



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-01-19

### Revisión de los diseños de mezcla para los pilotes de la Ruta Nacional N°32, realizados por la empresa OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

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



San José, Costa Rica  
Febrero, 2019





**CONTENIDO**

- I. Introducción ..... 4
- II. Concreto autocompactable..... 4
- III. Revisión de los diseños de mezcla propuestos por la empresa OJM..... 6
  - III.1 Mezcla de concreto autocompactable del informe 40-002-2019 ..... 6
  - III.2 Mezcla de concreto autocompactable del informe 40-003-2019 ..... 8
- IV. Comentarios acerca de la revisión de los informes..... 9
- V. Revisiones de videos y fotografías de las inspecciones realizadas por el equipo de Auditoría Técnica..... 10
  - V.1 Fotografías ..... 10
    - V.1.1 Foto DSCN 0019..... 10
    - V.1.2 Fotos DSCN 0020 y DSCN 0021 ..... 11
    - V.1.3 Fotos DSCN 0024 y DSCN0027 ..... 11
    - V.1.4 Foto DSCN 0034..... 12
    - V.1.5 Foto DSCN 0070..... 12
    - V.1.6 Fotos DSCN 0248 y 0291..... 13
    - V.1.7 Foto DSCN 0314..... 13
    - V.1.8 Fotos IMG\_0575 e IMG\_0576 ..... 14
    - V.1.9 Fotos IMG\_0602 e IMG\_20190110\_105538 ..... 14
  - V.2 Videos ..... 15
    - V.2.1 Video RToro\_1..... 15
    - V.2.2 Video2 ..... 17
    - V.2.3 Video4 ..... 18
    - V.2.4 Video5 ..... 19
    - V.2.5 Video6 ..... 20
    - V.2.6 Video7 ..... 20
- VI. Comentarios finales..... 21
- VII. Referencias ..... 21



## REVISIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA PARA LOS PILOTES DE LA RUTA NACIONAL N°32, REALIZADOS POR LA EMPRESA OJM CONSULTORES DE CALIDAD Y LABORATORIOS S.A.

### I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra el resultado de la revisión de los informes 40-002-2019 y 40-003-2019 de la empresa OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A acerca de los resultados de los diseños de mezcla de concreto que se utilizan en la construcción de los pilotes que se están colocando en la Ruta Nacional N°32.

El tipo de concreto que la empresa OJM reporta como diseñado es un concreto autocompactable, sin embargo, como se discutirá más adelante, parece que más bien se trata de un concreto convencional fluido. Por lo tanto, esta revisión consiste en el análisis de la información contenida en los informes y verificar que efectivamente el diseño de mezcla obedece a concreto autocompactable.

Así mismo, se hacen comentarios adicionales acerca del informe como documento presentado que pueden eventualmente ser tomados en cuenta por la empresa para mejorar la claridad de la información que se presenta.

Por último, se comentan una serie de hallazgos encontrados tanto en fotografías como en videos aportados por el personal de la Unidad de Auditoría Técnica, de inspecciones realizadas a coladas de concreto en el sitio del proyecto.

### II. Concreto autocompactable

El concreto autocompactable, es un concreto que cuenta con la habilidad de fluir y consolidarse (o compactarse) con su propio peso. Adicionalmente, este concreto es lo suficientemente cohesivo para rellenar espacios vacíos de cualquier tamaño y forma sin que se llegue a presentar segregación o exudación.

Esta tecnología del concreto se basa en aumentar la cantidad de finos de la mezcla, agregando cenizas volantes, cal u otro material de relleno fino, dejando constante la cantidad de agua y disminuyendo la cantidad de agregado grueso. Al bajar el contenido total de agua en la mezcla, se aumenta la propiedad de viscosidad que le permite al agregado grueso desplazarse en el mortero de la mezcla, sin generar segregación.

Para impregnarle la condición de fluidez y viscosidad al concreto autocompactable, manteniendo la cantidad de agua en la mezcla constante, se ha tenido que utilizar la tecnología de los aditivos sin poner en detrimento otras propiedades, tales como resistencia, de este tipo de concreto. Es por ello, que generalmente en mezclas de concreto autocompactante se cuenta con aditivos reductores de agua o plastificantes entre los materiales que las componen.

Precisamente estos cambios en los volúmenes de agregados y el uso de la tecnología de los aditivos para concretos en la mezcla son los que permiten que el concreto fluya y se consolide bajo su propio peso, y no requiera ningún tipo de consolidación mecánica, contrario al concreto convencional que requiere de vibración para su consolidación en sitio.

El ACI 237R “Self-consolidating concrete” cuenta con una serie de relaciones recomendadas para el proporcionamiento de los materiales en la mezcla típicos, que claro está en el caso de los materiales



cementicios pueden cambiar según las necesidades de resistencia del concreto. Estos rangos se resumen a continuación:

Tabla 1. *Rango sugerido de contenido de polvo*<sup>(1)</sup>

	Flujo de asentamiento		
	< 550 mm	550 a 600	> 600 mm
Contenido de polvo (kg/m <sup>3</sup> )	355 a 385	385 a 445	> 478

(1): Comprende cemento, ceniza volante, finos de caliza, material quebrado de tamaño menor a 0.125 mm (tamiz #100)

Tabla 2. *Proporcionamientos típicos de materiales del concreto autocompactante*

Volumen absoluto de agregado grueso	- 28% a 32% (tamaño máximo nominal mayor a 12 mm) - Hasta 50% (tamaño máximo nominal de 9.5 mm)
Porción de pasta	34% a 40%
Porción de mortero	68% a 72%
Relación a/c típica	0.32 a 0.45
Típico contenido de cemento	386 kg/m <sup>3</sup> a 475 kg/m <sup>3</sup>

Es importante indicar que el ACI 237R recomienda que el primer paso para estimar las proporciones de los materiales es establecer el flujo de asentamiento que se requiere para la mezcla de concreto y a partir de ahí iniciar con el diseño de mezcla, revisando que la cantidad de materiales se encuentre en los rangos indicados en las tablas 1 y 2.

