



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN PARA  
LA GESTIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN IN SITU

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JAIME ENRIQUE ANDRÉS MONROY TORO

PROFESORA GUÍA:  
CARMEN MUÑOZ EFFA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
MILENKO OGAZ CARRASCO  
CARLOS GÁLVEZ LILLO

SANTIAGO DE CHILE  
2022

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil  
mención Estructuras, Construcción y  
Geotecnia  
**POR:** Jaime Enrique Andrés Monroy Toro  
**FECHA:** 2022  
**PROF. GUÍA:** Carmen Paz Muñoz Effa

## **PROPUESTA DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN PARA LA GESTIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN IN SITU**

Para Chile, la industria de la construcción es de vital importancia debido a su aporte al PIB y a su gran generación de empleos. Sin embargo, debe lidiar con factores como la alta actividad sísmica que ha llevado a nuestro país a ser reconocido como el país más sísmico del mundo. Dicho lo anterior, cobra mucha relevancia el qué y el cómo se construye la infraestructura en Chile y desde donde el hormigón como material de construcción toma un papel crucial. No obstante, en la actualidad no solo basta con construir, sino que también se busca que el proceso sea más eficiente, económico y se logren resultados de mayor calidad. Una herramienta fundamental para ello son los indicadores, mediante los cuales es posible medir el desempeño de los diferentes procesos de la etapa constructiva y que tras su posterior análisis permite determinar acciones que se deban o puedan tomar en el corto plazo para mejorar la gestión del proceso constructivo en general.

El presente Trabajo de Título tiene como objetivo principal validar un set de indicadores de la construcción con hormigón, de tal manera de poder mejorar la gestión de las obras. Para ello, lo primero es identificar los procesos y los indicadores pertenecientes a cada una de las etapas del proceso de hormigonado para luego diseñar un instrumento con sustento estadístico para levantar información desde terreno, información que tras su posterior análisis permitirá la validación de los indicadores propuestos. Por último, se busca que este set definitivo de indicadores sea integrado de manera temprana en los proyectos por parte de los especificadores.

El estudio consta de una revisión bibliográfica exhaustiva de normas nacionales, internacionales y especificaciones técnicas donde, en primer lugar, se definen las etapas claves del proceso de hormigonado para posteriormente identificar los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a cada una de ellas. Luego, se elabora una encuesta para ser respondida por profesionales del rubro de la construcción quienes deben indicar su percepción respecto al set de indicadores que el estudiante propone, respuestas mediante las cuales se valida o no cada uno de dichos indicadores según parámetros establecidos por un grupo de expertos en la materia.

Tras el posterior análisis de resultados se obtiene un set de 18 indicadores de la calidad del hormigón para las 7 etapas del proceso de hormigonado definidas y en donde cada uno de ellos obtuvo un porcentaje de aceptación mayor al 92% por parte de los profesionales colaboradores.

## DEDICATORIA

*A mis padres, Jaime y Joyce, mis hermanas, Paula y  
Fernanda y toda mi familia que amo con mi corazón.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, no quiero dejar de agradecer a mi familia. Mis padres Jaime y Joyce, mis hermanas Paula y Fernanda, mi sobrino Esteban, mi Tatita amado, mi Mamita Silvia, mis tíos Koky, Pepe y Jaime Roberto que me acompaña desde el cielo, mi tía Moni, mis federicas Marce, Caro y Dani, mi Emi pequeña, a Pao, Maxi y Javi, mis padrinos Toty e Hilda, mi familia paterna y todos los familiares que han estado incondicionalmente conmigo todos estos años. Realmente me hacen sentir una persona muy especial. Esto es por y para ustedes.

Luego, quiero dar las gracias a la profe Carmen Paz por confiar en mí y permitirme ser yo en el desarrollo de mi tesis. Gracias por su valioso tiempo, por su guía y por su consejo. Gracias por recogerme cuando las incertezas en mi vida nuevamente comenzaban a asomar. Gracias por su confianza hacia mí. Espero haber estado a la altura.

