



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-13-2020

Informe de la revisión de los diseños de mezcla de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal - Cañas

INFORME FINAL



Tomado de: <https://www.presidencia.go.cr/>

Preparado por:
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc - Coordinadora
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Octubre, 2020



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Comentarios generales	4
III.	Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2”	4
III.1	Procedimiento del diseño de mezcla.....	5
III.2	Características de la mezcla diseñada.....	6
IV.	Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 3. Caracterización Agregados Rey Tierra”	7
V.	Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2”	9
VI.	Comentarios a los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 5. Caracterización Agregados Abangares” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 6. Caracterización Polvo de Piedra San Buena” ⁹	
VII.	Comentarios a los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 7. aditivo-reductor-agua-retardante-fragua” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 8. Sika ViscoFlow-10 MX”	11
VIII.	Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 9. Sika Fibermesh 150”	11
IX.	Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 11. IND ABRIL”	12
X.	Comentarios finales.....	12
XI.	Referencias	12



Revisión de los diseños de mezcla de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal – Cañas

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los documentos de los diseños de mezcla de concreto propuestos por la empresa LafargeHolcim Costa Rica, para la losa de pavimento del Proyecto Limonal – Cañas, y los informes de caracterización de agregados realizados por varios laboratorios. Esta información es proporcionada por el Consorcio Ruta 1 IN.

Los documentos revisados para este proyecto son los siguientes:

- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 3. Caracterización Agregados Rey Tierra
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 5. Caracterización Agregados Abangares
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 6. Caracterización Polvo de Piedra San Buena
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 7. aditivo-reductor-agua-retardante-fragua
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 8. Sika ViscoFlow-10 MX
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 9. Sika Fibermesh 150
- 2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 11. IND ABRIL

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de los documentos considerados.

II. Comentarios generales

Al finalizar la revisión de los documentos aportados por la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se puede inferir que se cuenta con un adecuado diseño de mezcla de concreto, sin embargo, faltan algunas revisiones adicionales y específicas, sobre todo por tratarse de mezclas de concreto compuestas por agregados calizos.

En cuanto a formato del texto, es importante considerar que un informe técnico que redacta en tercera persona y en la medida de lo posible en infinitivo, y en algunas secciones de este informe esta no es la forma en que se observa la redacción.

Adicionalmente, se insiste en la utilización del Sistema Internacional de Unidades, pues en Costa Rica se considera como reglamentario en los documentos oficiales del o para el Estado.

III. Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2”

Se revisa el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2” en el que LafargeHolcim hace la descripción del procedimiento de trabajo para establecer el diseño de mezcla propuesto para el concreto de la losa de pavimento para el Proyecto Limonal – Cañas.



III.1 Procedimiento del diseño de mezcla

Se observa que se tiene como premisa diseñar para una resistencia a la flexión de 45 kg/cm^2 , con un asentamiento de $50 \pm 35 \text{ mm}$. Respecto a la resistencia, esta cumple con lo establecido en la sección 501 “Pavimento de concreto hidráulico” del Manual de especificaciones para carreteras, por lo que se considera adecuada. Para el caso del asentamiento este también se considera adecuado, sin embargo, la tolerancia indicada en la tabla 501-1 es de $\pm 20 \text{ mm}$, por lo que se presume que esta tolerancia fue establecida en el propio cartel del proyecto. Si no fue así, es importante solicitar el respaldo técnico que acompaña el cambio en la tolerancia del asentamiento.