Después de lo discutido anteriormente, cuando se trabaja en el diseño de mezclas de concreto autocompactable, no se debe olvidar estudiar la fluidez, la habilidad de paso y la estabilidad, que evitará la segregación de la mezcla. Para ello, es recomendable realizar una campaña de diseños de mezcla, donde se estudien proporciones de agregados, cantidad de agua de diseño, dosificaciones y tipos de aditivos, realizando los ensayos correspondientes para determinar si las propiedades de la mezcla cumplen con los principios del diseño del concreto autocompactable.

Los ensayos que deben realizarse para determinar las propiedades más significativas del concreto autocompactable son:

- Ensayo de flujo de asentamiento (ASTM C1611): con este ensayo se puede determinar el grado de fluidez, la habilidad de relleno y la estabilidad de la mezcla.
- Ensayo de anillo J (ASTM C1621): con este método, se puede determinar la habilidad de paso de la mezcla.
- Ensayo de la columna (ASTM C1610): este ensayo permite verificar la estabilidad de una mezcla de concreto autocompactable mediante la cuantificación de la segregación del agregado.
- Ensayo de resistencia a la segregación (ASTM C1712): con este método se determina la resistencia a la segregación de la mezcla, realizando la medición de la penetración del concreto.

Por supuesto que es claro que las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto también son variables que se deben evaluar en el concreto autocompactable. Sin embargo, si se determina la cantidad de cemento en la mezcla óptimo para alcanzar la resistencia del concreto a la edad



requerida por el diseño, se cuenta con la cantidad de agregados apropiada para la mezcla dentro de los rangos de proporciones recomendados por el ACI 327 y se logran alcanzar las propiedades de antes comentadas del concreto autocompactable en estado fresco, los requerimientos de resistencia y durabilidad son fácilmente alcanzables.

### III. Revisión de los diseños de mezcla propuestos por la empresa OJM

A continuación, se procede a realizar los comentarios pertinentes acerca de la revisión los diseños de mezcla propuestos por la empresa OJM, cuya información se encuentra recopilada en los informes 40-002-2019 y 40-003-2019. Los comentarios se realizan para cada informe.

Los aspectos que se toman en cuenta para revisar los diseños de mezcla son:

- El flujo de asentamiento establecido para el diseño de mezcla
- La cantidad de “polvo” de la mezcla
- El cumplimiento de las proporciones de los materiales dentro de los rangos establecidos por el ACI 237R
- El uso de los aditivos apropiados para generar mezclas que fluyen y mantienen la viscosidad adecuada para no generar segregación

#### III.1 Mezcla de concreto autocompactable del informe 40-002-2019

El primer aspecto por destacar en la revisión del diseño de mezcla es que en el apartado 3.2.5 “Diseños de concreto” del informe 40-002-2019, se indica que, como uno de los parámetros generales de diseño, la mezcla tiene un revenimiento de 210 mm. Este dato lo comparan contra la especificación el CR-2010 en su sección 552 y con el ACI 318, que indica que debe encontrarse en un rango entre 180 mm a 220 mm.

Al respecto, lo que hay que recalcar es que OJM está utilizando la propiedad de revenimiento de la mezcla, en lugar del flujo de asentamiento, que es el parámetro que se debe satisfacer en concretos autocompactables. Según la norma ASTM C143, el método de ensayo para determinar el revenimiento de una mezcla es aplicable a concretos plásticos y cohesivos. El concreto autocompactable carece de la característica de cohesividad a la que se refiere esta norma, por tratarse de un concreto muy fluido. Por tanto, establecer un valor de revenimiento en una mezcla de concreto autocompactable es un error.

Adicionalmente, si se está tomando como base las propiedades de la sección 552 del CR-2010 para el estado fresco del concreto en cuestión, específicamente el asentamiento de la mezcla de concreto, se debe tomar en cuenta que en la tabla 552-1(a) se refiere a concretos convencionales y no a concretos autocompactables, aunque no se indique de manera explícita, ya que solo indica la característica de revenimiento y no hace referencia al flujo de asentamiento que debería cumplir una mezcla de concreto autocompactable. Cabe aclarar que el CR-2010 no indica el uso de concretos autocompactables, pero tampoco su prohibición. Sin embargo, es importante que, si en un proyecto se permite el uso de estos concretos, se cuente con especificaciones claras de los requisitos para cumplimiento, sobre todo en estado fresco.

Por lo tanto, como resultado de esta revisión inicial, se puede apreciar que el concreto diseñado cuenta con las características de un concreto convencional, en lugar de tratarse de un concreto autocompactable.





Otro aspecto que revisar es el contenido de “polvo” en la mezcla. Se observa que el material fino, que se puede tomar como “polvo”, es únicamente el cemento. El diseñador no contempla el aumento de la cantidad de finos en la mezcla con la adición de algún material que proporcione una cantidad importante de finos pasando el tamiz #100, uso adicional de puzolanas como las cenizas volantes, o la fracción fina de caliza. La cantidad de cemento que el diseñador encuentra como óptima para producir la resistencia de diseño requerida, es de  $390 \text{ kg/m}^3$ . Esta se encuentra en el rango indicado la

Tabla 2, solo que muy cercano al límite inferior. En estos casos, si se realizara una campaña de diseños de mezcla, se debe prestar especial cuidado a la viscosidad de la mezcla, pues es la propiedad que se asocia a la segregación del concreto.

