

FOAMIN C

INTRODUCCIÓN

El Manual Técnico tiene como única pretensión brindar, a las personas que quisieran producir HORMIGÓN y CEMENTO CELULAR LIVIANO, los principios básicos de los cuales partir para obtener un producto de calidad, económico respecto a la mayor parte de los productos que puede sustituir, con características únicas, inalterables en el tiempo de: **Liviandad, Aislamiento Térmico, Inercia Térmica, Aislamiento Acústico, Incombustibilidad y de extrema facilidad de colocación en obra. A igualdad de peso con los otros materiales de construcción, también la Resistencia Mecánica es más que satisfactoria y siempre adecuada a los usos recomendados.**

PRIMERA PARTE

1 Además del cemento y la arena, los componentes necesarios para producir Cemento Celular Liviano (CCL), son:

El aditivo FOAMIN C®. El generador de espuma (G500), La Mezcladora Horizontal (MHC-250-500 y La Bomba.)

A)FOAMIN C® es un aditivo espumogeno de proteínas, la producción de espuma es compatible con prácticamente todos los cementos. El FOAMIN C® ha sido estudiado expresamente, para el uso en la preparación de los Cementos Celulares Livianos. (CCL) El FOAMIN C® fácilmente mezclable con agua y se utiliza en soluciones diluidas al 2 % es decir (2 kg en 100 lts de agua limpia) No influye en la hidratación del cemento y no tiene efectos nocivos sobre los materiales de construcción y la armadura. No es inflamable y no emite exhalaciones tóxicas. La espuma de este producto no influye sobre los fenómenos mineralógicos que tienen lugar durante el fraguado y el endurecimiento del cemento y de los hormigones.

B) Generador de espuma G 500 continuo. Es la máquina necesaria para la formación de la espuma y debe asegurar constancia y uniformidad en la espuma producida además de no poseer en la misma oxido, grasa, aceites etc. El generador puede producir entre 300-500 litros de espuma por minuto.

C) "mezcladora MHC-250-500" El tipo de MEZCLADORA para producir el HORMIGON CELULAR es de mucha importancia ya que será la encargada de mezclar el agua el cemento y la arena con la espuma. Por ello es muy recomendable este tipo de mezcladoras con eje de rotación horizontal. Este tipo de mezcladora, mezcla rápidamente el cemento con el agua y, sucesivamente, la lechada de cemento con la espuma, brindando un producto homogéneo y con la densidad justa. La simplicidad y la funcionalidad de esta máquina aumentan la cantidad producida y reduce el costo de mano de obra. Para la producción de Hormigón Celular Liviano (arena + cemento + agua + aditivo FOAMIN C®)

D) "BOMBA PARA PROYECTAR EL HORMIGON CELULAR" Para el transporte del Cemento Celular Liviano (lechada de cemento + espuma), aconsejamos las bombas de tipo a tornillo sin fin o

peristálticas, mientras que son decididamente desaconsejadas aquellas a pistón. Indicativamente, con una instalación estándar, se requieren dos hombres para producir y colocar de 25 a 35 m³ de Cemento Celular Liviano en 8 horas de trabajo.

La bomba acelera el trabajo pero no por ello debe cometer ciertos errores, como por ejemplo elevar el hormigón demasiados metros de altura ya que por una cuestión lógica las burbujas de aire se romperán y llegara solo hormigón sin burbujas.

2) Producción de Cementos y Hormigones Celulares Livianos.

a) Los componentes del CCL, se introducen en la hormigonera en el siguiente orden: agua-cemento-espuma (para mezclas con sólo cemento) agua-cemento-arena-espuma (para mezclas con arena y cemento) b) Con la mezcladora en movimiento, se cargan agua y cemento (o agua, cemento y arena) dejando mezclar hasta obtener una lechada (o mortero) de consistencia pastosa. Cuando la mezcla es homogénea se agrega la cantidad de espuma prevista y se continua a mezclar hasta que la misma se haya amalgamado por completo con la lechada (o con el mortero). A este punto el material está listo para la colada.

c) Se debe evitar absolutamente la excesiva permanencia del CCL en la mezcladora , en la bomba y en las tuberías, de manera de impedir el colapso de las burbujas y/o el inicio del fraguado antes que el CCL sea puesto en la obra. Por lo tanto, es conveniente cumplir la operación de mezcla, transferencia y colada en el tiempo más breve posible a fin de obtener los mejores resultados con el Hormigón y el Cemento Celular Liviano.