Con respecto a la selección del tamaño máximo del agregado, se considera adecuado el tamaño máximo de 25 mm elegido, siendo también consistente con lo indicado por la sección 501 del Manual de especificaciones del CR. La cantidad de agua asociada al asentamiento y tamaño máximo elegido, es la indicada por el ACI 211.1 “Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo”. Sin embargo, LafargeHolcim indica que se realizaron las mezclas de concreto en el laboratorio, para ajustar la cantidad de agua y el contenido de aire de la mezcla, y se estableció que el contenido de agua sería de $175 \text{ litros por metro cúbico de concreto}$ tomando en cuenta el uso de aditivos reductores de agua y un contenido de aire de 1.5% . A pesar de que estos números brindados en este reporte no se consideran absurdos, no se cuenta con la información de los resultados de los diseños de mezcla como para determinar que la conclusión alcanzada es la más adecuada para el diseño de mezcla final de concreto para la losa de pavimento. Se considera recomendable solicitar esta información adicional de la campaña de diseños de mezcla realizada a nivel de laboratorio para establecer si la conclusión de la dosificación final del concreto es adecuada. Cabe rescatar que el contenido de aire determinado, cumple con lo establecido en la tabla 501-1 del Manual de especificaciones del CR.

En cuanto a la relación agua – cemento, LafargeHolcim indica que el cartel establece como máximo 0.50 . La sección 501 del Manual de especificaciones del CR indica que como máximo se debe contemplar una relación agua – cemento de 0.49 . Este ligero aumento, no se considera el constituyente de una falla importante para el diseño, pues igualmente se debe cumplir el requisito de resistencia de la mezcla. Pese a ello, LafargeHolcim comenta que, con la campaña de diseños de mezcla realizados, establecieron que la relación agua – cemento óptima para este concreto es de 0.44 . Al igual que con el contenido de agua de diseño en la mezcla comentado en el párrafo anterior, a pesar de que el valor de 0.44 pareciera adecuado, no se puede establecer con contundencia ya que no se cuenta con la evidencia de los resultados de los diseños de mezcla realizados en el laboratorio, para concluir que el diseño de mezcla con 0.44 de relación agua – cemento es el más adecuado. Con esto, se cuenta con más argumentos que apoyan la necesidad de solicitar los resultados de la campaña de diseños de mezcla para verificar las conclusiones establecidas.

Respecto a la estimación del volumen de agregado grueso en la mezcla de concreto, LafargeHolcim indica que el ACI cuenta con una tabla en que se establece este contenido dependiendo del tamaño máximo del mismo y el módulo de finura del agregado fino, solamente que no se especifica que el ACI 211.1 indica que, para mezclas de concreto que van a ser utilizadas en pavimentos, los valores dados en la tabla pueden incrementarse un 10% . Esto da origen a la tabla que LafargeHolcim muestra en el reporte y que se considera correcta.

Adicionalmente, a la determinación de la cantidad de agregado grueso en la mezcla, LafargeHolcim utiliza el método de Shilstone para afinar las cantidades de agregado grueso, intermedio y fino en la mezcla y que esta resulte trabajable. Esta afinación se considera adecuada, dada la metodología empleada y las condiciones del cartel respecto a la limitación de características propias del agregado que se empleará en la mezcla.



En el caso de la estimación del agregado fino, esta se considera adecuada.

Por último, LafargeHolcim indica que se realizó una serie de ensayos de laboratorio para probar la mezcla diseñada y con ellos se realiza el ajuste del agua de diseño, se determina el contenido de aire de la mezcla y se calibra el contenido de agregado grueso. Como se ha comentado anteriormente, no se tiene evidencia de los resultados de dicha campaña por lo que no es posible establecer si la conclusión establecida por LafargeHolcim respecto al diseño de mezcla es el diseño óptimo para la mezcla de concreto.

