

CALIDAD DEL CONCRETO HECHO EN OBRA GAM 2020



Contenido

Calidad del concreto en Sectores del	2
Gran Área Metropolitana de Costa Rica	2
1 Introducción	2
2 Zona de estudio.....	3
3 Objetivos	4
3.1 Objetivo general	4
3.2 Objetivos específicos	4
4 Antecedentes	5
5 Investigación de la calidad del concreto hecho en obra GAM.....	6
5.1 Generalidades	6
5.2 Parámetros de calidad de concreto recopilados.....	6
5.3 Organización, equipos de muestreo y procedimiento de campaña de investigación	7
5.4 Criterio de resistencia para aceptación de concreto	7
6 Datos obtenidos y análisis de resultados.....	9
6.1 Generalidades de la recopilación de datos	9
6.2 Ensayos de laboratorio.....	11
6.2.1 Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario y Contenido de Aire	12
6.2.2 Resistencia a la compresión	14
6.3 Almacenamiento de materiales	17
7 Investigación de calidad de concreto hecho en obra 2005 y la actual	19
8 Conclusiones.....	20
9 Bibliografía	22
10 Anexo 1.....	23
10.1 Dosificación de agua con maguera hasta cierta consistencia	23
10.2 Mezcla de los agregados en los apilamientos.....	24
10.3 Concreto excedente con agua para “evitar fraguado”	25
10.4 Mezclado de concreto en suelo	26
10.5 Almacenamiento de sacos de cemento	27

**Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto y el
Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos**

Calidad del concreto en Sectores del
Gran Área Metropolitana de Costa Rica

1 Introducción

El presente documento, muestra los resultados de la investigación de calidad de concreto hecho en obra, ejecutada en conjunto, por el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) y el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA); en sectores de Gran Área Metropolitana (GAM).

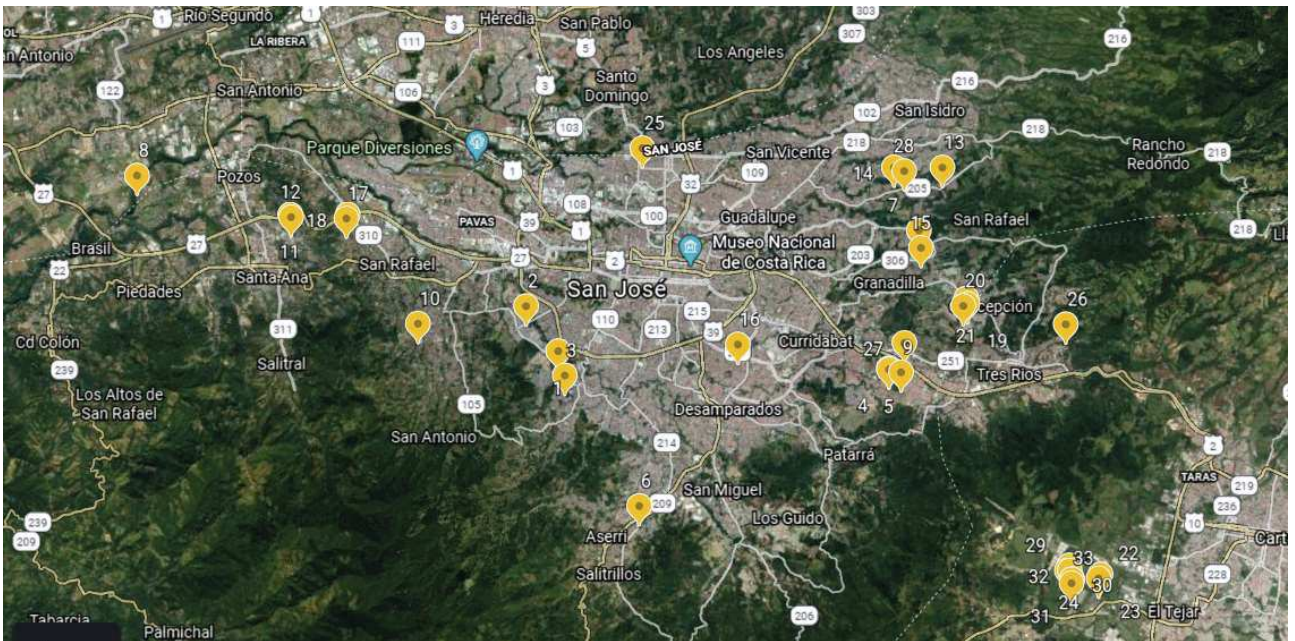
Se realizó un muestreo aleatorio de 33 construcciones ubicadas en el Gran Área Metropolitana, específicamente en los cantones de Tibás, Curridabat, San José, Goicoechea, Desamparados, Moravia, Vásquez de Coronado, Montes de Oca, Escazú, Alajuelita, Aserri centro, Santa Ana, Mora centro, Cartago y La Unión; por ser el área con más solicitudes de permisos y obras en construcción en el año 2019, según informe del CFIA.