En cuanto a la cantidad de agregado grueso en la mezcla, es importante determinar el tamaño del agregado para ver cuál es la proporción recomendada que aplica. En este caso el diseñador indica que va a utilizar dos agregados cuyos tamaños son de 16 mm y 12.5 mm. Por tanto, la cantidad de estos agregados en la mezcla debe encontrarse en el rango de 28% a 32%.

El agregado de 16 mm ocupa un volumen (basado en volumen bruto en la condición seca) de  $0.239 \text{ m}^3$  y el agregado de 12.5 mm bajo la misma condición ocupa un volumen de  $0.104 \text{ m}^3$ . Como se encuentran en una condición de volúmenes brutos en condición seca, para determinar el volumen total del agregado grueso, se pueden simplemente sumar estas dos cantidades, por lo que el total de volumen de agregado grueso en la mezcla es de  $0.343 \text{ m}^3$ . Si se trata de una mezcla de concreto de un metro cúbico, entonces el agregado grueso ocupa un porcentaje de 34.3% del total de la mezcla. Comparándolo con los valores recomendados del ACI, se cuenta con una mayor cantidad de agregados gruesos en la mezcla que lo que típicamente se encuentra en mezclas de concreto autocompactable.

La cantidad de pasta en la mezcla sería la suma de los volúmenes del cemento con el agua. En este caso el volumen de cemento es de  $0.124 \text{ m}^3$  y la cantidad de agua es de  $0.188 \text{ m}^3$ . En total se trata de  $0.312 \text{ m}^3$ . Como se indicó anteriormente, se trata de una mezcla de un metro cúbico, entonces la pasta sería un 31.2% del volumen total de la mezcla. Comparándolo con los valores recomendados del ACI, se cuenta con una menor cantidad de cementicios o materiales tipo “polvo” en la mezcla que lo que es recomendable encontrar en mezclas de concreto autocompactable.

El parámetro por revisar es la cantidad de mortero en la mezcla. El mortero estaría constituido por la pasta con el contenido de arena de la mezcla. El volumen bruto de arena en estado seco es de  $0.326 \text{ m}^3$ , resultando como el volumen del mortero en el volumen total de la mezcla de 63.8%. Este valor también se encuentra por debajo de lo recomendado por el ACI 237R y resumido en la

Tabla 2.

Un aspecto por considerar en este punto del análisis es que la arena que se está recomendando el diseñador para utilizar en la mezcla de concreto, no cumple en el tamiz #8 con los parámetros indicados por el mismo en la tabla del punto c) del informe “Especificación CR-2010, sección 703.02, tabla 703-1”, ni con el módulo de finura del agregado. OJM no propone ninguna corrección para estas faltas, y utiliza tal cual el agregado para su diseño de mezcla.

La relación agua/cemento para la mezcla propuesta es de 0.482, siendo el rango recomendable de 0.32 a 0.45. El asunto con tener más agua que los valores óptimos, es que la propiedad de viscosidad se puede perder y se puede generar una importante segregación en la mezcla.



Por los puntos analizados anteriormente, se puede pensar que este diseño de mezcla propuesto no se trata de un tipo de concreto autocompactable, sino más bien de un concreto convencional fluido. Por otro lado, cuando se analizan los resultados de las resistencias del concreto se observa que son hasta 1.7 veces mayores a la resistencia de diseño requerida. Esto hace indicar que la cantidad de cemento no es la óptima para el diseño de mezcla. Si se logra alcanzar la resistencia requerida, pero con valores mucho mayores a lo deseado.

Por último, la dosificación de los aditivos no se encuentra clara. Para el caso del aditivo Plastiment liquid de Sika, cumple con la dosificación establecida en la ficha técnica. El diseñador indica que la función de este aditivo es reductor de agua, solo que cuando se lee la ficha técnica del producto parece que su función es más de retardante ya que cumple con lo establecido en la norma ASTM D494 para aditivos tipo D. Para este diseño de mezcla, no queda clara su función de reductor de agua, pues no se observan resultados de varios diseños de mezcla mostrando una reducción del contenido de agua de diseño manteniendo la dosis del aditivo constante.

En el caso del aditivo viscoflow 10 de Sika, el diseñador no dosifica según los rangos de dosificación del aditivo de la ficha técnica, sino que es menor. La ficha técnica del aditivo indica que cumple con lo establecido en la norma ASTM D494 para aditivos tipo D (reductor de agua y retardante) y con la norma ASTM C1017 para aditivos tipo I (plastificantes y reductores de alto rango). Este aditivo podría impregnar la característica al concreto autocompactable de fluir más fácilmente, sin embargo, el diseñador realiza una dosificación menor a lo recomendado por el fabricante. Para este diseño de mezcla, no queda clara su función de plastificante y reductor de alto rango, pues no se observan resultados de varios diseños de mezcla mostrando una reducción del contenido de agua de diseño y una fluidez del concreto manteniendo la dosis del aditivo constante.

Como se mencionó en el capítulo II, el aumento de la cantidad de material denominado “polvo”, la disminución del agregado grueso y el uso del tipo y dosis apropiados de aditivo, se puede conseguir un diseño de mezcla de concreto autocompactable apropiado para ser colocado en la obra sin requerir ningún tipo de consolidación mecánica. Por las características del concreto presentado por OJM en el informe 40-002-2019, cuyas características y dosificaciones de materiales hacen parecer que se trata más de un concreto convencional fluido, es posible que en sitio si sea necesario algún tipo de consolidación del concreto.

