

LIBRO: CTR. CONSTRUCCIÓN

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. CONCEPTOS DE OBRA

TÍTULO: 05. Túneles

CAPÍTULO: 006. Concreto Lanzado en Túneles

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los aspectos a considerar en la elaboración y colocación de concreto lanzado, como soporte y revestimiento de excavaciones para túneles.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El concreto lanzado es una mezcla de cemento Portland, agregados pétreos, agua, aditivos y fibras en algunas ocasiones, 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, para proteger superficies de roca o suelo contra el intemperismo, proveer soporte temporal o definitivo de una excavación, proteger zonas con alto fracturamiento o alteración y preparar superficies de roca sobre las que se apoyarán otros elementos de soporte en la construcción de túneles.

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, incorporándole directamente el agua en la boquilla al momento de la colocación del concreto lanzado.

C. REFERENCIAS

Son referencia 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
Criterios Estadísticos de Muestreo	M-CAL-1-02

D. MATERIALES

- D.1.** Los materiales que se utilicen en la elaboración de concreto lanzado, 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.
- 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 necesario 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 de concreto lanzado, 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. EQUIPO DE MEZCLADO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO

- E.1.1.** El Contratista de Obra seleccionará un equipo que tenga la movilidad suficiente para ser trasladado rápidamente al frente de excavación, inmediatamente después de la voladura o corte del terreno y que su capacidad sea compatible con la velocidad de excavación.
- E.1.2.** El sistema de aire comprimido será capaz de suministrar un flujo constante y suficiente de aire a la presión requerida y sin fluctuaciones que pudieran afectar la homogeneidad del concreto; estará provisto con los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con aceite.
- E.1.3.** Los equipos de aire comprimido y agua presurizada contarán con manómetros para control de la presión durante la colocación de concreto lanzado.

E.2. PLATAFORMAS DE TRABAJO MOVIBLES

Serán las adecuadas para colocar el concreto lanzado desde una distancia aproximada de un (1) metro desde la boquilla del equipo de colocación, hasta la superficie por recubrir.

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.

Los desperdicios producto del rebote del concreto lanzado, se cargarán y transportarán al sitio o banco de desperdicios que indique el proyecto o que apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositados en un almacén temporal, serán trasladados al banco de desperdicios lo más pronto posible.

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

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

G.2. PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES

- G.2.1.** Los agregados pétreos, el cemento Portland, los aditivos y las fibras que se empleen en la elaboración de concreto lanzado, se mezclarán con el proporcionamiento necesario 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.2.2. 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.2.3. 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 lanzado, 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.3. TRABAJOS PREVIOS

G.3.1. Sistemas de seguridad

G.3.1.1. Los sistemas de seguridad durante la colocación de concreto lanzado son responsabilidad del Contratista de Obra, por lo que antes de iniciar los trabajos debe implementarlos, por su cuenta y costo, de forma que garanticen la integridad del personal. En ningún caso se permitirá la colocación de concreto lanzado mientras no se cumpla con lo establecido en este Inciso. 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.3.1.2. Se tomará en cuenta todo lo referente al equipo, señalamiento y dispositivos de seguridad que establece la Cláusula D. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*.

G.3.1.3. El Contratista de Obra proporcionará al personal, el equipo adecuado para su protección, como cascos, anteojos inastillables, mascarillas contra el polvo, dispositivos para la protección contra el ruido, botas antiestáticas de seguridad, ropa protectora, guantes, lámparas portátiles, arneses y cinturones de seguridad, entre otros.

G.3.1.4. En la obra se contará como mínimo con: un instructivo visible en que se consignen los detalles sobre la forma de actuar en casos de emergencia, instalaciones de rescate y primeros auxilios, extintores de incendio adecuados, luces de emergencia y filtros para monóxido de carbono en túneles de más de quinientos (500) metros.