III.2 Características de la mezcla diseñada

El documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2” muestra la caracterización de los materiales que fueron utilizados como componentes de la mezcla de concreto diseñada. De estos se comenta lo siguiente:

1. **Cemento:** LafargeHolcim indica que se utiliza un cemento tipo MP/A-28, que es el equivalente a un cemento tipo HE según la norma ASTM C1157, el cual es un tipo de cemento de alta resistencia temprana. Sin embargo, según el reglamento RTCR 479 “Materiales de construcción. Cementos hidráulicos. Especificaciones” los cementos de alta resistencia temprana se clasifican con el sufijo “AR” por lo que, si este cemento se tratara de un cemento de alta resistencia temprana, debería catalogarse tipo MP/A-AR. El cemento utilizado en este diseño de mezcla tiene por especificación una resistencia a los 28 días de 28 MPa y para verificar que cuenta con una alta resistencia temprana, se debe contar con los resultados de laboratorio que demuestren que a pesar de ser un tipo de cemento “28”, cumple con los valores de resistencia solicitados por la norma para un tipo “AR”. Esto se discutirá más adelante en el apartado IX.

2. **Agregados:** LafargeHolcim indica que para el agregado grueso se utiliza una combinación de agregados de 25 mm y 12.5 mm provenientes del Tajo Rey de la Tierra, mientras que el agregado fino también es producto de una combinación de arena natural con polvo de piedra, procedentes ambas del mismo tajo. En el apartado IV se realizan los comentarios pertinentes a los agregados de este tajo.

3. **Aditivos:** LafargeHolcim indica que se utiliza un aditivo retardante de fragua, un aditivo reductor de agua de alto rango y fibras sintéticas para minimizar el agrietamiento del concreto por contracción plástica. A este respecto, se considera adecuado utilizar fibras para minimizar el agrietamiento del concreto y un aditivo reductor de agua ya que generalmente se utiliza para mejorar la trabajabilidad en concretos que se encuentran reforzados con fibra. Sin embargo, no se tiene claro el uso de un aditivo retardante de fragua y es por ello que se considera recomendable solicitar la aclaración del caso. Adicionalmente, no se observa la revisión del contenido de fibras en la mezcla de concreto, para determinar si se debe realizar la corrección indicada en el apartado 5.4.7.1 del ACI 325.14R “Guía para el diseño y dosificación de mezclas de concreto para pavimentos”.

4. **Dosificación teórica:** En cuanto a la dosificación teórica, LafargeHolcim muestra las proporciones dada la aplicación de las metodologías anteriormente discutidas y parecieran ser apropiadas dadas las caracterizaciones de los materiales. Sin embargo, cuando se muestra el factor de grosor (CF) de la mezcla, el factor de trabajabilidad (WF) y la corrección de la trabajabilidad por el contenido de cemento, LafargeHolcim solo muestra el resultado y no se realiza ningún comentario o conclusión al respecto, por lo que no queda claro que la mezcla es adecuada dados los resultados de estos factores.



5. **Resistencias obtenidas:** Para este caso, LafargeHolcim indica que el ACI 318 “Requisitos de Reglamento para concreto estructural” no cuenta con una especificación para resistencias de diseño de mezclas de concreto, por lo que, para establecer la resistencia de diseño, se basan en los criterios dados tanto por el ACI 301 “Especificaciones para el concreto estructural”, los cuales se consideran adecuados para este tipo de obra.

IV. Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 3. Caracterización Agregados Rey Tierra”

Se revisa el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 3. Caracterización Agregados Rey Tierra”, que constituye el informe de resultados de ensayo “INF. LABG-219a-2020” de la empresa CACISA. En este se muestran los resultados de la caracterización de los agregados del Tajo Rey de la Tierra, para 4 tipos de agregados, a saber: agregado de 25 mm, agregado de 12.5 mm, arena natural y agregado fino polvo de piedra.

Al respecto de los resultados arrojados por la empresa CACISA no se tienen comentarios, pues al encontrarse los ensayos acreditados, se considera que los resultados son adecuados.

Ahora bien, como los agregados grueso y fino se combinan, entonces son las granulometrías resultantes las que se deben comprar contra lo establecido en las tablas 501-2 y 501-3 de la sección 501 del Manual de carreteras CR. Para verificar este cumplimiento, se vuelve a revisar el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2” el cual posee la granulometría combinada para ambos agregados.

