

Concreto celular para rellenos

Artículo 611-22

611.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, acabado y curado del concreto celular de baja densidad elaborado en sitio, el cual consiste en la inclusión de burbujas de aire distribuidas uniformemente en una mezcla de agua-material cementante (en algunos casos pueden requerirse agregados).

Su uso está destinado a rellenos requeridos en obras viales de tipo: contención, tuberías, túneles, vías, y demás rellenos que requieran bajas cargas y mínimos empujes de acuerdo con los documentos del proyecto.

Esta especificación se basa en el documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete para aplicaciones geotécnicas como material de relleno.

611.1.1 Restricciones

El concreto celular de baja densidad, destinado para rellenos no puede ser utilizado como:

- Concreto estructural.
- Concreto para pavimentos, capa estructural de pavimento o capa funcional de pavimento.
- Prefabricados de concreto.
- Adoquines de concreto.
- Material expuesto a la erosión.
- Material que contenga aditivos que puedan

generar corrosión al acero de refuerzo.

611.2 Materiales

El concreto celular, es una mezcla homogénea de material cementante, agua, agente espumante, eventualmente adiciones suplementarias y/o complementarias y, en algunos casos, agregados, obteniendo como resultado una mezcla liviana que contiene burbujas de aire uniformemente distribuidas.

Los materiales deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

611.2.1 Concreto celular

El concreto celular, es una mezcla homogénea de material cementante, agua, agente espumante, eventualmente adiciones suplementarias y/o adiciones complementarias y, en algunos casos, agregados, obteniendo como resultado una mezcla liviana que contiene burbujas de aire uniformemente distribuidas.

Los materiales que componen el concreto celular deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

611.2.2 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico y su suministro deben cumplir con los requisitos descritos en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico.

611.2.3 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630, Concreto estructural.

611.2.4 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

611.2.5 Agente espumante

Los agentes espumantes deben cumplir con los requisitos de ASTM C869 cuando se prueben de acuerdo con las disposiciones de ASTM C796.

611.2.6 Agregados

El concreto celular de baja densidad puede requerir el uso de agregados livianos en su fabricación, tales como vermiculita o perlita, que cumplan con los requerimientos de la norma ASTM C332.

611.2.7 Aditivos y adiciones complementarias

Se pueden utilizar aditivos y adiciones complementarias que cumplan con lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630, además se deben tener en cuenta las recomendaciones dispuestas en el documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete.

611.2.8 Productos para el curado del concreto celular

Se puede realizar curado con agua o con compuestos curadores siempre y cuando se revisen las recomendaciones del productor del agente espumante. El curado debe realizarse hasta alcanzar la resistencia especificada.

611.3 Equipo

Es responsabilidad del constructor disponer de los equipos y elementos para el suministro de los materiales, fabricación, transporte, colocación, acabado y curado del concreto celular. También, equipos y elementos necesarios para limpieza, reparaciones, etc.

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Se deben cumplir las siguientes recomendaciones del documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete:

Los equipos utilizados para el mezclado de concreto hidráulico convencional no son permitidos en la elaboración del concreto celular, debido a que una mezcladora convencional no proporciona la velocidad adecuada para el correcto mezclado y homogenización de los materiales. Es recomendable implementar velocidades altas dentro de la mezcladora para garantizar una adecuada homogenización de los materiales con el agente espumante, de tal forma que se obtenga la consistencia adecuada para un concreto de baja densidad.

611.4 Ejecución de los trabajos

611.4.1 Diseño de mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación de los materiales componentes del concreto celular debe garantizar que se

obtenga una mezcla que cumpla la resistencia, la consistencia, la manejabilidad y las demás exigencias requeridas en los documentos del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los materiales componentes de la mezcla de concreto por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

El diseño de la mezcla debe garantizar los requisitos establecidos en la Tabla 611-1 de acuerdo con los documentos del proyecto.

611.4.2 Almacenamiento de los materiales

El material cementante, el agregado, el agente espumante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación.

Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto celular. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las indicaciones definidas en los numerales 630.4.3.1, 630.4.3.2 y 630.4.3.3 del artículo 630.

611.4.3 Condiciones de la superficie para aplicación

La superficie en donde se instala el concreto celular debe estar libre de vegetación, tierra blanda, húmeda, fangosa, suelta y otros materiales nocivos. De igual manera, la superficie debe estar condicionada conforme con los documentos del proyecto.