Gracias también a mis amigos de toda la vida, Jorguito y Sebita. Gracias por su amistad incondicional. Gracias por nunca dejarme solo en estos meses difíciles. Gracias por las risas, las conversaciones, la compañía y por entregarme las ganas para seguir adelante y continuar con mi vida y con lo que me depara. Los quiero mucho y aquí estaré para cuando me necesiten.

Gracias a mis cabros de la u. Simón, mi hermano desde el día uno, Raicito, con quien compartimos toda la especialidad, Mati y Nicolito que, si bien conozco desde el primer día de la u, forjamos y afiatamos nuestra amistad en el camino civil, Nico grande y Franquito a quienes también conocí siendo civiles y con quienes armamos un grupo muy bacán en donde compartimos conocimiento, estudio, compañía, carretes, risas, bajones y un sinfín de recuerdos más que me llevaré hasta la eternidad. Los quiero y espero sigámonos viendo y riendo como siempre.

Por último, quiero agradecer a Javi quien estuvo conmigo gran parte de este camino que hoy termina. Gracias a ella aprendí valores como la responsabilidad, el esfuerzo y la perseverancia, valores que me permitieron poder seguir avanzando con mi carrera en los momentos más difíciles y tristes de mi vida. De todo corazón, muchas gracias. Gracias también a tus padres, Ximena y Alfonso, por su cariño, por siempre darme una palabra de aliento y por su apoyo incondicional y como no, gracias a tus bebés a quienes adoro y me hicieron muy feliz todos estos años.

Con cariño para ustedes, Jaime.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivación y antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivos generales.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Alcances y Limitaciones.....	3
1.4. Metodología de trabajo.....	4
1.5. Resultados Esperados.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Construcción con Hormigón.....	6
2.1.1. Contexto Nacional.....	6
2.1.2. Definición de los Procesos de Hormigonado.....	7
2.1.3. Propuesta de Indicadores.....	40
2.2. Indicadores de Desempeño.....	44
2.2.1. Definiciones.....	44
2.2.2. Tipos de Indicadores.....	45
2.2.3. Indicadores de Desempeño en la toma de decisiones.....	46
3. VALIDACIÓN DE INDICADORES.....	47
3.1. Definición del instrumento a utilizar.....	47
3.2. Validación estadística del Instrumento a utilizar.....	50
3.3. Propuesta de instrumento.....	50
3.4. Validación del instrumento por Expertos.....	51
3.5. Instrumento Definitivo.....	52
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1. Presentación de los Resultados.....	53
4.1.1. Muestra total de encuestados y cargos en donde obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado.....	53
4.1.2. Años de experiencia de los encuestados.....	54

4.1.3.	Proyectos en donde los encuestados han obtenido mayor experiencia en las labores de hormigonado .....	55
4.1.4.	Utilización de indicadores de la calidad del hormigón.....	56
4.2.	Análisis de Resultados .....	58
4.2.1.	Indicadores generales de la calidad del hormigón.....	59
4.2.2.	Indicadores especiales de la calidad del hormigón.....	89
5.	PROPUESTA DE INDICADORES.....	106
6.	CONCLUSIONES.....	114
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	117
	ANEXOS .....	120
	Anexo A. Bosquejo de la encuesta .....	120
	Anexo B. Encuesta Definitiva .....	138
	Anexo C. Propuesta de Indicadores .....	169