Para el agregado grueso, se comparan los resultados de la curva granulométrica resultante de la combinación de los agregados de 25 mm y 12.5 mm, con la granulometría B de la tabla 501-2, observándose que cumple con las especificaciones. Por otro lado, la curva granulométrica resultante de la combinación de los agregados finos, se compara con lo establecido en la tabla 501-3, observándose que no se cumple con el porcentaje pasando el tamiz de 75 μm , probablemente debido a que el polvo de piedra posee un alto contenido de material más fino que 75 μm . Cabe recordar que, en este caso, el porcentaje pasando de materiales más finos que el tamiz 75 μm puede aumentarse a 5%, pues uno de los agregados finos es producto de la manufacturación y el concreto será sometido a constante abrasión. A pesar de la licencia que permite la norma INTE C15 (ASTM C33), no se logra alcanzar esta especificación.

Una explicación probable del alto contenido de material más fino que el tamiz de 75 μm del agregado manufacturado de este tajo, es que puede estar constituido por materiales calcáreos, pues la zona del río Tempisque es conocida por estar compuesta por formaciones que contienen roca caliza. En el documento “Descripción, clasificación y aspectos geológicos de las zonas kársticas de Costa Rica” se indica que una de las zonas kársticas de Costa Rica (constituida por roca caliza) extiende desde Colorado de Abangares hasta Nicoya-Santa Ana.

La roca caliza, es una roca sedimentaria que está compuesta por el mineral calcita que cuenta con una dureza de 3 en la escala de Mohs y a su vez susceptible a la presencia de ácidos. Por tanto, cuando este el material es sometido a un proceso de trituración y quebrado, puede generar una cantidad importante de finos. En la Figura 1 del agregado del Tajo Rey de la Tierra, se puede observar que durante el proceso de quebrado del material se produce una importante cantidad de polvo, confirmando que en este proceso se puede generar una cantidad importante de material fino, y en Figura 2 se observa que el material es blancuzco e incluso deja trazas blanquecinas en el suelo sobre el que se colocan los acopios, respaldando de cierta manera que se puede tratar de un material calcáreo.



Tomada de <https://www.facebook.com/tajoelreydelatierra>

Figura 1. Fotografía del Tajo El Rey de la Tierra



<https://tajo-el-rey-de-la-tierra.negocio.site/>

Figura 2. Fotografía del acopio de agregados Tajo El Rey de la Tierra

Sin embargo, para asegurar que esta es la explicación del contenido de material más fino que el tamiz de 75 μm , se debería realizar un análisis mineralógico y determinar si este yacimiento se trata efectivamente de roca caliza.

Cabe destacar que la piedra caliza se puede utilizar como agregado para la construcción en mezclas de concreto. Sin embargo, hay que recordar que este tipo de rocas se pueden desgastar con facilidad ante procesos erosivos o abrasivos como el caso del paso continuo de vehículos sobre ellos. Además, es importante considerar que la propiedad friccionante de las superficies de rueda, se encuentran definidas por las características del agregado utilizado en la mezcla. En las mezclas asfálticas, se ha llegado a establecer que el agregado grueso es el que determina esta característica, mientras que en las mezclas de concreto hidráulico esta propiedad está determinada por la presencia del agregado fino. Es por ello, que se considera necesario evaluar las propiedades de desgaste y pulido para las mezclas que vayan a ser propuestas para la superficie del pavimento, sobre todo si en su composición se encuentra el agregado calizo, ya que estas rocas además de desgastarse con facilidad, el agregado se pule afectando la capacidad de “agarre” de los neumáticos a la superficie del pavimento. Por tanto, se considera recomendable realizar



adicionalmente ensayos como el de residuo insoluble (ASTM D3042), pulimento acelerado (ASTM D3319) y residuo insoluble en ácido (UNE-EN 196-2).

Cabe recordar que la sección 703.07 “Agregados para mezcla asfáltica” no permite el uso de agregados calizos a menos que se cumplan con las características descritas en la tabla 703-11.