### III.2 Mezcla de concreto autocompactable del informe 40-003-2019

Al revisar el diseño de mezcla del informe 40-003-2019, se observa que es muy similar al diseño de mezcla del informe anterior. Solo cambian las cantidades de agregados gruesos y el agregado fino. Por lo tanto, solo se comentarán los aspectos relacionados donde intervienen estos materiales.

En cuanto a la cantidad de agregado grueso en la mezcla, es importante determinar el tamaño del agregado para ver cuál es la proporción recomendada que aplica. En este caso el diseñador indica que va a utilizar dos agregados cuyos tamaños son de 19 mm y 12.5 mm. Por tanto, la cantidad de estos agregados en la mezcla debe encontrarse en el rango de 28% a 32%.

El agregado de 19 mm ocupa un volumen (basado en volumen bruto en la condición seca) de 0.209 m<sup>3</sup> y el agregado de 12.5 mm bajo la misma condición ocupa un volumen de 0.137 m<sup>3</sup>. Como se encuentran en una condición de volúmenes brutos en condición seca, para determinar el volumen total del agregado grueso, se pueden simplemente sumar estas dos cantidades, por lo que el total de volumen de agregado grueso en la mezcla es de 0.347 m<sup>3</sup>. Si se trata de una mezcla de concreto de un metro cúbico, entonces el agregado grueso ocupa un porcentaje de 34.7% del total de la





mezcla. Comparándolo con los valores recomendados del ACI, se cuenta con una mayor cantidad de agregados gruesos en la mezcla que lo que típicamente se encuentra en mezclas de concreto autocompactable.

El parámetro por revisar es la cantidad de mortero en la mezcla. El mortero estaría constituido por la pasta con el contenido de arena de la mezcla. El volumen bruto de arena en estado seco es de  $0.321 \text{ m}^3$ , resultando como el volumen del mortero en el volumen total de la mezcla de 63.3%. Este valor también se encuentra por debajo de lo recomendado por el ACI 237R y resumido en la

Tabla 2.

Por los puntos analizados anteriormente, y al igual que el diseño de mezcla del informe anterior, se puede pensar que este diseño de mezcla propuesto tampoco se trata de un tipo de concreto autocompactable, sino más bien de un concreto convencional fluido.

Al igual que el diseño de mezcla estudiado anteriormente y por las características del concreto presentado por OJM en el informe 40-003-2019, es posible que en sitio si sea necesario algún tipo de consolidación del concreto, pues también muestra características y dosificaciones de materiales hacen parecer que se trata más de un concreto convencional fluido.

#### IV. Comentarios acerca de la revisión de los informes

En cuanto al formato e información presentada en los informes, se tienen los siguientes comentarios:

- INTECO cuenta con una nueva nomenclatura para las normas. OJM podía considerar cambiarlas para estar en concordancia con lo actualizado en normativas.
- Al momento de presentar las granulometrías resultantes de los agregados gruesos, no indica los valores de especificación, como si lo hace con el agregado fino. OJM podría considerar incluir esta información.
- Parece que OJM es el responsable del diseño de las mezclas de concreto y de realizar los ensayos correspondientes necesarios para poder realizar el diseño. Al obtener los resultados del agregado fino con incumplimientos en un tamiz y en el módulo de finura, debería proponer hacer algo para solucionar esta falta o bien por lo menos incluir una justificación de por qué se continúa con la idea de utilizar el agregado fino a pesar de su incumplimiento, pero esto no se observa en el informe.
- Se realizan los ensayos de caras fracturadas de los agregados gruesos, y esta propiedad no es de utilidad para el uso que se le dará al concreto que se está diseñando. OJM debería considerar eliminar ensayos que no se requieren para un diseño de mezcla.
- Cuando se trata de diseños de mezcla de concreto de cemento hidráulico, la palabra “ligante” no es la utilizada para referirse a las características de los materiales cementicios.
- No queda claro lo que se indica en el informe en los puntos a), b), c) y d) bajo los títulos “Ligante” y “agua”. En general, la información que se incluya en un informe tiene que ser lo suficientemente clara para que su cliente u otras personas que tengan acceso a la información puedan entender a qué se refiere. En este caso no es así.



- No queda evidencia de la justificación técnica para utilizar los dos aditivos propuestos por el diseñador. Tampoco existe evidencia de un estudio de diseños de mezcla para determinar la dosificación apropiada de los mismos.
- La propiedad de revenimiento debe ser reportada en mm.
- No queda claro por qué se introduce la nota del uso de aditivos con el cemento industrial.
- Las unidades que se deben utilizar para reportar datos en el informe deben ser en el sistema internacional de unidades. Además, se debe ser consistente en las unidades que se utilizan y no hacer mezclas de estas al reportar un resultado.