Como insumos de la investigación, se realizaron 33 muestreos de concreto fresco para ensayos de resistencia a la compresión, 33 ensayos de temperatura, 17 ensayos de contenido de aire y 32 ensayos de asentamiento. El concreto de nuestro interés, era el destinado para formar elementos de cimientos, columnas, losas de entrepiso, vigas, pavimentos, entre otros, con el fin de verificar resistencia mínima de 21 MPa a la edad de 28 días.

Con los valores de resistencia obtenidos, las observaciones de campo y el análisis estadístico de los resultados, se brindarán recomendaciones, para mejorar la calidad del concreto fabricado en el sitio de obra.

2 Zona de estudio

Ilustración 1 Área geográfica del estudio



Los cantones del GAM sometidos a evaluación son los siguientes:

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. Tibás | 9. Escazú |
| 2. Curridabat | 10. Alajuelita |
| 3. San José | 11. Aserri (centro) |
| 4. Goicoechea | 12. Santa Ana |
| 5. Desamparados | 13. Mora (centro) |
| 6. Moravia | 14. Cartago |
| 7. Vásquez de Coronado | 15. La Unión |
| 8. Montes de Oca | |

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del concreto estructural, hecho en obra, en construcciones de los cantones centrales del GAM, mediante un muestreo aleatorio. En este se determinan los parámetros de calidad básicos del concreto en estado fresco y endurecido, entre otros aspectos relativos a prácticas constructivas.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de resistencia a la compresión del concreto hecho en obra, a la edad de 28 días y comparar los resultados contra la resistencia reglamentada de 21 MPa.
- Verificar el asentamiento y temperatura del concreto fabricado en el sitio.
- Conocer el contenido de aire de 17 muestreos.
- Comprobar aquellas prácticas constructivas que pudiesen afectar la calidad del concreto.
- Generar información de acceso libre para desarrollo de capacitaciones, literatura técnica y procedimientos para mejorar la calidad de concreto hecho en obra.

4 Antecedentes

En el año 2005, el ICCYC y el CFIA, iniciaron con un proyecto de investigación de la calidad del concreto en el Área Metropolitana de Costa Rica, donde se muestrearon 30 obras con áreas menores de 300 m² y en esta oportunidad, el 55% de los concretos analizados no alcanzaron los 21 MPa de resistencia a la compresión, a los 28 días.

Para el año 2006 se realizó el estudio en la Zona de Guanacaste y se obtuvo que el concreto de un 29% de las muestras de obras visitadas, no cumplían con la norma mínima establecida por el Código Sísmico de 21 MPa. El 20% de los datos señalaron resistencias inferiores a los 14 MPa.

En el año 2007, el área elegida para la tercera investigación fue la Zona del Pacífico Central, específicamente en el cantón de Garabito. Esto debido al crecimiento acelerado de edificaciones en esa región para el momento. Según datos del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, en el primer cuatrimestre del 2007, Puntarenas creció un 136% en comparación con el año 2006. En esta ocasión, el 56% de los concretos muestreados no cumplieron el parámetro de resistencia.

Por último, en el 2010, el cantón de San Carlos fue la zona a investigar. En comparación a las investigaciones anteriores, este cantón fue el más crítico, presentando que un 78% de los concretos analizados, no cumplían con el parámetro de resistencia a la compresión de 21 MPa.

Gráfico 1 Calidad de concreto de investigaciones anteriores



5 Investigación de la calidad del concreto hecho en obra GAM

5.1 Generalidades

Tabla 1 Aspectos generales de la investigación

Generalidades de la Investigación	
Área de influencia	Cantones centrales del GAM
Características generales de concreto a muestrear	Concreto hecho en obra que deba de cumplir 21 MPa
Lugares de muestreo	Edificaciones en construcción, donde se estuviera empleando concreto hecho en obra.
Período de recolección de muestras	17 al 27 de febrero
Cantidad de construcciones muestreadas	33 muestras
Unidad Ejecutora	ICCIC, CFIA y el laboratorio de materiales Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC)

5.2 Parámetros de calidad de concreto recopilados

Alineados con nuestros objetivos presentados anteriormente, los parámetros de calidad que fueron revisados son:

Tabla 2 Parámetros de calidad de concreto

Designación	Norma
INTE C43	Medición de temperatura del concreto recién mezclado con cemento hidráulico.
INTE C41	Método de ensayo para el asentamiento en el concreto del cemento hidráulico.
INTE C42	Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco por el método de presión.
INTE C39	Construcción. Resistencia a la compresión uniaxial de especímenes cilíndricos de concreto. Método de ensayo.

5.3 Organización, equipos de muestreo y procedimiento de campaña de investigación

La campaña de investigación fue realizada por un equipo técnico, que dividía el trabajo de campo, según disponibilidad. Cada equipo de muestreo fue constituido por 3 personas, un inspector del CFIA, un personero del ICCYC y el técnico de laboratorio de materiales Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) del TEC. Para determinar el tamaño de la muestra, se revisaron los listados de registro de responsabilidad profesional de las obras ante el CFIA, del último semestre del 2019 y la cantidad de muestreos realizados en la primera investigación de la calidad del concreto hecho en obra del ICCYC- CFIA, en la zona del Gran Area Metropolitana (GAM) en el 2005.