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Criterios de aceptación asentamiento de cono según NCh170:2016 .....	12
Tabla 2.2: Criterios de aceptación Asentamiento de cono según ACI 117-10. Primer caso.....	12
Tabla 2.3: Criterios de aceptación Asentamiento de cono según ACI 117-10. Segundo caso.....	13
Tabla 2.4: Altura Máxima de Vaciado del Hormigón según Asentamiento de Cono y características del hormigón (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2005).....	20
Tabla 2.5: Rango de características, desempeño y aplicaciones de vibradores de inmersión, eje flexible y vibradores de motor en cabeza (Elaboración propia en base a la Tabla 5.1 de la Norma ACI 309R-05).....	24
Tabla 2.6: Plazos mínimos de desmolde y descimbre (Instituto Nacional de Normalización, 2016) .....	31
Tabla 2.7: Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo (Instituto Nacional de Normalización, 2016).....	34
Tabla 2.8: Indicadores de la Calidad del Hormigón Propuestos .....	40
Tabla 2.9: Indicadores Especiales de la Calidad del Hormigón Propuestos .....	43
Tabla 3.1: Escala de valoración del instrumento.....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1: Materialidad Muros en Construcciones de Uso Habitacional (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2022) .....	6
Figura 2.2: Materialidad del Pavimento (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2022) .	7
Figura 2.3: Diámetro de Acción y Distancia entre Inserciones (Polpaico, 2021) .....	22
Figura 2.4: Cómo los Indicadores de Desempeño apoyan las Acciones de Gestión (Alarcón, Grillo, Freire, & Diethelm, 2001) .....	46
Figura 4.1: Distribución de cargos donde los encuestados indicaron haber obtenido más experiencia en las labores de hormigonado .....	54
Figura 4.2: Años de experiencia profesional de los encuestados .....	55
Figura 4.3: Proyectos en donde los profesionales colaboradores han obtenido mayor experiencia en las labores de hormigonado .....	56
Figura 4.4: Utilización de indicadores de la calidad del hormigón por parte de los encuestados .	57
Figura 4.5: Conocimiento de los indicadores de la calidad del hormigón propuestos por parte de los encuestados .....	58
Figura 4.6: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Recepción del hormigón .....	60
Figura 4.7: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según el cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	61
Figura 4.8: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según los años de experiencia de los encuestados .....	62
Figura 4.9: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	63
Figura 4.10: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Distribución del hormigón en obra .....	64
Figura 4.11: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	65
Figura 4.12: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra según los años de experiencia de los encuestados .....	66
Figura 4.13: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra colocación según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	67
Figura 4.14: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Colocación del hormigón.....	69



Figura 4.15: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	70
Figura 4.16: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según los años de experiencia de los encuestados .....	71
Figura 4.17: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	72
Figura 4.18: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Compactación del hormigón.....	73
Figura 4.19: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	74
Figura 4.20: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según los años de experiencia de los encuestados .....	75
Figura 4.21: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	76
Figura 4.22: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Curado y Protección del hormigón .....	77
Figura 4.23: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	79
Figura 4.24: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según los años de experiencia de los encuestados .....	80
Figura 4.25: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	81
Figura 4.26: Percepción de los encuestados sobre el indicador de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Desmolde y Descimbre .....	82
Figura 4.27: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	83
Figura 4.28: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre según los años de experiencia de los encuestados .....	84
Figura 4.29: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	85
Figura 4.30: Percepción de los encuestados sobre el indicador de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística .....	86
Figura 4.31: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	87

Figura 4.32: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según los años de experiencia de los encuestados .....	88
Figura 4.33: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según los proyectos más relevantes de los encuestados.....	89
Figura 4.34: Utilización de indicadores especiales de la calidad del hormigón por parte de los encuestados.....	90
Figura 4.35: Utilización de indicadores especiales de la calidad del hormigón que deba cumplir con requisitos de durabilidad por parte de los encuestados .....	91
Figura 4.36: Percepción de los encuestados sobre el indicador especial de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Recepción del hormigón.....	92
Figura 4.37: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados .....	93
Figura 4.38: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según los años de experiencia de los encuestados .....	94
Figura 4.39: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados.....	95
Figura 4.40: Trabajo con hormigones que deban cumplir con algún grado de terminación por parte de los encuestados .....	96
Figura 4.41: Percepción de los encuestados sobre los indicadores especiales del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación, perteneciente a la etapa de Colocación del hormigón .	97
Figura 4.42: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según cargo de mayor experiencia de los encuestados.....	98
Figura 4.43: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según los años de experiencia de los encuestados.....	99
Figura 4.44: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	100
Figura 4.45: Trabajo con hormigones que deban cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje .....	101
Figura 4.46: Percepción de los encuestados sobre los indicadores especiales del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales, perteneciente a la etapa de Colocación del hormigón..	102
Figura 4.47: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según cargo de mayor experiencia de los encuestados.....	103
Figura 4.48: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según los años de experiencia de los encuestados.....	104