Por último, es importante considerar que el carbonato de calcio (CaCO_3) que es el componente predominante de las rocas calizas, al ser calcinado puede generar hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) que, al combinarse con el agua, genera una película que puede ser resbaladiza, por lo que debe cuidarse que este tipo de rocas no sufran del proceso de calcinación al ser utilizadas en mezclas de concreto.

V. Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2”

Al revisar el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V” se determina que aplican los mismos comentarios realizados en el apartado III, haciendo énfasis en que tampoco se anexan los resultados de la campaña de los diseños de mezcla realizados, en lo que se podría observar la optimización de la proporción de los agregados, el ajuste del contenido de agua de diseño en la mezcla y los resultados de los asentamientos obtenidos.

Adicionalmente, es en este documento en que se indica explícitamente que se está utilizando una arena de origen calizo, la del Tajo San Buena, sin embargo, no se observa que se haya realizado algún ensayo adicional que permita determinar sus características de pulimento. Esto se comenta con más detalle en el apartado VII.

VI. Comentarios a los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 5. Caracterización Agregados Abangares” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 6. Caracterización Polvo de Piedra San Buena”

Se revisa el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 5. Caracterización Agregados Abangares”, compuesto por los informes de resultados de ensayo “INF. LABG-259-2020, Rev 1” e “INF. LABG-312a-2020” de la empresa CACISA. En estos se muestran los resultados de la caracterización de los agregados del Tajo Abangares, para 3 tipos de agregados, a saber: agregado de 25 mm, agregado de 12.5 mm y agregado fino polvo de piedra.

Al respecto de los resultados arrojados por la empresa CACISA no se tienen comentarios, pues al encontrarse los ensayos acreditados, se considera que los resultados son adecuados.

Por otro lado, se revisa el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 6. Caracterización Polvo de Piedra San Buena” que contiene el informe de resultados de ensayo “I-R1-871-20” de la empresa INSUMA. Al respecto de los resultados obtenidos de los ensayos, no se tiene comentarios específicos. Sin embargo, es importante indicar que este laboratorio no cuenta con ninguno de los ensayos realizados para este informe acreditados. Habiendo laboratorios que si cuentan con los ensayos acreditados, se considera importante indicar a la Administración que estos detalles sean considerados, velando por el cumplimiento de la ley 8279 del Sistema Nacional de la Calidad.

Otro aspecto a considerar en este informe de la empresa INSUMA es que no se realizaron ensayos para agregados calizos, como por ejemplo residuo insoluble, y con ello determinar su capacidad de trabajar adecuadamente en una mezcla de concreto para pavimento.



Ahora bien, con respecto a la caracterización de los agregados como componentes de la mezcla de concreto, como los agregados grueso y fino se combinan, entonces son las granulometrías resultantes las que se deben comprar contra lo establecido en las tablas 501-2 y 501-3 de la sección 501 del Manual de carreteras CR. Para verificar este cumplimiento, se sigue el mismo proceso de trabajo indicado en el apartado IV, por lo que se vuelven a consultar el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2” el cual posee la granulometría combinada para ambos agregados.

Para el agregado grueso, se comparan los resultados de la curva granulométrica resultante de la combinación de los agregados de 25 mm y 12.5 mm, con la granulometría B de la tabla 501-2, observándose que cumple con las especificaciones a excepción de lo establecido para el tamiz de 19 mm, que se encuentra un poco más grueso de lo indicado. Por otro lado, la curva granulométrica resultante de la combinación de los agregados finos, se compara con lo establecido en la tabla 501-3, observándose que no se cumple con el porcentaje pasando el tamiz de 75 μm , probablemente debido a que ambos agregados de polvo de piedra poseen un alto contenido de material más fino que 75 μm . Cabe recordar que, en este caso, el porcentaje pasando de materiales más finos que el tamiz 75 μm puede aumentarse a 5%, pues uno de los agregados finos es producto de la manufacturación y el concreto será sometido a constante abrasión. A pesar de la licencia que permite la norma INTE C15 (ASTM C33), no se logra alcanzar esta especificación.