El proceso de muestreo se llevó a cabo en un total de 8 días de trabajo de campo, donde se visitaron obras que estuvieran en la etapa constructiva registrada en la base de datos del CFIA o las encontradas durante en el recorrido de las zonas. Se excluyeron las construcciones que no estuvieran colando concreto en el momento de la visita, que no se encontraran dentro del periodo de campaña o que adquirieran concreto premezclado.

Una vez localizado un colado de concreto que aceptara los ensayos, el laboratorio de materiales encargado de los muestreos, CIVCO, procedía a realizar los ensayos de laboratorio de asentamiento, temperatura, moldeo de cilindros para resistencia a compresión y en la mitad de los casos incluyendo contenido de aire y peso unitario.

Además de la revisión de la calidad del concreto, también se observó el almacenamiento en sitio de cemento, agregado fino (arena) y grueso (piedra). Esto con el propósito de tener información sobre el estado de los insumos al ser utilizados. Algunas mejoras en estas y otras prácticas, pueden visualizadas en el Anexo 1.

5.4 Criterio de resistencia para aceptación de concreto

Los criterios para determinar si una muestra de concreto cumple con requisitos mínimos de resistencia son los siguientes:

- Código Sísmico de Costa Rica, Revisión 2014:

“8.1.2 Concreto: La resistencia mínima especificada del concreto en compresión debe ser 210 kg/cm² y la resistencia máxima especificada para elementos de concreto liviano debe de ser 280 kg/cm²”

-
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (American Concrete Institute ACI 318S-19):
“26.12.3.1 Requisitos de construcción a cumplir:
(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$.
(b) Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que $f'c$ en más de 3.5 MPa por debajo cuando $f'c$ es 35 MPa o menos; o en más de 0.10 $f'c$ por debajo cuando $f'c$ es mayor a 35 MPa”

6 Datos obtenidos y análisis de resultados

6.1 Generalidades de la recopilación de datos

En este apartado, se procede a presentar la información recopilada según el procedimiento descrito y los análisis pertinentes a cada sección. En la tabla 3 se presenta la cantidad de muestreos por día, en el periodo de campaña de investigación y en la tabla 4 se presenta la cantidad de muestreos por cantón.

Tabla 3 Distribución de las muestras por fecha

Fecha	Cantidad de puntos muestreados
17/2/20	5
18/2/20	4
19/2/20	3
20/2/20	4
24/2/20	4
25/2/20	7
26/2/20	3
27/2/20	3
Total	33

Tabla 4 Cantidad de muestreos por cantón en análisis

Fecha	Cantidad de puntos muestreados
Alajuelita	3
Aserri	1
Goicoechea	3
Escazú	3
Curridabat	5
Santa Ana	3
La Unión	5
Cartago	8
San José	1
Tibás	1
Total	33

En la tabla 5, es posible identificar el tipo de elemento para el que utilizó el concreto muestreado. En esta investigación, fue incluido concreto estructural así como para otros elementos que, de igual manera, tuvieran que cumplir como mínimo, 21 MPa de resistencia a la compresión, sin límite de área de construcción.

La dosificación de la mezcla de concreto se presenta a manera de partes por batida (según equipo disponible para mezclado) debido a que en todas las construcciones contaban con diferentes tamaños de recipientes, la mayoría de ellos sin marcas de llenado.

Tabla 5 Elemento y dosificación empleada en la elaboración del concreto

#	Fecha de Muestreo	Elemento a construir con el concreto muestreado	Dosificación				
			Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo
1	17/Feb./20	Cimiento	1	7	7	2,5	-
2	17/Feb./20	Columnas	2	4	6	3	-
3	17/Feb./20	Viga	1	5	6	2	-
4	17/Feb./20	Vigas	1	4	5	1,75	-
5	17/Feb./20	Losa 210 kg/cm ²	1	3,5	4,5	2	-
6	18/Feb./20	Cimiento de tapia	-	-	-	-	-
7	18/Feb./20	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	1	4	5	2	-
8	18/Feb./20	Viga corona	1	4	5	2	maxifloc (100ml)
9	18/Feb./20	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	1	2	2,5	1,5	-
10	19/Feb./20	Cimientos	-	-	-	-	-
11	19/Feb./20	Cimientos	1	3	4	1,5	-
12	19/Feb./20	Vigas	1	2	3	1,25	-
13	20/Feb./20	Pozo 210 kg/cm ²	1	2	3	3	-
14	20/Feb./20	Viga corona	1	6	6	2	-
15	20/Feb./20	Placa de muro	2	6	5	3	-
16	20/Feb./20	Columnas	1 cubo	2	3	1	175 ml de retardante
17	24/Feb./20	Viga de piscina	2	8	6	3	-