Figura 4.49: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según los proyectos más relevantes de los encuestados .....	105
Figura 5.1: Indicadores definitivos para la etapa Recepción del hormigón .....	107
Figura 5.2: Indicadores definitivos para la etapa de Distribución del hormigón en obra.....	108
Figura 5.3: Indicadores definitivos para la etapa Colocación del hormigón .....	109
Figura 5.4: Indicadores definitivos para la etapa de Compactación del hormigón .....	110
Figura 5.5: Indicadores definitivos para la etapa de Curado y Protección del hormigón.....	111
Figura 5.6: Indicadores definitivos para la etapa de Desmolde y Descimbre .....	112
Figura 5.7: Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística .....	113

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Motivación y antecedentes

La industria de la construcción en Chile representa una de las principales fuentes de trabajo y desarrollo social del país. En el año 2021, la actividad económica nacional exhibió una expansión del 11,7% respecto al año anterior, de los cuales el sector de la construcción contribuyó con cerca del 1% (Banco Central de Chile, 2021). A su vez, durante el primer trimestre del año 2022 los ocupados en el rubro de la construcción aumentaron en un 7,5%, lo que se traduce en la creación de 731 mil puestos de trabajo en los últimos 12 meses (Cámara Chilena de la Construcción, 2022).

Por otra parte, Chile es reconocido por ser el país más sísmico del mundo, sismicidad que es controlada principalmente por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana que convergen a una velocidad de 8 cm por año, lo que sumado a la juventud geológica de ambas placas se traduce en que Chile tenga los terremotos de subducción de mayor magnitud del mundo (Saragoni, 2011). En línea con lo anteriormente expuesto y según los registros de los últimos cinco siglos, se espera que en Chile ocurra un terremoto destructivo de magnitud 8 o superior cada 10 años (Madariaga, 1998). En lo más reciente, se registraron 7.436 sismos en el territorio nacional durante el año 2021, con magnitudes desde 1.9 a 7.1, promediando aproximadamente 20 sismos diarios, promedio similar a los últimos cinco años (Centro Sismológico Nacional, 2022).

Dicho lo anterior, cobra mucha relevancia el diseño y la materialidad de las construcciones que se desarrollan en Chile, las que se deben desarrollar bajo un riguroso marco normativo y legal, además de cumplir con especificaciones técnicas según cada proyecto. A diciembre de 2021, la materialidad de los muros en las construcciones de uso habitacional fue predominantemente de hormigón, con una participación del 69,63%, equivalente a aproximadamente 22 millones de m<sup>2</sup> de superficie (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2022). Si se considera además que, en las construcciones Clase B con estructura soportante de hormigón armado o mixtas de acero con hormigón armado, los entresijos de losas deben ser también de hormigón armado (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2022), se concluye con facilidad que el hormigón es el material predominante en las construcciones de tipo habitacional del país.

La industria del hormigón, y de la construcción en general, está en constante mejora y perfeccionamiento. Actualmente se apunta a que las prácticas y los procesos cumplan con los más altos estándares, dejando de lado las prácticas comunes que están profundamente arraigadas en el rubro. En muchos casos, si es que no es en la mayoría, los procesos y prácticas que dan lugar a la producción y colocación de hormigón de alta calidad pueden realizarse de forma tan económica como las prácticas que dan lugar a un hormigón deficiente (American Concrete Institute, 2000). Para ello, los indicadores de desempeño toman un papel crucial puesto que, mediante estos, es posible medir el desempeño de los diferentes procesos del proceso constructivo. Sin embargo, la

medición por sí sola no es suficiente. Una vez recabados los datos medidos mediante los correspondiente indicadores de desempeño, estos deben ser analizados para así poder determinar las acciones que se deben o pueden tomar en el corto plazo (Alarcón, Grillo, Freire, & Diethelm, 2001).