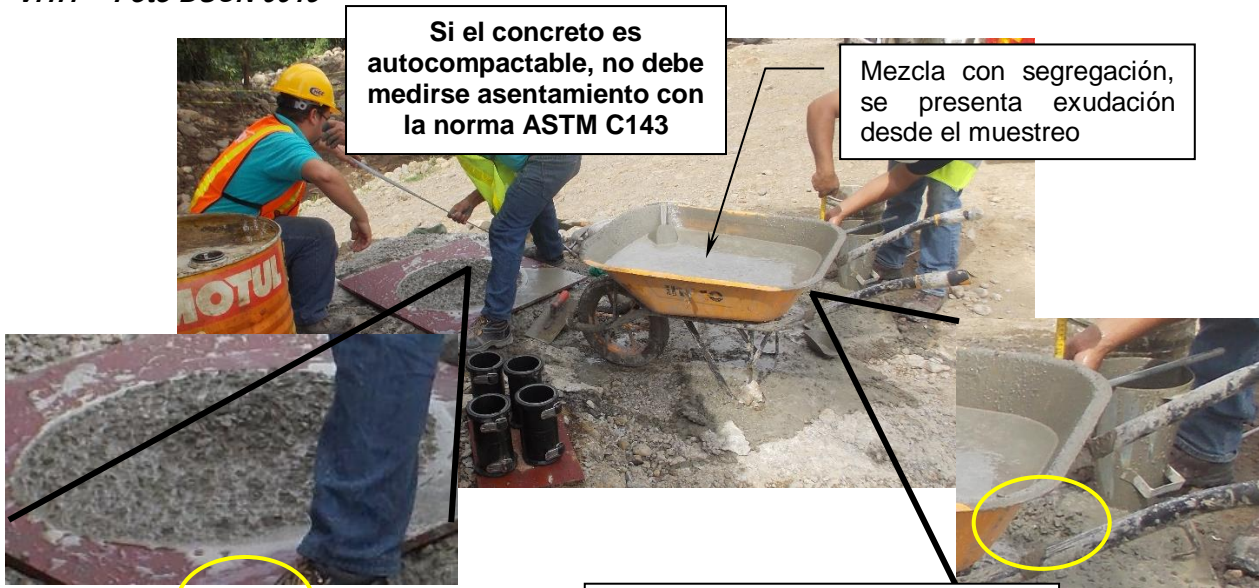
### V. Revisiones de videos y fotografías de las inspecciones realizadas por el equipo de Auditoría Técnica

A continuación, se hace una serie de comentarios respecto a fotografías y videos aportados por el personal de la Unidad de Auditoría Técnica de inspecciones realizadas por su parte a coladas del concreto diseñado para la construcción de los pilotes de la Ruta Nacional N°32.

#### V.1 Fotografías

En esta sección se realizarán los comentarios de los hallazgos encontrados en cada fotografía, señalándolos en la imagen y comentándolos con cuadros de texto.

##### V.1.1 Foto DSCN 0019



Si el concreto es autocompactable, no debe medirse asentamiento con la norma ASTM C143

Mezcla con segregación, se presenta exudación desde el muestreo

Evidencia de que no levanta el cono en toda su altura que indica la norma ASTM C143 y por ello el concreto no fluye completamente. Si el concreto es autocompactable, no debe tener asentamiento medible

Evidencia de que no levanta el cono los 225 mm ± 75 mm en los 3 s ± 1 s que indica la norma ASTM C1611 y por ello el concreto no fluye completamente

### V.1.2 Fotos DSCN 0020 y DSCN 0021

Evidencia de que no levanta el cono los  $225 \text{ mm} \pm 75 \text{ mm}$  en los  $3 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$  que indica la norma ASTM C1611 y por ello el concreto no fluye completamente



Mezcla con segregación. Índice de estabilidad visual según la norma ASTM C1611 VSI=3 (altamente inestable)

### V.1.3 Fotos DSCN 0024 y DSCN0027



Mezcla con segregación, se presenta exudación en un tiempo corto después del muestreo y los agregados gruesos se ven separados

Si se trata de concreto autocompactable, no se debe varillar al moldear los especímenes según ASTM C1758





V.1.4 Foto DSCN 0034



Mezcla con segregación, se presenta exudación desde el muestreo

Mezcla con algún grado de segregación. Índice de estabilidad visual según la norma ASTM C1611 VSI=2 (inestable)

V.1.5 Foto DSCN 0070



Si el concreto es autocompactable, no debe medirse asentamiento con la norma ASTM C143

El cono no debe obstruir el flujo del concreto, por lo que debe colocarse fuera de la zona de extensión del concreto

Mezcla con segregación

Evidencia de que no levanta el cono en toda su altura que indica la norma ASTM C143 y por ello el concreto no fluye completamente. Si el concreto es autocompactable, no debe tener asentamiento medible

**V.1.6 Fotos DSCN 0248 y 0291**



**V.1.7 Foto DSCN 0314**





V.1.8 Fotos IMG\_0575 e IMG\_0576



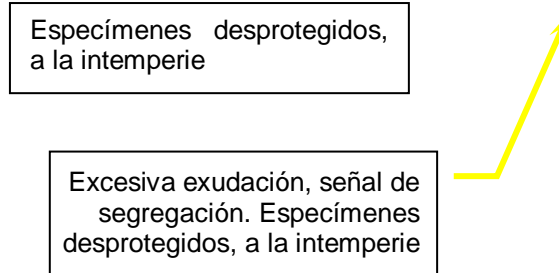
Mezcla no tan segregada. Índice de estabilidad visual según la norma ASTM C1611 VSI=1 (estable)

V.1.9 Fotos IMG\_0602 e IMG\_20190110\_105538



c.cr  
dad  
n Jo





## V.2 Videos

En esta sección se realizarán los comentarios de los hallazgos encontrados en cada uno de los videos, indicando el rango de tiempo en que se encuentran y comentándolos, en las tablas correspondientes.