#	Fecha de Muestreo	Elemento a construir con el concreto muestreado	Dosificación				
			Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo
18	24/Feb./20	Columnas	1	3	2,5	1,75	-
19	24/Feb./20	Columnas	1	5	5	2	-
20	24/Feb./20	Placa tensora	2	7	9	4	-
21	25/Feb./20	Columnas	-	-	-	-	-
22	25/Feb./20	Viga corona	1	3	4	3	-
23	25/Feb./20	Columnas	1	2	3	1,5	-
24	25/Feb./20	Vigas, contrapiso y columnas	1	5	5,5	1,75	-
25	25/Feb./20	Pared 210 kg/cm ²	1,5	3	3	hasta alcanzar consistencia	-
26	25/Feb./20	Placa de fundación	1	4	6	hasta alcanzar consistencia	-
27	25/Feb./20	Viga corona	1	4	4	2 aprox	-
28	26/Feb./20	Cimientos	1	2	3	1,5	-
29	26/Feb./21	Columnas	1	2	3	0,75	-
30	26/Feb./22	Columnas	1	3	4	0,75	-
31	27/Feb./20	Piso 210 kg/cm ²	2	10	10	3,5	-
32	27/Feb./21	Viga	1	3	5	1	-
33	27/Feb./22	Columnas	1	2,5	4	2	-

6.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio, ejecutados por técnicos experimentados del laboratorio CIVCO del TEC, son los mencionados en la sección 4.2 de este documento. A continuación, se presentan los resultados de manera agrupada.

6.2.1 Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario y Contenido de Aire

Tabla 6 Resumen de resultados de ensayos básicos

#	Elemento a construir con el concreto muestreado	Asentamiento (mm)	Temperatura (°C)	Densidad (Peso Unitario, kg/m ³)	Contenido de Aire (%)
1	Cimiento	25	25,0	-	-
2	Columnas	160	27,5	2199	1,6
3	Viga	N.R	24,0	-	-
4	Vigas	135	27,0	-	-
5	Losa 210 kg/cm ²	110	25,5	-	-
6	Cimiento de tapia	55	27,0	2072	-
7	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	230	21,5	2114	2,0
8	Viga corona	160	28,5	-	-
9	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	180	26,0	2247	0,9
10	Cimientos	100	27,5	-	-
11	Cimientos	70	25,5	2148	1,5
12	Vigas	60	29,5	2109	1,6
13	Pozo 210 kg/cm ²	75	21,5	2239	0,5
14	Viga corona	N.R	23,0	-	-
15	Placa de muro	70	24,0	2078	3,0
16	Columnas	65	24,0	2309	1,2
17	Viga de piscina	110	27,0	2041	2,5
18	Columnas	95	31,0	2134	0,3
19	Columnas	125	30,5	2250	0,5
20	Placa tensora	210	25,0	-	-
21	Columnas	160	28,5	2055	2,1
22	Viga corona	125	28,5	-	-
23	Columnas	30	30,5	-	-
24	Vigas, contrapiso y columnas	165	29,0	-	-

#	Elemento a construir con el concreto muestreado	Asentamiento (mm)	Temperatura (°C)	Densidad (Peso Unitario, kg/m ³)	Contenido de Aire (%)
25	Pared 210 kg/cm ²	50	26,0	2151	2,1
26	Placa de fundación	25	26,0	2137	2,0
27	Viga corona	160	28,5	2107	1,5
28	Cimientos	125	26,5	2078	2,1
29	Columnas	190	27,5	2151	1,6
30	Columnas	150	25,5	-	-
31	Piso 210 kg/cm ²	110	27,0	-	-
32	Viga	105	30,0	-	-
33	Columnas	125	28,5	-	-

6.2.1.2 Temperatura

La alta temperatura ambiental, radiación solar y velocidad del viento, factores que intervienen con la temperatura del concreto y pueden provocar problemas durante el mezclado, colocación y curado.

En este caso particular y por las temperaturas en el GAM, este parámetro no es un factor de gran incidencia en la calidad final.

6.2.1.3 Ensayo de asentamiento

El ensayo de asentamiento se usa para medir la consistencia del concreto. Para una dada proporción de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor el asentamiento, la relación agua-cemento es mayor. El asentamiento es un indicador de trabajabilidad.

En las obras muestreadas, al no haber un control en la mayoría, esta especificación presenta valores muy variados.

6.2.1.4 Contenido de aire

El contenido de aire es un parámetro importante; ya que conforme se incrementa, habrá una reducción correspondiente en la resistencia del concreto. Esta reducción de resistencia será del orden del 5% al 6% por cada 1% de contenido de aire por arriba del valor de diseño.

En esta ocasión, las mezclas cuentan con un máximo de 3%, lo cual es aceptable.

6.2.1.5 Densidad (Peso Unitario)

La densidad del concreto fresco, normalmente, se encuentra entre los 2200 kg/m³ a 2400 kg/m³. Este parámetro varía según la cantidad y densidad del agregado grueso (piedra) presente en las mezclas.

