de calidad, de acuerdo con la resistencia del concreto, que se obtengan según se señala en la Fracción H.1., se le hará al Contratista de Obra una deducción, calculada para el elemento estructural medido como se indica en la Cláusula I. de esta Norma, mediante la siguiente fórmula:

$$S = V \cdot PU \cdot FRC$$

Donde:

S = Sanción aplicada como deducción, (\$)

V = Volumen de concreto hidráulico del elemento, (m³, m o pza, según sea el caso)

PU = Precio unitario del concreto hidráulico para el elemento, (\$/m³, \$/m o \$/pza, según sea el caso)

FRC = Factor de sanción debida a la resistencia insuficiente del concreto, determinado como se indica en la Fracción J.3. de esta Norma, (adimensional)

J.3. El factor de sanción (*FRC*) que proceda según la resistencia (*f_c*) del concreto en el elemento medido como se indica en la Cláusula I. de esta Norma, se determina como sigue:

J.3.1. Se calcula el promedio de las resistencias obtenidas, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\bar{f}_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c_i}}{n}$$

Donde:

\bar{f}_c = Promedio de las resistencias obtenidas, (MPa)

f_{c_i} = Resistencias individuales de los especímenes probados, (MPa)

n = Número de especímenes probados

J.3.2. Se obtiene la desviación estándar como sigue:

$$\sigma_{f_c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_i} - \bar{f}_c)^2}{n-1}}$$

Donde:

σ_{f_c} = Desviación estándar de las resistencias obtenidas, (MPa)

f_{c_i} , \bar{f}_c y n tienen el significado indicado en el Inciso anterior.

J.3.3. Se calcula el coeficiente de variación aplicando la siguiente fórmula:

$$C_v = \frac{\sigma_{f_c}}{\bar{f}_c}$$

Donde:

C_v = Coeficiente de variación, (adimensional)

\bar{f}_c y σ_{f_c} tienen el significado indicado en los Incisos J.3.1 y J.3.2. de esta Norma, respectivamente.

- J.3.4.** Se obtiene la resistencia relativa equivalente, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$f_{c_{RE}} = \frac{\left(\frac{\bar{f}_c}{f'_c} - 0,8 \right) \cdot 0,2}{C_v} + 0,8$$

Donde:

$f_{c_{RE}}$ = Resistencia relativa equivalente, (adimensional)

f'_c = Resistencia de proyecto, (MPa)

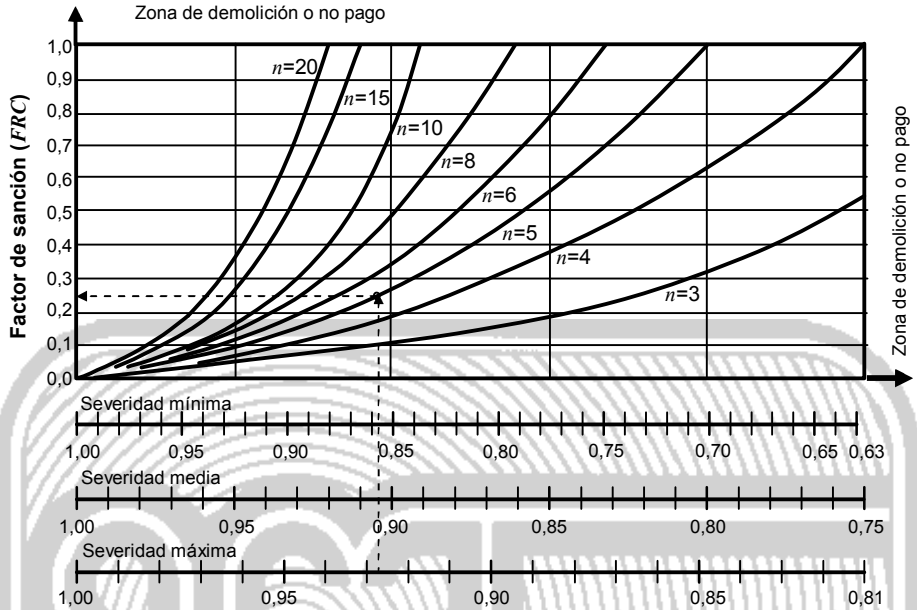
\bar{f}_c y C_v tienen el significado indicado en los Incisos J.3.1. y J.3.3. de esta Norma, respectivamente.

- J.3.5.** Se considera un grado de severidad de acuerdo con la importancia del elemento estructural de que se trate, conforme a lo indicado en la Tabla 4 de esta Norma y a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

TABLA 4.- Grado de severidad para penalización

Tipo de estructura	Grado de severidad
Elementos no estructurales como guarniciones, banquetas y parapetos	Mínima
Zapatas y cimentaciones masivas, muros y estribos	Media
Trabes, columnas y losas	Máxima

- J.3.6.** Se determina el factor de sanción por resistencia insuficiente utilizando la gráfica mostrada en la Figura 1 de esta Norma, donde se localiza el valor de la resistencia relativa equivalente ($f_{c_{RE}}$) en una de las escalas horizontales, dependiendo del grado de severidad de que se trate y se lleva una línea vertical hasta interceptar la curva correspondiente al número de especímenes probados (n); de la intersección se lleva una línea horizontal hasta interceptar la escala vertical, donde se lee el factor de sanción que se aplicará, aproximado a cinco centésimas (0,05). Cuando el valor de $f_{c_{RE}}$ o FRC estén en la zona de demolición o no pago, no se aceptará el concreto y el Contratista de Obra tendrá que reponer el elemento



Resistencia relativa equivalente (f_{cRE})
defectuoso por su cuenta y costo, a satisfacción de la Secretaría.

K. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago de los elementos de concreto hidráulico, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G. de la Norma N·LEG-3, *Ejecución de Obras*.

FIGURA 1.- Gráfica para determinar el factor de sanción por resistencia insuficiente del concreto (FRC)

L. RECEPCIÓN DE LA OBRA

Una vez concluida la construcción del elemento de concreto hidráulico, la Secretaría lo aprobará y al término de la obra, cuando la estructura sea operable, lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N·LEG-3, *Ejecución de Obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I. de la misma Norma.