La misma explicación del contenido más fino que el tamiz de 75 μm que se indicó en el apartado IV, es posible que sea el mismo para estos materiales. En este caso el material del Tajo San Buena, es explícitamente catalogado como agregado calizo y de la Figura 3 se puede observar que es así, pues se trata de un agregado blanquecino, característico de los materiales calcáreos.



Tomada de <http://www.amakocr.com>

Figura 3. Fotografía de material en acopio del Tajo San Buena

Sin embargo, de lo observado en la Figura 4 no se puede decir lo mismo del agregado del Tajo Abangares, ya que el agregado no es tan claro como el del Tajo San Buena. Sin embargo, este tajo se ubica en una zona en la que se puede encontrar formaciones de roca caliza, por lo que habría que hacer un análisis de composición mineralógica para determinar si también se trata de un material calcáreo. Por lo pronto, lo que se puede comentar es que el agregado fino cuenta con un alto contenido de material más fino que el tamiz de 75 μm . Se considera recomendable arreglar esta situación utilizando otro agregado fino para que se cumpla con las especificaciones del material.



Tomado de <https://www.google.co.cr/maps/place/Quebradores+Abangares>
Figura 4. Fotografía de agregados del Tajo Quebradores Abangares

Con respecto a lo indicado en el apartado IV acerca de las rocas calizas, también aplican los comentarios para los materiales analizados en este apartado.

VII. Comentarios a los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 7. aditivo-reductor-agua-retardante-fragua” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 8. Sika ViscoFlow-10 MX”

Se revisan los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 7. aditivo-reductor-agua-retardante-fragua” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 8. Sika ViscoFlow-10 MX” aportados por LafargeHolcim. Se trata de las fichas técnicas de los aditivos reductor de agua y superplastificante, Ambos cumplen con lo establecido por la normativa INTE C21 (ASTM C494) para aditivos que pueden ser utilizados para concreto.

Como se comentó anteriormente, es importante conocer los resultados de la campaña realizada para la ejecución de los diseños de mezcla, para determinar las dosis de los aditivos y verificar el aporte que están proporcionando al concreto, y con ello verificar la optimización de los mismos. Al menos, de los documentos “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2” y “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2” se observa que las dosis establecidas para el diseño de mezcla no sobrepasan las recomendaciones del fabricante.

Adicionalmente, se considera importante conocer la razón por la cual se utiliza un aditivo retardante de fragua, ya que los tiempos de colocación que se manejan para los pavimentos de concreto no son altos y son suficientes para conservar las características plásticas del concreto fresco durante su colocación. Se desconoce si la planta que suministrará el concreto se encuentra alejada del proyecto, en cuyo caso se considera adecuado el uso de un retardante de fragua. Sin embargo, se considera importante aclararlo.

VIII. Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 9. Sika Fibermesh 150”

Se revisa el documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 9. Sika Fibermesh 150” el cual es la ficha técnica para las fibras sintéticas utilizadas en la mezcla de concreto para proporcionar una reducción del agrietamiento por contracción que se podría presentar en las losas de pavimentos.



De lo indicado en la ficha, se observa que una de las principales aplicaciones que tienen estas fibras es precisamente en losas que se colocan contra el suelo, tal como lo son las losas de pavimento. Su uso se considera adecuado.

Sin embargo, el ACI 325.14R “Guía para el diseño y dosificación de mezclas de concreto para pavimentos” en el apartado 5.4.7.1 indica que cuando se utilizan fibras sintéticas en dosificaciones de concreto para losas de pavimento, debe existir una reducción en los límites granulométricos del agregado del 10%, si es que la cantidad de fibra utilizada se encuentra entre 0.25% y 0.4% en volumen, y entre 15% y 20% si el contenido de fibra supera el 0,4%. Estos aspectos no fueron revisados en los diseños de mezcla aportados por la empresa LafargeHolcim. Se considera adecuada su revisión.