En base a lo anterior, el presente Trabajo de Título busca validar un set de indicadores del hormigón para poder controlar la calidad de lo que se está construyendo y en base a ello, realizar una mejor gestión del proceso de hormigonado, permitiendo lograr un hormigón de mayor uniformidad y calidad, mediante una operación más armónica y productiva. Por otra parte, se busca que el set de indicadores generados se pueda integrar en etapas tempranas de ingeniería, poniendo foco en la búsqueda de la excelencia en la ejecución de los proyectos y en donde los indicadores toman un papel relevante en el uso y optimización de los recursos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos generales**

Validar un set de indicadores de la construcción con hormigón, de tal manera de poder mejorar la gestión de las obras.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Con el fin de lograr el objetivo general propuesto, se enumeran a continuación una serie de objetivos específicos por cumplir.

1. Identificar procesos e indicadores de la calidad del hormigón en cada una de las etapas del proceso de hormigonado
2. Diseñar un instrumento con respaldo estadístico para la validación de los indicadores en cuestión, estableciendo para ello una muestra acorde de tal manera de obtener resultados representativos y para luego aplicar dicho instrumento para la recopilación de información desde terreno para su posterior análisis
3. Generar una propuesta definitiva de indicadores dirigida a los especificadores (arquitectos o calculista) para su integración de manera temprana en los proyectos

## **1.3. Alcances y Limitaciones**

A continuación, se presentan los Alcances y Limitaciones del presente Trabajo de Título.

- El Trabajo de Título se limita al estudio de obras de construcción en donde se utilice hormigón premezclado o de central hormigonera
- Debido a que el presente Trabajo de Título tiene por finalidad mejorar la gestión del proceso de hormigonado in situ, el estudio se limita a los procesos comprendidos entre la etapa de recepción del hormigón en obra hasta la aceptación del hormigón colocado
- Se excluye del estudio las juntas de hormigonado puesto que, como se indica en la Norma Chilena NCh170:2016 Hormigón – Requisitos generales, cuando estas no son especificadas por el Proyecto Estructural, su ubicación debe ser propuesta desde obra para luego ser aprobada por el Proyectista Estructural
- No se abordarán patologías o efectos relacionados con durabilidad del hormigón endurecido

## **1.4. Metodología de trabajo**

La metodología de la investigación que se lleva a cabo en el presente Trabajo de Título se desarrolla según la secuencia que se expone a continuación.

### **a) Propuesta de Indicadores**

Tras el levantamiento de información realizado en el Marco Teórico, se propone un set de indicadores de la calidad del hormigón organizados según la etapa de hormigonado al que pertenezcan.

### **b) Definición del Instrumento a utilizar**

La definición del instrumento a utilizar resulta crucial para la validación de los indicadores propuestos. En primer lugar, este debe poseer una validación estadística para así obtener datos suficientemente representativos y fidedignos.

El instrumento debe ser breve y conciso, de tal manera que su utilización represente un bajo esfuerzo y este pueda ser respondido de manera correcta por los profesionales de las empresas colaborativas definidos previamente. Para ello, es fundamental caracterizar al encuestado pues debe conocer a cabalidad el funcionamiento diario de las labores de hormigonado. Además, es importante controlar las características de quien utilice el instrumento de tal manera de que a la hora de analizar los datos obtenidos sea posible comparar las respuestas según el cargo, la experiencia y las obras en donde ha obtenido mayor experiencia quien responda y así, obtener valoraciones similares de lo que se está preguntando.

Por último, el instrumento a utilizar debe ser elaborado para ser respondido con escalas absolutas en vez de subjetivas, de tal manera que las respuestas sean comparables unas con otras.

### **c) Propuesta de Instrumento y validación de Expertos**

Tras la Revisión Bibliográfica pertinente mediante la cual se identifican los indicadores de la calidad del hormigón y la posterior propuesta de estos, se genera un primer instrumento parcial con descripciones breves, fórmulas de medición y requerimientos, en caso de que aplique. La idea de generar una propuesta de instrumento es poder presentarlo previamente a un grupo de profesionales expertos en la materia y con ello, recabar observaciones para así poder perfeccionar dicho instrumento y generar uno definitivo.

### **d) Instrumento Definitivo**

Se presenta el instrumento definitivo con todos los indicadores del hormigón a medir, sus respectivas explicaciones y fórmulas para que este pueda ser llenado de manera correcta por los profesionales correspondientes.