G.3.1.5. Se contará con medios de comunicación efectivos para uso habitual y para casos de emergencia, entre el sitio de colocación del concreto lanzado y el exterior del túnel. En el caso que se interrumpa dicha comunicación, la Secretaría suspenderá de inmediato los trabajos hasta que la comunicación sea restablecida. La Secretaría decidirá si la interrupción se debió a causas atribuibles al Contratista de Obra, en cuyo caso, los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

G.3.2. Preparación de la superficie

G.3.2.1. Inmediatamente antes de la colocación del concreto lanzado, toda la superficie por recubrir, ya sea terreno natural descubierto o algún revestimiento previo, estará debidamente preparada, sin material flojo, exenta de materias extrañas, polvo o grasa, controladas todas las filtraciones que hubieran existido y rellenas todas las quedades producto de la excavación, que sean imputables al Contratista de Obra y que estén fuera de las tolerancias de proyecto para la excavación. La limpieza se hará con aire y agua a presión o cualquier otro método aprobado por la Secretaría. No se permitirá la colocación de concreto lanzado sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

G.3.2.2. Las operaciones de limpieza se llevarán a cabo de manera tal que los materiales sobre la superficie por revestir no se aflojen, agrieten o fragmenten.

G.3.2.3. Para el control de filtraciones, el Contratista de Obra suministrará e instalará los elementos de drenaje

necesarios como tubos, mangueras, ranuras o cualquier otro sistema que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

- G.3.2.4.** La superficie por recubrir se mantendrá húmeda desde el momento en que se termine la limpieza, hasta la colocación del concreto lanzado.

G.3.3. Varillas guía

- G.3.3.1.** Antes de aplicar concreto lanzado, el Contratista de Obra suministrará e instalará varillas guía sobre la superficie por recubrir, con el fin de servir como referencia del espesor colocado.

- G.3.3.2.** Las varillas guía tendrán un diámetro mínimo de cuatro (4) milímetros y su longitud será determinada por el Contratista de Obra, de tal manera que queden fijas y no se muevan a un bajo el golpe del concreto lanzado.

- G.3.3.3.** Se instalarán de tal manera que haya por lo menos una varilla guía por cada cuatro (4) metros cuadrados de superficie preparada y aprobada para recibir el concreto lanzado, distribuidas según el patrón aprobado por la Secretaría. El espaciamiento se podrá reducir, si a juicio de la Secretaría se requieren más varillas de calibración para asegurar espesores uniformes.

G.4. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

- G.4.1.** El procedimiento que se utilice para la elaboración del concreto lanzado 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.4.2.** 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 ($\frac{3}{4}$ ").
- Tres (3) horas para grava de entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros ($1\frac{1}{2}$ " y diecinueve (19) milímetros ($\frac{3}{4}$ ").

G.4.3. 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 y durante todo el proceso de colocación

G.4.4. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad del concreto, 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.5. CALIBRACIÓN DEL PROCESO

G.5.1. Sobre paneles de prueba, el Contratista de Obra calibrará previamente el proceso de colocación del concreto lanzado, para acreditar ante la Secretaría, que dispone del personal con la experiencia requerida y el equipo adecuado para la ejecución de los trabajos.

G.5.2. Las pruebas de calibración se realizarán sobre un mínimo de dos (2) paneles colocados en posición vertical y dos (2) más en posición horizontal de techo.

G.5.3. La cantidad de mezcla que se aplique, será suficiente para elaborar probetas de prueba para determinar la resistencia a la compresión del concreto lanzado.

- G.5.4.** El concreto que se utilice para elaborar las probetas será el que quede adherido a los paneles de prueba; no se aceptará utilizar concreto producto del rebote.
- G.5.5.** Se elaborarán un mínimo de diez (10) probetas por cada tipo de mezcla a utilizar y para cada edad de prueba, que será de ocho (8) horas, tres (3), siete (7) y veintiocho (28) días. El Contratista de Obra tendrá todos los resultados por lo menos treinta (30) días antes de la colocación de concreto lanzado en el túnel.
- G.5.6.** Para que el concreto sea aceptado, la resistencia obtenida en por lo menos el noventa (90) por ciento de las probetas, será igual o mayor que la fijada en el proyecto, aceptando un coeficiente de variación no mayor de quince (15) por ciento.
- G.5.7.** Los operadores para la colocación de concreto lanzado tendrán amplia experiencia en trabajos similares o deberán trabajar bajo la estricta supervisión de un instructor experimentado en esta clase de trabajo.
- G.5.8.** La Secretaría podrá exigir en cualquier momento el reemplazo de cualquier operador que no demuestre tener la capacidad para realizar esta clase de trabajo.