Una vez mezclado, el concreto celular se

bombea rápidamente a la ubicación de colocación sin un manejo excesivo.

611.4.4 Procesamiento

Los materiales para concreto celular son comúnmente procesados y mezclados en sitio, directamente en una mezcladora. El material cementante, las adiciones suplementarias, las adiciones complementarias y otros materiales en seco son pesados en una balanza calibrada, mientras que el agua de mezcla y los aditivos son medidos en volumen. La precisión de cada una de las mediciones es crítica para obtener la densidad de la mezcla y su reproducibilidad. Todos los dispositivos de medida deben estar calibrados antes de iniciar el proyecto y durante su ejecución.

611.4.5 Mezclado

La mezcla mecánica del concreto celular debe generar una distribución uniforme de los materiales con una consistencia adecuada para lograr la densidad especificada. Se debe evitar exceder el tiempo de mezclado, ya que puede ocasionar cambios en la densidad y en la consistencia.

En cada lote de producción de concreto celular, la mezcladora debe ser cargada primero con el agua de la mezcla, luego con los materiales secos, seguido de los aditivos y el espumante. La densidad de la mezcla debe ser monitoreada en el punto de colocación. Las proporciones de los agregados deben ser las adecuadas a la hora de la incorporación y el mezclado. Es necesario garantizar uniformidad en el mezclado para obtener una adecuada densidad en el punto de colocación.

611.4.6 Colocación

Por lo menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes de colocar el concreto celular en la obra, el constructor debe notificar por escrito

al interventor al respecto, para que este verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no puede comenzar mientras el interventor no haya aprobado la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto celular. Dichas superficies deben estar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial.

Se debe eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se coloque la mezcla controlando que, durante su colocación y el tiempo que esta dure fraguando, no se mezcle agua que pueda lavar o alterar el concreto en estado fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto celular deben estar libres de vegetación, tierra blanda, húmeda, fangosa, suelta y de otros materiales nocivos para la mezcla.

De acuerdo con el documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete, el concreto celular debe ser colocado progresivamente por medio de una bomba y la manguera de la bomba debe tener un diámetro suficiente para garantizar la adecuada entrega del concreto celular en el punto de colocación, (usualmente el diámetro varía entre cincuenta coma ocho milímetros (50,8 mm) o dos pulgadas (2,0 pulgadas) y, sesenta y tres coma cinco milímetros (73,5 mm) o (2,5 pulgadas)). El concreto celular puede ser bombeado en largas distancias (por encima de cuatrocientos sesenta metros (460 m) (1500 pies)).

La colocación del concreto celular se debe efectuar en presencia del interventor.

El concreto celular no se puede colocar cuando esté lloviendo, a no ser que el constructor suministre cubiertas que, a criterio y aprobación del interventor, sean adecuadas para

proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

Todo el concreto debe ser vaciado en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no se debe iniciar si no es posible completarla en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación, aprobado por el interventor.

611.4.7 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el constructor debe retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable, cumpliendo todos los requisitos de manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) establecidos en la legislación colombiana.

611.4.8 Conservación

El concreto celular debe ser mantenido en perfectas condiciones por el constructor, cumpliendo los requisitos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en los documentos del proyecto, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVIAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados, en los documentos del proyecto, las reparaciones realizadas y el

método de reparación.

611.4.9 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución de obras en concreto celular se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Se debe asegurar que la adquisición de los recursos y el manejo de los residuos cumplan los requisitos legales ambientales vigentes.

Se deben realizar todos los estudios, los trámites, los procedimientos y las actividades en obra necesarios para cumplir con las normas ambientales. Se debe entregar al interventor la documentación de la gestión ambiental.

611.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

611.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales, por parte del constructor, con la supervisión y la aprobación del interventor:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad establecidos

en el numeral 611.2

- Corroborar el cumplimiento de todas las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud, y los aspectos de sostenibilidad establecidos en el artículo 106.
- Supervisar que los trabajos se ajusten a las exigencias de esta especificación

Para efectos de pago, el interventor debe medir la cantidad de obra correctamente ejecutada y guiarse por los criterios establecidos en el plan de inspección, medición y ensayo aprobado por la interventoría.