#### **e) Aplicación del Instrumento**

Una vez generado el instrumento definitivo, este es difundido entre todos los profesionales colaboradores para que, en un periodo de tiempo acotado, pongan en uso este para así ir recabando datos de su experiencia en faenas de hormigonado y completen el formato del instrumento según sus indicaciones.

#### **f) Análisis de Resultados**

Transcurrido el tiempo otorgado para que los profesionales colaboradores respondan el instrumento, se recogen sus resultados, se organizan y posteriormente se analizan, para así poder concluir al respecto y generar propuestas para mejorar la gestión del proceso de hormigonado.

Para realizar un análisis de los resultados de manera más concisa y organizada, es importante que el instrumento sea generado en una plataforma que realice una primera organización de los datos mediante gráficos y tablas, para así poder centrarse el estudiante en el análisis de los resultados y las conclusiones al respecto.

#### **g) Propuesta definitiva de indicadores**

Finalmente, tras la aplicación del instrumento por parte de los profesionales colaboradores y el posterior análisis de los resultados obtenidos por parte del estudiante, se propone un set de indicadores de la calidad del hormigón, con la finalidad que este sea incorporado por los especificadores en etapas tempranas de Ingeniería.

### **1.5. Resultados Esperados**

El principal resultado esperado del presente Trabajo de Título es validar un set de indicadores que permitan controlar la calidad del proceso de hormigonado en obra y, por ende, controlar y gestionar la calidad de lo que se está construyendo.

Además, se espera validar dicho set de indicadores de tal manera que estos puedan ser incorporados por los especificadores de manera temprana en los proyectos para lograr una ejecución de alta calidad mediante la optimización de los recursos y la minimización de desperdicios físicos y de trabajo.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Construcción con Hormigón

#### 2.1.1. Contexto Nacional

Chile es reconocido por ser el país más sísmico del mundo, sismicidad que es controlada principalmente por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana que convergen a una velocidad de 8 cm por año, lo que sumado a la juventud geológica de ambas placas se traduce en que Chile tenga los terremotos de subducción de mayor magnitud del mundo (Saragoni, 2011).

Es por ello por lo que el qué y el cómo se construye cobra mucha relevancia. El hormigón armado, como se ha comprobado a través de los años, presenta un excelente comportamiento en condiciones sísmicas y meteorológicas extremas, por lo que en Chile la inmensa mayoría de las construcciones en altura se construye en base a hormigón armado. En la Figura 2.1 que se presenta a continuación, se observa que el hormigón es el material predominante en la materialidad de muros de las construcciones de tipo habitacional. Sin ir más lejos, a diciembre de 2021 la materialidad de los muros en las construcciones de uso habitacional fue predominantemente de hormigón, con una participación del 69,63%, equivalente a aproximadamente 22 millones de m<sup>2</sup> de superficie.