G.6. COLOCACIÓN

- G.6.1.** El concreto se colocará sobre la superficie por cubrir de tal manera que se obtenga una capa de espesor uniforme.
- G.6.2.** Los sitios donde se colocará concreto lanzado, así como el espesor, número de capas, tiempo de aplicación, entre otras características, serán las indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- G.6.3.** El agua de la mezcla al momento de la colocación, tendrá una temperatura entre diez (10) y veinte (20) grados Celsius.
- G.6.4.** Cuando la mezcla sea elaborada previamente al lanzado, el concreto se colocará dentro de un tiempo máximo de treinta (30) minutos, contado a partir del término del mezclado; el concreto que no se haya utilizado en este lapso, se

desechará y no será objeto de medición y pago. El Contratista de Obra podrá solicitar a la Secretaría la ampliación de este lapso hasta un máximo de sesenta (60) minutos, previa demostración mediante pruebas de laboratorio ejecutadas en especímenes elaborados en el sitio y bajo las condiciones de la obra, de la obtención de resultados satisfactorios.

G.6.5. En casos de emergencia, por condiciones de inestabilidad de la excavación ante condiciones geológicas, geotécnicas o hidráulicas no previstas, el Contratista de Obra llevará a cabo, por sí solo, las medidas de soporte o reforzamiento necesarias, incluyendo la colocación de concreto lanzado en las zonas inestables. El Contratista de Obra informará de inmediato sobre esta situación a la Secretaría a fin de decidir en conjunto, las medidas que se tomarán en el tramo donde se presente dicha contingencia.

G.6.6. La cantidad de concreto y la superficie que se cubra en cada operación, son responsabilidad del Contratista de Obra.

G.6.7. Los desperdicios producto del rebote del concreto lanzado, serán removidos para evitar que su acumulación interfiera con la ejecución de los trabajos. La disposición final de los desperdicios, se hará a la brevedad posible, en la forma y sitio que indique el proyecto o apruebe la Secretaría. Bajo ninguna circunstancia se permitirá la reutilización del material de rebote.

G.7. CURADO

En algunas ocasiones, el concreto lanzado debe curarse inmediatamente después de colocado, durante el tiempo que indique el proyecto o apruebe la Secretaría. No requerirá curado si la humedad relativa en la zona donde fue aplicado, se mantiene a un mínimo de ochenta y cinco (85) por ciento, durante por lo menos siete (7) días a partir de la fecha de colocación.

El curado se realizará manteniendo húmeda la superficie de concreto lanzado durante un periodo de al menos siete (7) días o por otro método aprobado por la Secretaría.

G.8. ACABADO

La capa de concreto lanzado colocada, no debe tener bordes que reduzcan el espesor del revestimiento definitivo o que interfieran con la sección libre teórica del túnel.

G.9. CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS

Es responsabilidad del Contratista de Obra la conservación del recubrimiento de concreto lanzado hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando el túnel sea operable.

H. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que el concreto lanzado 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 lanzado, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D.1. de esta Norma.

H.1.2. Que la resistencia a la compresión simple en especímenes cilíndricos del concreto hidráulico a los veintiocho (28) días de edad (f_c), determinada en corazones extraídos al azar mediante un procedimiento basado en tablas de números 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.1.2.1. El número de corazones por extraer se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$c = \frac{A}{200}$$

Donde:

c = Número de corazones por extraer, aproximado a la unidad inmediata superior

A = Superficie del tramo colado en un día trabajo, (m^2)

H.1.2.2. Los corazones se extraerán sin dañar la parte contigua de los mismos, perpendicularmente a la superficie del concreto lanzado, con una longitud igual al espesor aplicado más dos coma cinco (2,5) centímetros que deberá penetrar la broca en la pared de la excavación.

H.1.2.3. El diámetro de los corazones se establecerá de acuerdo con lo siguiente:

- Será de cinco (5) centímetros cuando el espesor de concreto lanzado aplicado sea igual o menor de siete coma cinco (7,5) centímetros.
- Será de siete coma cinco (7,5) centímetros cuando el espesor de concreto lanzado aplicado sea mayor de siete coma cinco (7,5) centímetros.

H.1.2.4. El Contratista de Obra llevará un registro preciso de todas las extracciones, incluyendo una descripción de las condiciones encontradas, características del concreto lanzado perforado y la localización de cualquier grieta, junta o ranura en los corazones. Este registro estará a disposición de la Secretaría el mismo día de la extracción de cada corazón.