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento, tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

611.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos correspondientes a este artículo se deben recibir si cumplen con las siguientes propiedades.

En la Tabla 611-1 se presentan los valores máximos de densidad del concreto celular en estado fresco y los valores mínimos de resistencia a la compresión para propósitos geotécnicos, conforme con el documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete.

611.5.2.1 Densidad y contenido de aire del concreto celular en estado fresco

La densidad y contenido de aire del concreto celular en estado fresco deben determinarse de acuerdo con los protocolos establecidos en la norma ASTM C796. Se debe realizar un ensayo por cada lote, el cual está definido como

Tabla 611-1 Tabla densidad vs resistencia

Clase	Densidad concreto fresco Máxima	Resistencia a la compresión Mínima	Capacidad portante
	kg/m ³	MPa	MPa
I	385	0,07	0,07
II	480	0,28	0,28
III	575	0,55	0,56
IV	670	0,83	0,82
V	800	1,1	1,1

el menor volumen entre una jornada de trabajo y cada ochenta metros cúbicos (80 m³) de concreto celular.

creto celular, se obtienen cuatro (4) especímenes cilíndricos para ser fallados a compresión a la edad especificada.

611.5.2.2 Densidad seca al horno

La densidad seca al horno debe determinarse de acuerdo con los protocolos establecidos en las normas ASTM C796 y ASTM C495, la cual por definición debe estar por debajo de ochocientos kilogramos por metro cúbico (800 Kg/m³). Se debe realizar un ensayo por cada lote, el cual está definido como el menor volumen entre una jornada de trabajo y cada ochenta metros cúbicos (80 m³) de concreto celular.

611.5.2.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el promedio de cuatro (4) especímenes cilíndricos de setenta y cinco milímetros (75 mm) de diámetro y ciento cincuenta milímetros (150 mm) de altura, ensayados a la edad especificada. La resistencia debe determinarse de acuerdo con los protocolos establecidos en las normas ASTM C796 y ASTM C495. Los especímenes para resistencia a la compresión no se deben secar al horno.

Por cada lote, el cual está definido como el menor volumen entre una jornada de trabajo y cada ochenta metros cúbicos (80 m³) de con-

611.5.2.4 Otros ensayos

Los documentos del proyecto deben establecer la realización de ensayos como la contracción por secado, la expansión térmica, la trabajabilidad, la conductividad térmica, la resistencia al fuego, la permeabilidad y la resistencia al congelamiento y deshielo, en cuyo caso se deben consultar en el documento ACI 523.1R-06 Guide for Cast-in-Place Low-Density Cellular Concrete.

611.5.3 Calidad de los materiales

El interventor no debe admitir tolerancias en relación con los requisitos establecidos en el numeral 611.5.2, para los diversos materiales que conforman el concreto celular de baja densidad, así como del producto terminado.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de mate-

riales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

611.6 Medida

La unidad de medida del concreto celular de baja densidad debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada en obra y debidamente acabada y curada; aprobada por el interventor de acuerdo con lo exi-

gido en esta especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se debe medir ningún metro cúbico (m^3) que el constructor haya colocado por fuera de los límites establecidos por el proyecto.

611.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario incluye materiales, producción, colocación y pruebas de materiales de concreto celular.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraen los agregados, así como el descapote y la preparación de las zonas por explotar y la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar la explotación.

Debe cubrir también, si no está incluido en otro ítem, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, y los de la explotación de ellas; la selección, la trituración y el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, los cargues, los transportes, los descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos, adiciones suplementarias y complementarias.

El precio unitario debe incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por

el constructor; el suministro, la instalación y la operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones si no está contemplada en el artículo 600; el suministro de materiales, accesorios para las formaletas, la obra falsa, su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, su transporte al sitio de la obra y la colocación; el suministro, la aplicación y acabado del producto para el curado del concreto terminado, la limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

También debe cubrir si no está incluido en otro ítem, el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor duran-

te la ejecución de los trabajos, y los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Las obras de concreto que estén cubiertas por otro ítem de pago, tampoco se consideran incluidas en el presente artículo.

611.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
611.1	Concreto celular para relleno _ Densidad ____kg/m ³ , Resistencia ____MPa	Metro cúbico (m ³)