d) El curado del producto puede ser natural o acelerado. Este argumento se tratará en la SEGUNDA PARTE.

e) Se aconseja que el manufacturado, realizado con Cemento Celular Liviano curado al aire, se mantenga en almacenaje por lo menos 28 días, antes de ser colocado en obra. Durante la fase de fraguado y del primer período de endurecimiento, se aconseja estacionar el CCL de manera de impedir una deshidratación precoz, con la consecuente disminución de la resistencia mecánica. Se recomienda seguir lo más escrupulosamente posible las sugerencias anteriores a fin de obtener las mejores características fisico-mecánicas del CCL obtenidas con el aditivo espumógeno FOAMIN C®.

SEGUNDA PARTE

1) MATERIALES PARA PRODUCIR HORMIGÓN CELULAR LIVIANO

a) Áridos: Los áridos para la producción de Hormigón Celular Liviano son arena calcárea o sílicea, del tipo natural (fluvial) o de molino. Las de alto contenido de sílice dan mejores resultados y es muy importante que no contengan sustancias orgánicas y/o suciedad en general. Por lo general el grano no debe superar los 5mm para lograr un hormigón celular de calidad.

b) Espuma: La espuma se presenta como una masa blanca, homogénea y cremosa, conteniendo microburbujas. Del tubo del GNERADOR DE ESPUMA, la espuma debe salir de manera continua, sin interrupciones o cortes, y del peso ideal de 60-80 g por litro además NO debe presentar oxido alguno ya que ello infiere en la calidad de la espuma. Se hace notar que con un buen

mantenimiento y limpieza del GENERADOR, las características arriba enumeradas se mantendrán constantes por largos períodos de tiempo.

c) Cemento: El cemento debe ser elegido con cuidado por ello debe tener en cuenta algunas cuestiones relacionada a su ficha técnica y otras de cuidado en el manejo, para dar una mayor seguridad de constancia de calidad; sin embargo, por lo pronto se requiere cemento fresco, y finamente molido. Esto para asegurar una fina y uniforme película cementicia alrededor de las burbujas de la espuma. El empleo de cementos viejos, que han absorbido humedad con la posible formación de grumos, es poco apto para la formación de una buena estructura portante de cualquier tipo de hormigón. En el CCL (cemento celular ligero), en la mejor de las hipótesis, tiene como consecuencia una disminución de la resistencia mecánica y una prolongación de los tiempos de fraguado y endurecimiento. Dado que, a igualdad de relación agua cemento, no todos los cementos dan la misma plasticidad al mortero cementicio, es preferible elegir el tipo que soporta mejor una mayor cantidad de agua.

. 2) DENSIDAD OBTENIBLE Una de las características del aditivo FOAMIN C® consiste en dar la posibilidad de elegir la densidad del CCL que satisfaga gran parte de los requerimientos de los proyectistas y de las exigencias constructivas. En cuanto indica la cantidad de componentes del CCL de los cuales partir para producir la densidad deseada. Todas las cantidades son aproximadas, en cuanto la cantidad efectiva dependerá de los cementos y de las arenas obtenidas localmente.

3) SISTEMAS DE CURADO

- a) Curado al aire:** Este es el sistema generalmente empleado, por lo tanto, se considera superflua una descripción del método. A causa de la inclemencia del tiempo y de las bajas temperaturas, salvo en los casos en que se trabaje en ambientes cerrados y calefaccionados, el sistema de curado al aire podría traer problemas en los ritmos de producción, sobre todo en los meses invernales. En estos períodos, a los productores de prefabricado que trabajen en ambientes abiertos o sin calefacción, con el CCL podría no serles posible realizar coladas diarias, como con las altas temperaturas. Por lo tanto, con la intención de mantener un ritmo constante de trabajo durante todo el año, será necesario recurrir al curado acelerado, eligiendo el método que mejor se adapte a las características productivas. - Curado acelerado con empleo de aditivos químicos: El empleo de cementos de fraguado más rápido y/ el agregado de un aditivo acelerante, podrían permitir, dentro de ciertos límites de temperatura, efectuar el desmolde diario de los manufacturados La cantidad de aditivo estará vinculada a las variaciones de la temperatura 5 ambiente sea durante el ciclo de trabajo, que en el período sucesivo de fraguado del CCL. Serán necesarias pruebas preliminares, para establecer el dosaje justo. El aditivo se agrega directamente en la mezcladora junto con el agua de la mezcla. –
- b) Curado acelerado con empleo de vapor:** Los Hormigones Celulares Livianos pueden ser curados también con vapor. A diferencia del hormigón normal, el HCL contiene una notable cantidad de aire, que aumenta al disminuir la cantidad del producto. El vapor hace aumentar la temperatura interna de la masa y expande el aire contenido en las burbujas de la espuma. Si la película de cemento que envuelve las burbujas no está suficientemente endurecida, se producirá la rotura de la misma, con la consecuente reducción del nivel del