H.1.2.5. La resistencia a la compresión simple promedio de cada cinco (5) corazones consecutivos, debe ser igual o mayor que la resistencia establecida en el proyecto.

H.1.2.6. Cuando menos cuatro (4) de los cinco (5) corazones a que se refiere el Párrafo anterior, deben tener una resistencia a la compresión mayor o igual que el noventa (90) por ciento de la resistencia establecida en el proyecto.

H.1.3. En caso de que la resistencia a la compresión simple del concreto lanzado no cumpla con lo establecido en los Párrafos H.1.2.5. y H.1.2.6. de esta Norma, el Contratista de Obra, previa aprobación de la Secretaría, podrá elegir entre demoler y reemplazar el concreto lanzado en el tramo 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 lanzado y de acuerdo con el criterio establecido en la Cláusula J. de esta Norma.

- H.1.4.** La Secretaría, a su juicio, podrá permitir el incremento del espesor en lugar de la demolición y reposición de la capa de concreto lanzado, siempre y cuando dicho incremento no origine una reducción en el gálibo libre o una reducción inadmisibles en el espesor del revestimiento definitivo del túnel; sin embargo, el Contratista de Obra no recibirá pago alguno por el concreto lanzado en el tramo defectuoso.
- H.1.5.** La demolición de la capa de concreto lanzado, se realizará mediante métodos aprobados por la Secretaría, de tal manera que todos los lados del corte formen entre sí ángulos mayores de noventa (90) grados y sin dañar otros tramos o capas.
- H.1.6.** Cuando debido a resistencias bajas u otras deficiencias en la capa de concreto lanzado, se deban adoptar medidas de soporte adicionales a las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría en el tramo defectuoso, los trabajos adicionales se harán por cuenta y costo del Contratista de Obra.

H.2. ESPESTORES

- H.2.1.** Inmediatamente después de la colocación del concreto lanzado, se comprobará que todas las varillas guía hayan quedado cubiertas. Adicionalmente, con el fin de verificar los espesores colocados, el Contratista de Obra realizará perforaciones de control ubicadas al azar mediante un procedimiento objetivo basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*, con diámetro mínimo de treinta y ocho (38) milímetros (1½") y perpendicularmente a la superficie de concreto lanzado.
- H.2.2.** El número de perforaciones de control será de cinco (5) por cada doscientos (200) metros cuadrados de superficie cubierta con concreto lanzado.
- H.2.3.** El promedio del espesor obtenido en las cinco (5) perforaciones de control, debe ser mayor o igual al espesor de proyecto; en caso contrario, el Contratista de Obra colocará el espesor faltante a satisfacción de la Secretaría.

H.2.4. Después de aplicar el espesor faltante, el Contratista de Obra realizará otras cinco (5) perforaciones de control de la misma forma establecida en el Inciso H.2.1. de esta Norma. En caso de que nuevamente no se cumpla con lo establecido en el Inciso anterior, el Contratista de Obra repetirá el proceso de colocación de concreto y verificación de espesores las veces que sea necesario, hasta que se cumpla con lo indicado en dicho Inciso.

I. MEDICIÓN

I.1. Cuando la elaboración y colocación de concreto lanzado 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, tomando como unidad el metro cúbico de concreto lanzado terminado, conforme al volumen de proyecto, según su tipo, con aproximación a la unidad.

I.2. El concreto lanzado utilizado para relleno de oquedades o desprendimientos en las paredes de la excavación, debidos a condiciones geológicas, geotécnicas o hidráulicas impredecibles y no imputables al Contratista de Obra responsable de la excavación, que hayan sido previamente aprobadas por la Secretaría, se medirá tomando como unidad el metro cúbico de concreto lanzado terminado, mediante levantamiento de la sección de sobreexcavación, o bien, cuando las condiciones de estabilidad de la cavidad subterránea lo impidan, mediante la estimación del volumen teórico del concreto colocado.