IX. Comentarios al documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 11. IND ABRIL”

El documento “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 11. IND ABRIL”, consiste en el informe de resultados de la producción del mes de abril de 2020 para un cemento tipo MP/A – 28. Según se comentó en el apartado III.2, la empresa LafargeHolcim indica que se trata de un cemento de alta resistencia temprana, es decir un tipo “AR”.

Al observar los resultados de las resistencias del informe del mes de abril, se determina que los valores de resistencia a uno y tres días si podría corresponder a un cemento de alta resistencia temprana, sin embargo, no es así como lo clasifica la empresa LafargeHolcim. Por lo tanto, a pesar que se cuenta con las resistencias características de un cemento “AR” se considera conveniente solo indicar el tipo que se encuentra en el etiquetado. El asunto es que eventualmente pueden existir cambios en la producción que cambien las propiedades de resistencia y continúe cumpliendo con el tipo de cemento MP/A – 28 y ya no con un tipo “AR”.

X. Comentarios finales

Después de revisar los documentos enunciados en el apartado I, se considera que a pesar de que los diseño de mezcla pueden ser adecuados para el diseño de la losa de pavimento del proyecto, falta información adicional de los resultados de las campañas de diseños de mezcla evaluadas para optimizar la mezcla de concreto para cada fuente de agregados. Además, faltan revisiones adicionales en cuanto al contenido de fibra colocado en la mezcla, para cumplir con las recomendaciones indicadas por el ACI 325.14R.

Adicionalmente, se considera que no se ha analizado de manera exhaustiva la utilización de agregados calizos en la mezcla de concreto, lo cual se considera recomendable dada la tendencia de pulimento del material calizo, que puede generar problemas de “agarre” de los neumáticos en el pavimento.

XI. Referencias

1. American Concrete Institute. “ACI 211.1 “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete”. Michigan, 2014.
2. American Concrete Institute. “ACI 301 “Especificaciones para concreto estructural”. Michigan, 2010
3. American Concrete Institute. “ACI 318 “Requisitos de Reglamento para concreto estructural”. Michigan, 2020.



4. American Concrete Institute. "ACI 325.14R "Guide for Design and Proportioning of Concrete Mixtures for Pavements!". Michigan, 2017.
5. ASTM International. "ASTM C1157. Standard Performance Specification for Hydraulic Cement". Pensilvania, 2020.
6. CACISA. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 3. Caracterización Agregados Rey Tierra". Guanacaste, 2020.
7. CACISA. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 5. Caracterización Agregados Abangares". Guanacaste, 2020.
8. INSUMA. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 6. Caracterización Polvo de Piedra San Buena". Guanacaste, 2020.
9. Instituto Mexicano de Transporte. "Publicación Técnica No. 340: Mejoramiento de la resistencia al deslizamiento por medio de mezclas de agregados". Querétaro, 2010.
10. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. "INTE C15. Agregados para Concreto. Requisitos". San José, 2019.
11. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. "INTE C21. Aditivos químicos para el concreto". San José, 2019.
12. LafargeHolcim. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2". Cartago, 2020.
13. LafargeHolcim. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2". Cartago, 2020.
14. LafargeHolcim. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 11. IND ABRIL". Cartago, 2020.
15. SIKA. "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 7. aditivo-reductor-agua-retardante-fragua". Heredia, 2020.
16. SIKA "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 8. Sika ViscoFlow-10 MX". Heredia, 2020.
17. SIKA "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 9. Sika Fibermesh 150". Heredia, 2020.
18. Ulloa, A; et. al. "Descripción, clasificación y aspectos geológicos de las zonas kársticas de Costa Rica". San José, 2011.