extradós de la alcatifa en HCL. Se verificará también una fermentación del HCL y el extradós del elaborado presentará manchas desiguales de hinchamiento y se resquebrajará con facilidad por al menos 1 o 2 centímetros. Teniendo en cuenta lo anterior se deberán adoptar las siguientes medidas: - Dar el vapor sólo después de 5-7 horas de la colada y en cada caso asegurarse que el CCL haya terminado la fase de fraguado e iniciado la de endurecimiento; Inicialmente la temperatura del vapor debe ser contenida y durante todo el ciclo no superar nunca los 65 – 70 °C. El período óptimo del ciclo completo es de 12 horas, subdividido de esta manera: 6 horas en las cuales la temperatura aumenta gradualmente; 4 horas a temperatura constante de 65 -70 °C; 2 horas a temperatura decreciente, para evitar el shock térmico. En el período subsiguiente, mantener los manufacturados cubiertos con una manta de celofán para evitar que la deshidratación muy rápida de la masa pueda producir una disminución anómala de la resistencia mecánica y la posibilidad de fisuraciones.

- c) **PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS y Conductividad térmica:** Una de las características fundamentales del CCL, que se mantiene inalterable en el tiempo, es un poder termo aislante tal de hacer de este material una de los más interesantes en el campo de los aislantes. El valor = 0,85 (Coeficiente de conductividad térmica, en seco) del Cemento Granular Liviano con densidad de 400 kg/m³, está estrechamente ligado a la densidad del material, a la dimensión y cantidad de burbujas contenidas, así como a la perfecta distribución de las mismas
- d) **Capacidad Térmica:** Cuando se debe afrontar el problema del aislamiento a nivel de proyecto, es indispensable considerar también la Capacidad Térmica, (Q) del material aislante. De tal relación se deriva que FOAMIN C[®] Hormigón y FOAMIN[®] Cemento Celular Liviano, además de poseer óptimos valores de aislamiento, tienen importantes propiedades de acumuladores térmicos. Esto significa que, cuando en invierno las temperaturas se vuelven más rígidas, sobre todo en las horas nocturnas, el CCL cede parte del calor almacenado precedentemente y lo absorbe cuando se verifica el fenómeno opuesto. En presencia de paredes con buena capacidad térmica, aún con recambios de aire, la temperatura ambiente no sufre variaciones relevantes. Tal fenómeno no se verifica con otros materiales aislantes como la madera, lana, resina, plástico, que, aún teniendo buenos valores de K, no alcanzan a acumular calor. Cuando se deben proyectar unidades habitacionales con propiedades aislantes, se debe considerar no sólo el aislamiento térmico, sino también la capacidad térmica de los materiales a emplear.
- e) **) CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Resistencia a la compresión:** En el CCL en condiciones de humedad normal, la resistencia mecánica disminuye al disminuir la densidad y están estrechamente vinculadas a la calidad y cantidad de cemento, a los diferentes tipos de arena y a su curva granulométrica. Las pruebas de resistencia a la compresión se realizan a 2, a 7, a 28 y a 180 días. Es necesario remarcar que la resistencia a la compresión del Hormigón Celular Liviano producido con FOAMIN C[®] aumenta hasta el 100% en el período de 28 a 180 días. La relación entre resistencia a la compresión y densidad del CCL da el Módulo de Resistencia Específica. Los datos de Resistencia a la Compresión, Módulo de Elasticidad, etc., están estrechamente ligados al cemento y a los áridos utilizados. Por lo tanto, todas las tablas deben ser consideradas exclusivamente como referencia a seguir en la realización de los ensayos de prueba.