J. BASE DE PAGO

J.1. Cuando la elaboración y colocación de concreto lanzado 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 al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de concreto lanzado terminado, según su tipo. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N-LEG-3, *Ejecución de Obras*, incluyen, según el caso, lo que corresponda por:

- Valor de adquisición de los agregados pétreos, cemento Portland, agua, aditivos y fibras, así como carga, transporte y descarga de todos ellos hasta el sitio de elaboración del concreto lanzado y cargo por almacenamiento.
 - Los sistemas de seguridad en la obra a que se refiere el Inciso G.3.2. de esta Norma, cuando el Contratista de Obra no sea el responsable de realizar la excavación.
 - Andamios, plataformas y demás equipo auxiliar para la colocación de concreto lanzado.
 - Limpieza de la superficie sobre la que se colocará el concreto lanzado.
 - Carga, dosificación y mezclado de los agregados pétreos, cemento Portland, aditivos y fibras.
 - Colocación y curado del concreto lanzado.
 - La iluminación y ventilación cuando el Contratista de Obra no sea el responsable de realizar la excavación.
 - Carga y descarga en el sitio y forma que indique el proyecto o apruebe la Secretaría, de los desperdicios producto del rebote.
 - Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas de todos los materiales, así como de los desperdicios producto del rebote.
 - La conservación del concreto lanzado hasta que 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 a la compresión simple del concreto, que se obtenga según se señala en el Inciso H.1.2., se le hará al Contratista de Obra una deducción, calculada para el tramo medido como se indica en la Cláusula I. de esta Norma, mediante la siguiente fórmula:

$$S = V \cdot PU \cdot (FRC - 1)$$

Donde:

S = Sanción aplicada como deducción, (\$)

V = Volumen del concreto lanzado del tramo, (m³)

PU = Precio unitario del concreto lanzado fijado en el contrato, (\$/m³)

FRC = Factor de sanción debida a la resistencia insuficiente del concreto lanzado, 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 a la compresión simple (f_c) del concreto lanzado en el tramo 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 a la siguiente expresión:

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

Donde:

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

f_{c_i} = Resistencias a la compresión simple individuales de los corazones probados, (MPa)

n = Número de corazones 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 a la compresión simple obtenidas, (MPa)

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

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

$$Cv = \frac{\sigma_{f_c}}{\bar{f}c}$$

Donde:

Cv = 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 a la siguiente expresión:

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

Donde:

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

$f'c$ = Resistencia de proyecto, (MPa)

$\bar{f}c$ y Cv tiene el significado indicado en los Incisos J.3.1. y J.3.3. de esta Norma, respectivamente.

- J.3.5.** 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 la escala horizontal 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 $f_{c_{RE}}$ sea menor de setenta y cinco centésimas (0,75), no se aceptará el concreto lanzado y el Contratista de Obra tendrá que reponer el tramo defectuoso por su cuenta y costo, a satisfacción de la Secretaría.

K. ESTIMACIÓN Y PAGO

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

L. RECEPCIÓN DE LA OBRA

Una vez concluida la colocación de concreto lanzado, la Secretaría lo aprobará y al término de la obra, cuando el túnel sea operable, lo recibirá conforme con 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.

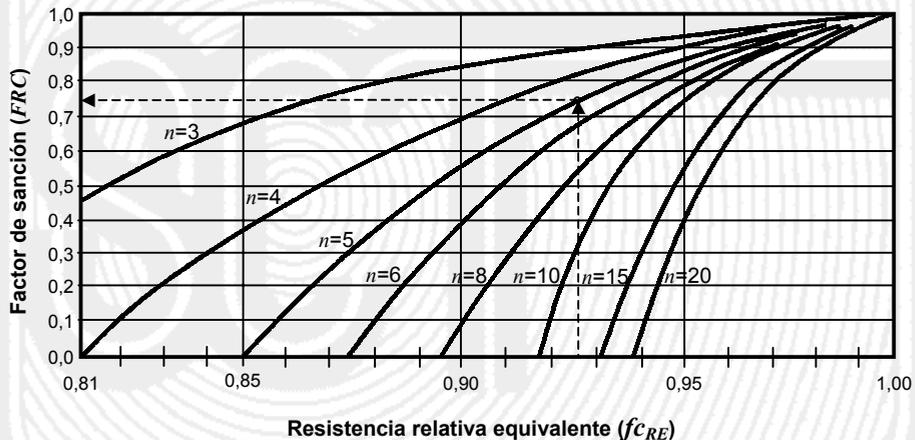


FIGURA 1.- Gráfica para determinar el factor de sanción por resistencia insuficiente del concreto lanzado (FRC)