El promedio de densidades en nuestra investigación es de 2145,5. Esto sugiere que las mezclas no contaban con especificaciones adecuadas de agregados gruesos. Solamente 4 de los 17 ensayos de densidad, arrojaron resultados mayores a 2200 kg/m³, correspondiente a un 23,5% de la muestra.

6.2.2 Resistencia a la compresión

Seguidamente se presentan las resistencias a la compresión de los 33 muestreos. Cada muestra fue compuesta por 4 especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm. Fue determinado que un espécimen fuera ensayado a la edad de 7 días para obtener una proyección de la resistencia y contar con 3 especímenes para calcular el promedio final a los 28 días.

La especificación determinada para cumplir con la resistencia a compresión del concreto hecho en obra; es de 21 MPa, con una equivalencia de 210 kg/cm². Se resaltan los resultados extremos.

Tabla 7 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto de 300 mm x 150 mm.

#	Elemento a construir con el concreto muestreado	Promedio Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la Compresión (MPa)
1	Cimiento	24,7	2,4
2	Columnas	218,5	21,4
3	Viga	79,8	7,8
4	Vigas	170,9	16,8
5	Losa 210 kg/cm ²	361,2	35,4
6	Cimiento de tapia	108,3	10,6
7	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	82,9	8,1
8	Viga corona	240,7	23,6
9	Viga entrepiso 210 kg/cm ²	182,8	17,9
10	Cimientos	150,3	14,7
11	Cimientos	231,0	22,7
12	Vigas	243,9	23,9
13	Pozo 210 kg/cm ²	300,5	29,5
14	Viga corona	71,2	7,0

#	Elemento a construir con el concreto muestreado	Promedio Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Promedio Resistencia a la Compresión (MPa)
15	Placa de muro	275,7	27,0
16	Columnas	287,7	28,2
17	Viga de piscina	248,7	24,4
18	Columnas	124,7	12,2
19	Columnas	283,6	27,8
20	Placa tensora	219,3	21,5
21	Columnas	165,5	16,2
22	Viga corona	223,0	21,9
23	Columnas	136,1	13,3
24	Vigas, contrapiso y columnas	213,1	20,9
25	Pared 210 kg/cm ²	204,1	20,0
26	Placa de fundación	205,7	20,2
27	Viga corona	238,2	23,4
28	Cimientos	185,7	18,2
29	Columnas	350,3	34,4
30	Columnas	389,2	38,2
31	Piso 210 kg/cm ²	242,1	23,7
32	Viga	379,8	37,2
33	Columnas	322,5	31,6

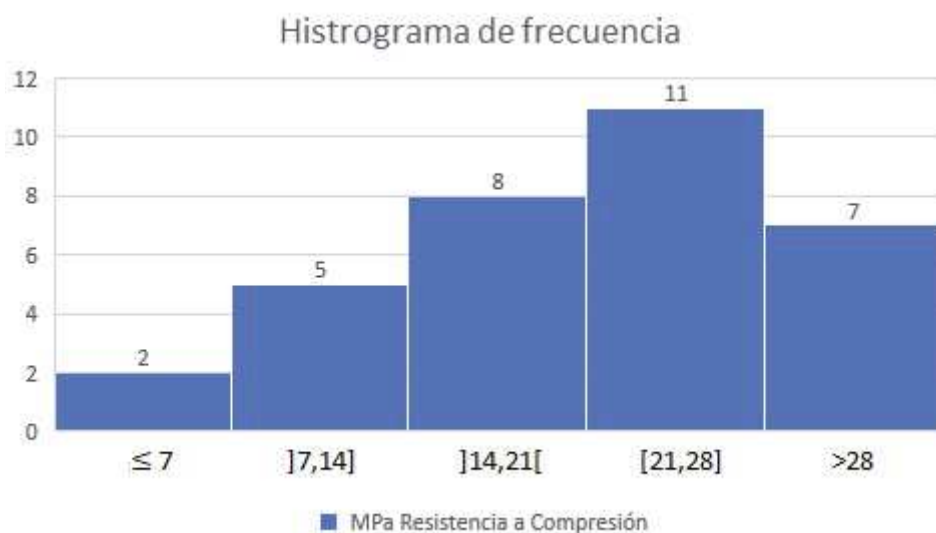
Gráfico 2 Porcentaje de cumplimiento de resistencia a la compresión de especímenes de concreto



Como se observa en la tabla 7 y más claramente en el gráfico 2, un 45% de los concretos muestreados para ensayos de resistencia a la compresión, no cumple con el requisito mínimo de resistencia del concreto estructural para Costa Rica de 21 MPa. Esto quiere decir que 18 concretos, son iguales o superiores a 21 MPa, de las 33 obras.