- f) **Módulo de elasticidad:** En el Hormigón Celular Liviano, las deformaciones debidas a compresión o tracción no siguen la regla de los demás materiales el CCL tiene la particularidad de que no es tan elástico por ello es muy importante la base de una casa como así también las columnas pertinentes según el proyecto.
- g) **Contenido de humedad y poder absorbente:** A causa de la absorción del vapor y de la humedad presente en la atmósfera, el Hormigón Celular Liviano contiene, como el resto de los hormigones normales, una cierta cantidad de humedad. Tal contenido depende de las condiciones ambientales (humedad atmosférica), del tipo de inerte y de la estructura. Por lo tanto, con una adecuada elección del árido y de la densidad del CCL, gracias a la estructura de células predominantemente cerradas, el valor de la humedad absorbida por este producto **es muy baja**. En lo que concierne a la condensación de la humedad ambiente sobre las paredes, se detecta que, contrariamente a lo que ocurre con el hormigón normal, en el CCL tal fenómeno no se verifica, sino solamente en cantidad irrelevante.
- h) **Contracción y dilatación:** Como todos los productos sobre la base de cemento también el Hormigón Celular Liviano presenta fenómenos de contracción en la fase de endurecimiento. Estos valores dependen de muchas variables como: densidad del producto, tipo y cantidad de cemento por m³ sistema de curado, calidad y curva del árido. Los valores de contracción medidos después de 28 días de la colada (período dentro del cual se verifica la mayor parte de las dilataciones y de las contracciones) han dado los siguientes resultados: Densidad 1,200 1,400 1,700 kg/m³ 0,21 0,18 0,17 % La dilatación y la contracción del Hormigón y Cemento Celular Liviano, a las variaciones térmicas es muy reducida. Esta característica, sumada a su alto poder termo-aislante, y a la incombustibilidad, hace que el bloque o elaborado de CCL sea utilizable sea como pared antifuego, que como revestimiento externo de hornos.
- i) **Resistencia al hielo y al fuego:** - El hormigón Celular Liviano por su estructura particular predominantemente cerrada, ha dado óptimos resultados de resistencia a los ciclos de congelación y descongelación. Se aconseja, de todas maneras, en el caso de manufacturados expuestos a los agentes atmosféricos (lluvia, hielo, nieve, etc.), proteger el producto con revestimientos adecuados o con pinturas hidrorrepelentes. - La resistencia al fuego del CCL es muy elevada, por la estructura del material, la naturaleza de los componentes, el alto poder termo-aislante, y el bajo coeficiente de dilatación. En consecuencia, se puede afirmar que el Hormigón y Cemento Celular Liviano producido con el FOAMIN C[®] tienen también elevadas propiedades antiincendio.
- j) **Aislación acústica:** Los CCL tienen elevada capacidad fono-absorbente y discreta calidad fono-aislante. 9 Cuando el Hormigón Celular Liviano se emplea para paredes divisorias, se obtienen valores de capacidad de aislamiento y de aislamiento acústico superiores a aquellos obtenidos para los tradicionales muros en ladrillos. Valores indicativos de aislamiento acústico: Densidad kg/m³ 1200 1400 1700 Espesor 15 cm. dB 45 46 48 Espesor 25 cm. dB 52 53 55 Teniendo en cuenta estos valores, debemos considerar que: Los Cementos/Hormigones Celulares Livianos tienen una óptima calidad de absorción acústica y una discreta calidad de aislamiento acústico.

TERCERA PARTE

Aplicaciones principales en relación con la densidad:

- 1) El Cemento y el Hormigón Celular Liviano encuentran innumerables y cada día más amplias perspectivas de aplicación en todos los sectores del campo de la construcción. Indicamos a continuación, las aplicaciones más características y mayormente empleadas:
- 2) **300 - 600 kg/m³** (Cemento Celular Liviano) Aislamiento térmico de techos planos con correspondiente inclinación; sub bases para pavimentos rígidos; sub bases para canchas de tenis; relleno de crujiás; aislamiento de acequias; bloques termo-aislantes; protección contra el fuego de estructuras de acero; masas de compensación para protección de túneles y oleoductos; sub-bases y cubiertas de vertederos; saneamiento y consolidación de terrenos; relleno de cavernas y pozos subterráneos donde prevenir colapsos y cualquier tipo de relleno donde sea necesario una elevada aislación térmica.
- 3) **600 - 900 kg/m³** (Hormigón Celular Liviano) Subbases para pavimentación de establos, porquerizas y de pavimentos industriales; bloques y lastras para choques y para divisiones internas; lastras para techados; paneles mixtos de hormigón normal + Hormigón Celular Liviano.
- 4) **900 - 1200 kg/m³** (Hormigón Celular Liviano) Bloques para muros externos; lastras para tabiques; paneles mixtos de hormigón y Hormigón Celular Liviano para techados; subbases para pavimentos elásticos
- 5) **1200 - 1700 kg/m³** (Hormigón Celular Liviano) Paneles prefabricados para rellenos civiles e industriales, colada de paredes en obra; ornamentos para jardín. **APLICACIONES ESPECIALES** Considerando que las características técnicas del CCL producido con FOAMIN C[®] son: óptimo aislamiento térmico; óptima inercia térmica; buena resistencia a la compresión, comparada con las diferentes densidades; totalmente incombustible; inalterable en el tiempo; menor formación de craquelado respecto a los CCL producidos con espumógenos a base protéica Evidenciamos algunas aplicaciones específicas del producto: a) Subbases para pavimentos rígidos (balosas de cerámica, mármol, lozas de mármol granulado, etc., colocadas con mortero); Generalmente, sea por el bajo costo y la facilidad de colocación, o para cargar lo menos posible las estructuras, se emplea una densidad de 400 kg/m³ . El espesor mínimo aconsejado para este sub fondo es de 4 - 5 cm. Se recomienda antes de la colada de CCL mojar el entramado, evitando la formación de acumulaciones de agua. Se aconseja además, para obtener un óptimo resultado de aislamiento acústico, separar la tabiquería del sub fondo insertando a todo lo largo del perímetro de las paredes una tira de cartón alquitranado, o lana de vidrio, o de panel de goma, y colocar sobre el sub fondo de CCL un apropiado panel fono-aislante. b) Subbases para pavimentos elásticos (alfombras, linoleum, goma, etc.): Dado que tales pavimentos se encolan directamente sobre la sub base, la densidad más idónea es de 1400 kg/m³ . Este tipo de sub base puede ser también realizada con Cemento Celular Liviano de densidad 400 kg/m³ , y sobresaliente alcatifa de mortero con un espesor de 4 – 5 cm. c) Aislamiento térmico y pendientes de techos planos: Para esta aplicación la densidad ideal es de 400 kg/m³ y la pendiente estándar 1-1,5 %. **El espesor mínimo, al final de la pendiente, no debe ser inferior a 5 cm.** Se recomienda de mojar el entramado antes de la colada de CCL, sin

crear pozas de agua y, en la estación estival, se aconseja de mojar constantemente también el Cemento Granular Liviano, durante las 48 horas posteriores a la colada, a fin de evitar un deshidratación muy rápida. d) Relleno de crujiás: Para tal empleo la densidad aconsejada es de 300 kg/m³. La crujiá deberá ser llenada en varias coladas (30-50 cm por vez) con intervalos de 12 horas entre ellas. 11 e) Pavimentos de construcciones agrícolas, industriales, etc.: La densidad más conveniente para esta aplicación es de 1200 kg/m³ o una subcapa de 400-500 kg/m³ de densidad, con una loza de hormigón de por lo menos 10 cm sobrepuesta. Es importante notar que tal aplicación ha dado interesantes resultados en establos, donde el aislamiento del pavimento ha creado un ambiente térmicamente más idóneo para los animales. f) Bloques para muros y paneles de modestas dimensiones: La densidad de tales manufacturados pueden variar de 800 a 1100 kg/m³, en función de la resistencia mecánica deseada, del aislamiento térmico y de las dimensiones. Para la colada de los manufacturados, utilizar encofrados laterales en hierro o madera, mientras que los del fondo deberán en cada caso ser de hierro o de cemento. Para desarmar o acelerar el fraguado, utilizar sólo productos de calidad. g) Paneles para tabiquería y cierres en general: La densidad empleada en este campo varía de 1200 a 1700 kg/m³ y se elegirá la densidad que satisfaga la resistencia mecánica requerida, considerando los espesores y dimensiones de los manufacturados. En el tipo de losas mixtas (hormigón normal + Hormigón Celular Liviano), **se recomienda efectuar la colada del Hormigón Celular Liviano inmediatamente después de la del hormigón normal**, a fin de permitir un fraguado contemporáneo y por lo tanto una perfecta adherencia entre los dos materiales diferentes. Esta tecnología es una guía para el uso del agente espumógeno FOAMIN C[®], y describe los métodos de su uso para la producción de los hormigones celulares livianos y del cemento celular liviano. Los valores presentados en este boletín son aquellos medidos en el laboratorio y deben servir solo como guía. Los mismos son indicativos, y no se garantizan, especialmente si la aplicación y empleo del producto se produce fuera de nuestro control.