### V.2.1 Video RToro\_1

Tiempo	Hallazgo
0:07 – 0:25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo realizado sin seguir procedimiento de la norma INTE C17 (ASTM C172). Se toma muestra desde el inicio de la descarga y solo se toma una sola porción. Técnico de HEC realiza el muestreo.</li> </ul>
1:23 – 2:09	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnico de CACISA realiza el ensayo de temperatura sin seguir el procedimiento indicado en la norma INTE C43 (ASTM C1064), pues no cierra el agujero que se forma al introducirse la espiga de la termocupla en el concreto.</li> <li>No hay certeza que existan los 75 mm en todo el entorno de la termocupla.</li> <li>El técnico de HEC toma muestra cerca del punto de la medición de temperatura.</li> <li>No se cumple con el tiempo mínimo de espera para que la temperatura del concreto se estabilice (mínimo 2 minutos), pues se tarda únicamente 46 segundos (del minuto 1:23 a 2:09). El técnico de CACISA responsable del ensayo no está controlando el tiempo del ensayo.</li> </ul>
1:30 – 3:14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tabla para ensayo de flujo de asentamiento (ASTM C1611) está muy húmeda.</li> <li>La herramienta para realizar el enrasado del concreto en el ensayo de flujo de asentamiento no cumple con lo estipulado con la norma ASTM C1611.</li> <li>El técnico de HEC no levanta el cono los 225 mm <math>\pm</math> 75 mm en los 3 s <math>\pm</math> 1 s que indica la norma ASTM C1611. En total tarda 11 segundos (del minuto 2:44 al 2:55) y como no levanta el cono de manera apropiada, el concreto no fluye</li> </ul>



	completamente. Esto brinda un dato erróneo del flujo de asentamiento del concreto, además que deja una acumulación de concreto en el centro evidenciando que el concreto no fluyó completamente ni de manera adecuada.
3:17 – 4:38	<ul style="list-style-type: none"><li>• El técnico de CACISA realiza el ensayo de asentamiento según la norma INTE C41 (ASTM C143). Si se trata de un concreto autocompactable este ensayo no debe ejecutarse.</li><li>• El técnico de CACISA no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma. Esto se evidencia claramente entre el minuto 3:51 a 4:01.</li><li>• El técnico no limpia la parte trasera del cono (minuto 4:10), ni se nota que verifique si existe concreto remanente del llenado del cono por lo que no se puede garantizar que el concreto vaya a fluir adecuadamente.</li><li>• El técnico no permite fluir al concreto completamente y coloca el cono en una esquina de la placa (minuto 4:19), obstruyendo el libre fluir de la mezcla. Esto puede generar un resultado erróneo del dato del asentamiento del concreto.</li><li>• La placa utilizada para el ensayo de asentamiento no es apropiada dado que el concreto fluye mucho y se sale de la superficie de esta. Es por esta misma razón incluso se el técnico coloca el cono en la esquina de la placa obstruyendo el libre fluir del concreto.</li></ul>



En general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico de CACISA y técnico de HEC comparten la misma muestra, representando partes interesadas distintas (CACISA verificación y HEC contratista).</li> <li>• Técnico de CACISA y técnico de HEC comparten y se intercambian los resultados de los ensayos realizados al concreto fresco.</li> <li>• Técnico de CACISA y técnico de HEC reportan en unidades de “cm” tanto el flujo de asentamiento como el asentamiento del concreto.</li> </ul>
------------	--

### V.2.2 Video2

Tiempo	Hallazgo
0:26 – 0:42	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo realizado sin seguir procedimiento de la norma INTE C17 (ASTM C172). Se toma muestra desde el inicio de la descarga y solo se toma una sola porción. Técnico de HEC realiza el muestreo.</li> </ul>
0:50 – 0:57	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El concreto se observa segregado, incluso presentando exudación en el carretillo.</li> </ul>
1:34 – 3:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla para ensayo de flujo de asentamiento (ASTM C1611) está muy húmeda en unas zonas y en otras totalmente seca.</li> <li>• La herramienta para realizar el enrasado del concreto en el ensayo de flujo de asentamiento no cumple con lo estipulado con la norma ASTM C1611. Además, no la tiene a mano y esto provoca pérdida de tiempo en el ensayo (minuto 2:20 al 2:28), que hay que recordar que se debe completar en 2.5 minutos. A pesar de todo, si realiza el ensayo en el tiempo total requerido por la norma.</li> <li>• El técnico de HEC no levanta el cono los 225 mm ± 75 mm en los 3 s ± 1 s que indica la norma ASTM C1611. En total tarda 10 segundos (del minuto 3:02 al 3:12) y como no levanta el cono de manera apropiada, el concreto no fluye completamente. Esto brinda un dato erróneo del flujo de asentamiento del concreto, además que deja una acumulación de concreto en el centro evidenciando que el concreto no fluyó completamente ni de manera adecuada.</li> <li>• Realiza la medición del segundo diámetro del concreto de manera incorrecta pues no toma la medida con la cinta métrica recta (minuto 3:30).</li> </ul>
3:13 – 5:01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico de CACISA realiza el ensayo de asentamiento según la norma INTE C41 (ASTM C143). Si se trata de un concreto autocompactable este ensayo no debe ejecutarse.</li> <li>• El técnico se distrae cuando realiza el ensayo.</li> <li>• El técnico de CACISA no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma. Esto se evidencia claramente entre el minuto 4:11 a 4:18.</li> <li>• El técnico no limpia la parte trasera del cono (minuto 4:10), ni se nota que verifique si existe concreto remanente del llenado del cono por lo que no se puede garantizar que el concreto vaya a fluir adecuadamente.</li> <li>• El técnico no permite fluir al concreto completamente y coloca el cono en una esquina de la placa (minuto 4:40), obstruyendo el libre fluir de la mezcla. Esto puede generar un resultado erróneo del dato del asentamiento del concreto.</li> <li>• La placa utilizada para el ensayo de asentamiento no es apropiada dado que el concreto fluye mucho y se sale de la superficie de esta. Es por esta misma razón incluso se el técnico coloca el cono en la esquina de la placa obstruyendo el libre fluir del concreto.</li> </ul>