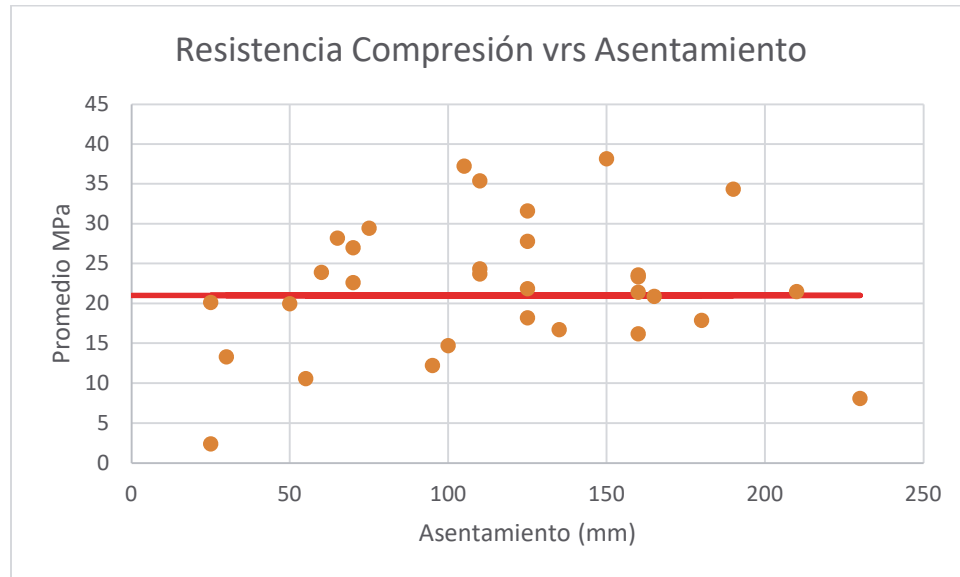
Debido a la variedad de resistencias obtenidas, a continuación, se presenta el gráfico 3, donde puede observarse el histograma con la frecuencia entre intervalos de resistencias de 7 MPa. ≤ 7

Gráfico 3 Histograma de frecuencias



Observando el histograma, existen 2 muestras menores a 7 MPa, 5 muestras entre 7 y 14 MPa, 8 resultados con valores entre 14 y 21 y 18 resistencias iguales o mayores a 21 MPa.

Gráfico 4 Asentamiento vrs Resistencia a la compresión



6.3 Almacenamiento de materiales

Durante la investigación, no se realizaron ensayos a los agregados para determinar su grado de aceptabilidad como insumo para la elaboración del concreto. Sin embargo, se realizó una revisión visual. Para cuantificar de alguna manera el almacenamiento de los materiales, se calificó cualitativamente como óptimo, regular o deficiente, según los siguientes criterios:

- Apilamientos de agregados gruesos y finos traslapados (piedra y arena)
- Limpieza del área del apilamiento (ejemplo: presencia de barro)
- Presencia de lona o plástico para cubrir los agregados
- Segregación de los agregados
- Presencia evidente de partículas contaminantes (Ejemplos: raíces o tierra)
- Tamaño inadecuados de agregados.
- Utilización de tarimas para el almacenamiento del cemento
- Disposición de los apilamientos de cemento (Ejemplo: en bodega o al aire libre)

En los gráficos 5 y 6, es posible apreciar la condición del almacenamiento de los insumos.

Gráfico 5 Condición de almacenamiento de agregados

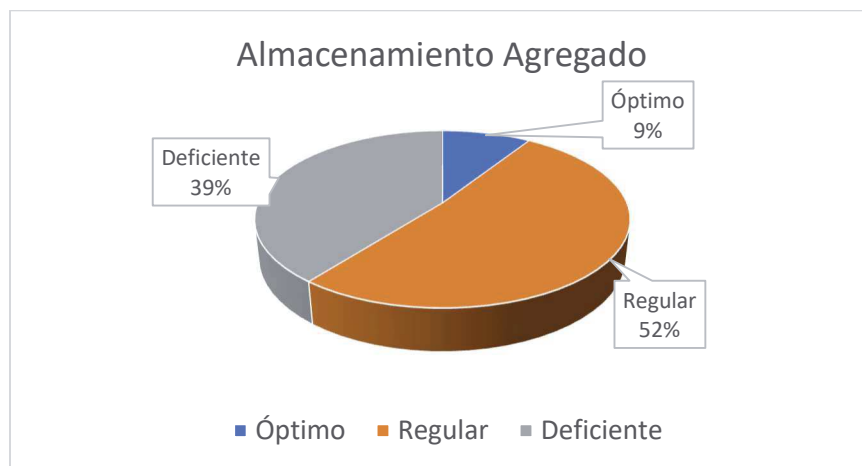
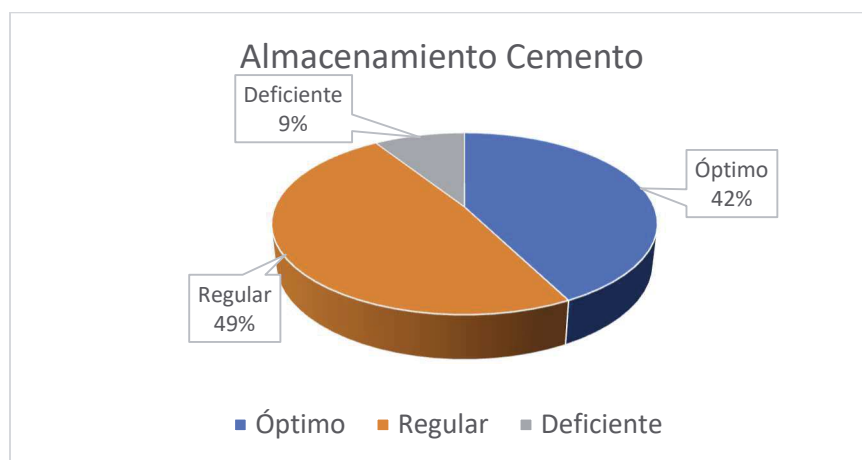


Gráfico 6 Condición de almacenamiento del cemento



Estos resultados podrían explicar parcialmente, los resultados deficientes de la calidad del concreto en las obras, donde se obtienen bajas resistencias. La condición de los agregados y cemento son considerados óptimos en las dosificaciones calculadas originalmente, para la fabricación del concreto, en el caso de que existan. Este diseño no contempla el grado de contaminación de los agregados o los efectos de la mala en la dosificación del concreto, ni tampoco el grado de hidratación del cemento al momento del mezclado. Por esto, es de suma importancia, la supervisión constante de parte del profesional responsable.

7 Investigación de calidad de concreto hecho en obra 2005 y la actual

El ICCYC y el CFIA siempre han colaborado en el desarrollo, innovación y capacitación del sector construcción y la comunidad técnica del país. Para lograr esto, se realizan en conjunto diferentes tipos de iniciativas y proyectos de investigación, que nos permiten fomentar el desarrollo del país, así como determinar las necesidades concernientes a nuestro medio y ofrecer soluciones.

Siguiendo esta línea, en el 2005, se dio la primera investigación de la calidad del concreto hecho en obra, de esta serie, la cual tuvo como área designada, una parte del GAM. Los resultados de ambas investigaciones no son totalmente comparables debido a que la anterior, fue realizada en menos cantones, el almacenamiento de agregados y cemento no fue evaluado de manera cualitativa y solamente se contaba con un tipo de obra para muestrear, con restricción en su área de construcción.

Según las conclusiones del análisis del 2005, se muestrearon 30 construcciones donde el 55% de ellas, no cumplieron con el parámetro de resistencia a la compresión de 21 MPa. A manera de referencia y aunque no pueden ser directamente comparables, en la investigación actual, el 45% de las edificaciones muestreadas no cumplían con la resistencia especificada.

8 Conclusiones

Después de analizar los resultados obtenidos en la investigación y los ensayos de laboratorio se pueden hacer las observaciones a continuación:

- Realizando el recorrido en las zonas, resalta que el concreto premezclado ha ganado bastante terreno dentro del sector construcción y sería interesante determinar, mediante otra investigación, el porcentaje de mercado que abarca actualmente.
- El 45% de las muestras ejecutadas, no cumplen con la norma mínima establecida por el Código Sísmico, Revisión 2014, de 21 MPa.
- De los resultados de resistencia a la compresión, un 21% es menor a 14 MPa, 24% se encuentran en el rango de valores entre 14 y 21 MPa, un 33% se encuentran en el rango entre 21 y 28 MPa y finalmente, un 21% en el rango mayor a 28 MPa.
- Según lo observado en el campo y de acuerdo con los resultados obtenidos, el principal problema del concreto hecho en obra; radica en la falta de un adecuado diseño de mezcla. De todas las obras muestreadas, solamente 1 de las 33, si contaba con un diseño de mezcla, explicado al maestro de obra.
- Siendo ejecutada la revisión cualitativa de la condición de almacenamiento del cemento y agregados en las construcciones, se evidenció que este se encuentra resguardado de manera regular, en el 50% de los casos; para ambos tipos de materiales. El ítem más crítico para esta evaluación es que en el 39% de los proyectos, presentan problemas en los apilamientos de agregados; donde no solamente se encontraban mezclados y segregados, sino que existían algunos con tamaños inadecuados, contaminados con raíces o tierra, entre otros. En cuanto al resguardo de los sacos de cemento, solamente se presenta que en un 9% de los proyectos es inadecuado. Comparando los resultados, los efectos del mal almacenamiento del cemento son mejor comprendidos que los problemas que generan las malas condiciones de almacenamiento y tipo de agregado en las obras.
- En la mayoría de los casos, no se tiene control de calidad del concreto elaborado en la obra, de hecho un 72% de los sitios muestreados no cuentan con dicho control.
- Con respecto al equipo para la fabricación de concreto; en todos los casos se contaba con batidora; sin embargo, el uso del equipo no era el óptimo, ni su estado físico o manejo. Se considera que un 76% tiene un equipo de elaboración de concreto regular, contra un 20% óptimo, un 4% deficiente.
- No se preguntó sobre la preparación técnica o experiencia de las personas que elaboraban el concreto en la obra; pero se deduce por el sistema de dosificación utilizado en la mayoría de las obras; que ésta es escasa y se debe hacer un esfuerzo en ese sentido.