V.2.3 Video4

Tiempo	Hallazgo
0:05 – 4:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>El técnico de CACISA realiza el moldeo de especímenes de 100 mm x 200 mm. Si el concreto es autocompactable, la norma aplicable para el moldeo de los especímenes es la norma ASTM C1758 y no se utiliza la varilla para consolidar el concreto.</li> <li>El técnico no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma. Esto se evidencia claramente entre el minuto 1:57 a 2:37.</li> <li>El técnico no protege los especímenes de la intemperie y los deja destapados.</li> </ul>
0:05 – 11:33	<ul style="list-style-type: none"> <li>El técnico de HEC realiza el moldeo de especímenes de 150 mm x 300 mm. Si el concreto es autocompactable, la norma aplicable para el moldeo de los especímenes es la norma ASTM C1758 y no se utiliza la varilla para consolidar el concreto.</li> <li>El técnico de HEC acomoda con la varilla el concreto que se coloca en cada capa de los moldes.</li> <li>El técnico de HEC no realiza la consolidación del concreto de manera adecuada, pues no tiene control de consolidar toda la altura de la capa más penetrar 25 mm la capa anterior, no cuenta con una marca que lo guíe.</li> <li>Después de terminar de moldear la última capa de los especímenes, el técnico de HEC coloca un poco de concreto más sobre la superficie de los especímenes. Esto se evidencia del minuto 5:21 a 5:27.</li> <li>El técnico realiza el acabado final después de 4 minutos de haber agregado el extra de concreto a los especímenes y los deja sin protegerlos de la intemperie.</li> </ul>
14:17 – 17:04	<ul style="list-style-type: none"> <li>El técnico de CACISA saca el cono de asentamiento del balde con agua, y no le elimina el exceso de agua para iniciar con el ensayo. Finalmente, el técnico de HEC es quien realiza el ensayo de asentamiento sin quitarle el exceso de agua al cono (minuto 14:45).</li> <li>El técnico de HEC no tiene listo el equipo para realizar el ensayo pues le tienen que pasar la varilla para apisonar el concreto dentro del cono (minuto 15:07). El técnico de CACISA le pasa la varilla, pero esta se encuentra totalmente seca. Aún así el técnico de HEC realiza el ensayo con la varilla seca (minuto 15:07).</li> <li>El técnico de HEC no tiene clara la profundidad que debe introducir la varilla para la segunda por lo que no la apisona adecuadamente (minuto 15:35).</li> <li>El técnico no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma. Esto se evidencia del minuto 16:02 al 16:14.</li> <li>El técnico de HEC rellena con concreto la última capa apisonada después de haber proporcionado los 25 golpes con la varilla, para luego engrasar (minuto 16:15).</li> <li>El técnico de HEC quitó un pie del cono mientras realiza la limpieza alrededor del cono. Esto se evidencia del minuto 16:23 a 16:31.</li> </ul>
Comentario final	<ul style="list-style-type: none"> <li>Después de aproximadamente 18 minutos el técnico de CACISA protege los especímenes con una bolsa.</li> <li>Al final del video de 25:55 minutos, el técnico de HEC no había protegido sus especímenes.</li> </ul>



V.2.4 Video5

Tiempo	Hallazgo
0:30 – 1:32	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo realizado sin seguir procedimiento de la norma INTE C17 (ASTM C172). Se toma muestra desde el inicio de la descarga y solo se toma una sola porción. Técnico de CACISA realiza el muestreo.</li> </ul>
1:41 – 2:23	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnico de HEC realiza el ensayo de temperatura sin seguir el procedimiento indicado en la norma INTE C43 (ASTM C1064), pues no cierra el agujero que se forma al introducirse la espiga de la termocupla en el concreto.</li> <li>No se había realizado el remezclado de la muestra.</li> <li>No hay certeza que existan los 75 mm en todo el entorno de la termocupla.</li> <li>No se cumple con el tiempo mínimo de espera para que la temperatura del concreto se estabilice (mínimo 2 minutos), pues se tarda únicamente 42 segundos (del minuto 1:41 a 2:23). El técnico de HEC responsable del ensayo no está controlando el tiempo del ensayo.</li> </ul>
1:19 – 5:07	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tabla para ensayo de flujo de asentamiento (ASTM C1611) está muy húmeda en unas zonas y una zona está totalmente seca.</li> <li>La herramienta para realizar el enrasado del concreto en el ensayo de flujo de asentamiento no cumple con lo estipulado con la norma ASTM C1611.</li> <li>El técnico de HEC no levanta el cono los <math>225 \text{ mm} \pm 75 \text{ mm}</math> en los <math>3 \text{ s} \pm 1 \text{ s}</math> que indica la norma ASTM C1611. En total tarda 6 segundos (del minuto 4:43 al 4:49) y como no levanta el cono de manera apropiada, el concreto no fluye completamente. Esto brinda un dato erróneo del flujo de asentamiento del concreto, además que deja una acumulación de concreto en el centro evidenciando que el concreto no fluyó completamente ni de manera adecuada.</li> <li>Realiza la medición del segundo diámetro del concreto de manera incorrecta pues no toma la medida con la cinta métrica recta (minuto 5:05).</li> </ul>
3:13 – 5:01	<ul style="list-style-type: none"> <li>El técnico de CACISA realiza el ensayo de asentamiento según la norma INTE C41 (ASTM C143). Si se trata de un concreto autocompactable este ensayo no debe ejecutarse.</li> <li>El técnico de CACISA no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma. Esto se evidencia claramente entre el minuto 4:12 a 4:18.</li> <li>El técnico no limpia la parte trasera del cono (minuto 4:29), ni se nota que verifique si existe concreto remanente del llenado del cono por lo que no se puede garantizar que el concreto vaya a fluir adecuadamente.</li> <li>El técnico no permite fluir al concreto completamente y coloca el cono en una esquina de la placa (minuto 4:34), obstruyendo el libre fluir de la mezcla. Esto puede generar un resultado erróneo del dato del asentamiento del concreto.</li> <li>La placa utilizada para el ensayo de asentamiento no es apropiada dado que el concreto fluye mucho y se sale de la superficie de esta. Es por esta misma razón incluso se el técnico coloca el cono en la esquina de la placa obstruyendo el libre fluir del concreto.</li> </ul>