Algunos factores perjudiciales observados, que afectan la calidad del concreto son:

- Falta de diseños de mezcla formales transmitidos efectivamente al personal a cargo.
- Ejecución del mezclado sobre una superficie no adecuada, sin control en la cantidad de agua a utilizar en la mezcla.
- Deficiencias en el almacenamiento y manejo de los materiales.
- Deficiente preparación del terreno sobre el cual se colocará el concreto.
- Operarios no calificados o con poca preparación técnica y supervisión profesional esporádica.
- Apilamiento de agregados contaminados, al sol, segregados y sin protección contra la lluvia.
- Proporcionamiento deficiente de las mezclas de concreto.

9 Bibliografía

1. American Concrete Institute. “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario”. ACI - ICCYC, Costa Rica, 2005.
2. American Standard for Testing of Materials. Standards for Concrete, Vol 2004.
3. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. “Código Sísmico de Costa Rica, Revisión 2014”. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica, 2002.
4. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto “Manual de consejos prácticos sobre el concreto”, Segunda Edición. Costa Rica, 2007.
6. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto - Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. “Calidad de las obras que usan cemento y concreto”, informe de investigación. Costa Rica, 2006.
7. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. “Manual del Técnico CP-1 (07)”. México, 2007.
8. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. “Manual para Supervisar Obras de Concreto, ACI 311-99”. México, 2002.
9. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. “Elaboración, colocación y protección del concreto, en clima caluroso ACI-305”. México, 2004.
10. Portland Cement Association. “Design and Control of Concrete Mixtures”. USA, 2011.

10 Anexo 1

En esta sección se presentan diferentes tipos de prácticas constructivas recurrentes, que pueden transformarse en factores perjudiciales en la calidad de las obras.

10.1 Dosificación de agua con manguera hasta cierta consistencia



Problema	Recomendación
El agua se agrega sin medida a la mezcla, provocando generalmente una relación agua cemento alta y por ende una baja en la resistencia a compresión del concreto.	El agua debe de ser dosificada en recipientes marcados, para conocer la cantidad vertida en cada batida de mezcla, cumpliendo con el estipulado por el diseño.

10.2 Mezcla de los agregados en los apilamientos



Problema	Recomendación
Los apilamientos mezclados, provoca que cada vez que sea necesario sacar material para cada batida, lo materiales se combinen, alterando la proporción de cada uno dentro de la mezcla.	Apilar cada material por separado y homogenizarlos antes de toma de material.

10.3 Concreto excedente con agua para “evitar fraguado”



Problema	Recomendación
<p>Al verter concreto, en ocasiones existen sobrantes que dejan en un recipiente o carretillo para utilizarlo tiempo después.</p>	<p>El concreto debe de mezclarse de acuerdo a la cantidad que va a ser colocada. Una vez que el cemento entra en contacto con el agua, ya se inicia la reacción química. El concreto sobrante debe de ser descartado. Es recomendable colocar el concreto hecho en obra, dentro de los primeros 30 min de haber sido mezclado.</p>

10.4 Mezclado de concreto en suelo



Problema	Recomendación
Mezclado que no garantiza la uniformidad de la mezcla de concreto, propiciando por ejemplo los hormigueros.	Realizar mezclado de concreto en batidora.

10.5 Almacenamiento de sacos de cemento



Problema	Recomendación
<p>Almacenamiento de sacos de cemento sobre el suelo y sin encontrarse tapados. En este caso los sacos de cemento absorben humedad del suelo, iniciando el fraguado. Una vez iniciado este proceso, si el cemento es utilizado, puede perder hasta un 50% de su resistencia en el concreto final.</p>	<p>Colocar sacos de cemento sobre tarimas, cubiertos, donde no tengan contacto con agua. Adicionalmente separarlos de paredes, recomendable unos 10 cm o 15 cm de separación.</p>

Créditos

Proyecto	Calidad del Concreto hecho en obra GAM 2020
Informe Técnico	Ing. Marvin Moya Arguedas (ICCYC) Ing. Thyssen Wong Chang (ICCYC)
Muestreo y visitas al sitio	Ing. Fabián Alfaro Solano (ICCYC) Ing. Luis Castro Boschini (CFIA) Ing. José Mariano Campos Rodríguez (CFIA) Ing. Alejandro Hernández Araya (CFIA) Ing. Vladimir Naranjo Castillo (CFIA) Ing. Austin Shen Ti (CFIA) Ing. Edgardo Torres Brenes (CFIA) Ing. Thyssen Wong Chang (ICCYC) Téc. Eduardo Arce Mena (CIVCO) Téc. Luis Carlos Calvo Navarro (CIVCO) Téc. Juan Carlos Coto Redondo (CIVCO) Téc. Heiner Navarro Mena (CIVCO)
Laboratorio de control de calidad de materiales	Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Laboratorio acreditado bajo la norma 17025:2005.
Fecha de muestreos	17 al 27 de febrero 2020