**V.2.5 Video6**

Tiempo	Hallazgo
0:26 – 10:54	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El moldeo no se está realizando sobre un superficie plana, rígida y libre de vibraciones. Por el contrario, cuando el técnico de HEC consolida, la tabla que están usando de apoyo, se deflecta (minuto 0:35).</li> <li>• El técnico de CACISA llena los moldes y el técnico de HEC los consolida con la varilla. Si el concreto es autocompactable, la norma aplicable para el moldeo de los especímenes es la norma ASTM C1758 y no se utiliza la varilla para consolidar el concreto.</li> <li>• El técnico de HEC acomoda con la varilla el concreto que se coloca en cada capa de los moldes.</li> <li>• El técnico de CACISA no está relleno los moles en tres capas de igual volumen o en este caso, igual altura. La última capa está quedando con una altura menor que las anteriores. Esto se observa en el minuto 1:48.</li> <li>• El técnico de HEC no realiza la consolidación del concreto de manera adecuada, pues no tiene control de consolidar toda la altura de la capa más penetrar 25 mm la capa anterior, no cuenta con una marca que lo guíe.</li> <li>• El concreto, se observa segregado incluso después del moldeo (minuto 3:01 a 3:09).</li> <li>• El técnico de HEC mueve la superficie donde los moldes cilíndricos se acaban de terminar de moldear (minuto 5:05 a 5:16) y mueve uno de los especímenes una vez que termina de darle acabado final (minuto 6:05 a 6:53).</li> <li>• El técnico de HEC rellena otros especímenes con el concreto sobrante que le elimina a otro espécimen (minuto 7:00 a 8:03).</li> <li>• En lo que resta del video, el técnico no protegió los especímenes de la intemperie una vez que los terminó de moldear.</li> </ul>

**V.2.6 Video7**

Tiempo	Hallazgo
0:32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cono se encuentra sucio (concreto de un ensayo anterior) y el técnico de HEC no lo limpia antes de utilizarlo para otro ensayo.</li> </ul>
0:45 – 0:51, 1:12 y 1:34	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico de HEC no tiene clara la profundidad que debe introducir la varilla en la capa. La primera capa, es toda la altura del cono, la segunda capa es como marcó la primera. En el minuto 1:12 marcó como si fuera a apisonar la tercera capa. En el minuto 1:34 la marca fue idéntica a la anterior.</li> </ul>
1:36 – 1:41	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico de HEC no extrae la varilla completamente de la capa del concreto que está apisonando tal como lo indica la norma.</li> </ul>
1:47	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico de HEC rellena con concreto la última capa apisonada después de haber proporcionado los 25 golpes con la varilla, para luego engrasar.</li> </ul>
1:56 – 2:10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El técnico de HEC quitó un pie del cono mientras realiza la limpieza alrededor del cono.</li> </ul>





## VI. Comentarios finales

Después de realizar la revisión de los informes con los diseños de mezcla de concreto, queda claro que OJM hace una mezcla de conceptos de diseño para dos tipos de concreto, convencional y autocompactable. Sin embargo, en definitiva, después de realizar el análisis pertinente, el diseño de concreto que está presentando OJM parece corresponder a un concreto convencional fluido.

Al revisar las fotografías y videos aportados por el personal de la Unidad de Auditoría Técnica, se evidencia la falta de rigurosidad de los técnicos al momento de hacer los ensayos, ya sea por desconocimiento o por descuido. Sin embargo, esta situación puede estar generando resultados erróneos en ensayos de gran relevancia para la aceptabilidad del concreto, como lo es el ensayo de asentamiento, o bien flujo de asentamiento.

Cabe aclarar que resulta importante, con carácter de urgente, que se defina de una vez por todas el parámetro del concreto fresco a controlar y revisar para determinar el cumplimiento del concreto, ya que técnicamente incorrecto revisar los parámetros de asentamiento y flujo de asentamiento a la vez a un concreto que tiene que clasificar en un solo tipo. En este momento con la práctica actual del proyecto de aplicar los dos ensayos, se está siendo ambiguo en la definición del tipo de concreto y con esto no es posible realizar la campaña de control de calidad adecuadamente.

## VII. Referencias

1. American Concrete Institute (2007). *ACI 237R Self-compacting concrete*. Estados Unidos.
2. OJM Consultores de Calidad y Laboratorio S.A. (2019). *Informe de resultados Diseño de mezcla de concreto autocompactable. "F'c=280 kg/cm<sup>2</sup>" China Harbour Engineering Company de Costa Rica. 40-002-2019 (RC-50)*. San José.
3. OJM Consultores de Calidad y Laboratorio S.A. (2019). *Informe de resultados Diseño de mezcla de concreto autocompactable. "F'c=280 kg/cm<sup>2</sup>" China Harbour Engineering Company de Costa Rica. 40-003-2019 (RC-50)*. San José.
4. Portland Cement Association (2016). *Design and Control of Concrete Mixtures*. Estados Unidos.