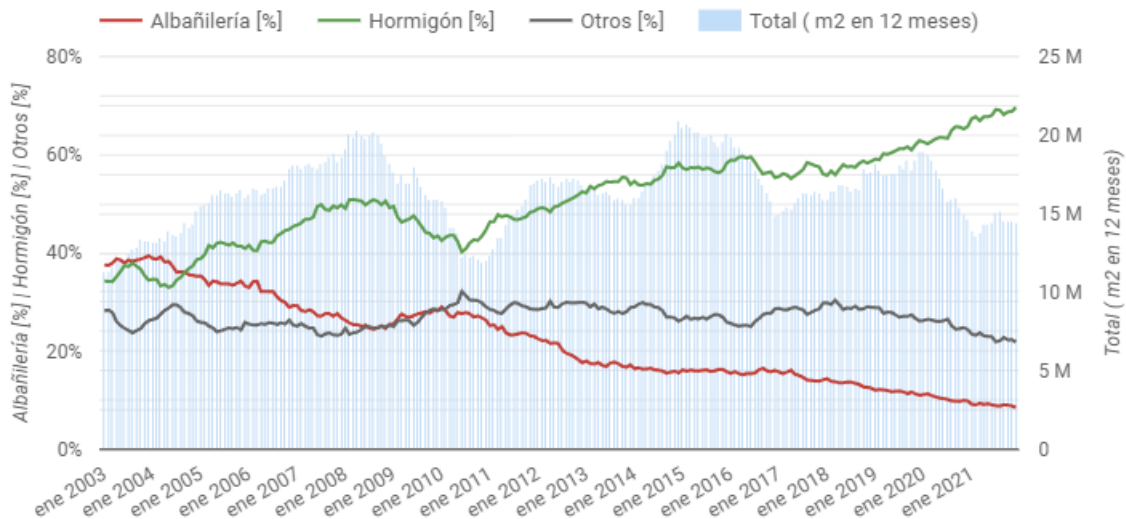


Figura 2.1: Materialidad Muros en Construcciones de Uso Habitacional (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2022)

En el caso de los pavimentos, Chile ha estado en un proceso de revalorización del hormigón como material para su construcción. El alto volumen de tráfico y cargas que actualmente se transportan en el país y los costos asociados a la reparación continua de los pavimentos, especialmente el que es transferido a los usuarios de las vías, exige procesos constructivos más eficientes, con menores requerimientos y costos de mantención, que, en el caso del hormigón, se

reducen prácticamente a cero (Holmberg, 2008). En la Figura 2.2 que se presenta a continuación, se observa que el hormigón es el material predominante en la materialidad de los pavimentos de las carreteras y caminos nacionales. Sin ir más lejos, a diciembre de 2021 el hormigón representó el 59,44% de los pavimentos, con aproximadamente 8,6 millones de m<sup>2</sup> de superficie.

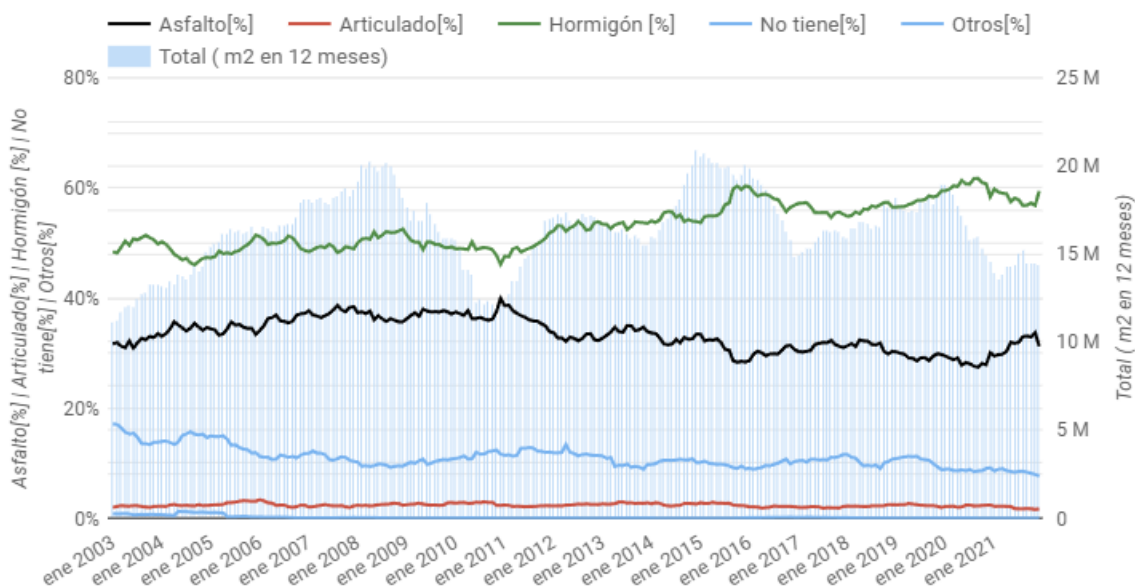


Figura 2.2: Materialidad del Pavimento (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2022)

### 2.1.2. Definición de los Procesos de Hormigonado

Se realiza un levantamiento de información desde las Normas Chilenas y distintos códigos ACI referentes al hormigón y desde documentos y especificaciones técnicas del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, para así poder demarcar las etapas del proceso de hormigonado e ir definiendo los indicadores del hormigón de cada una de ellas.

#### 2.1.2.1. Demarcación de las Etapas de Hormigonado

En primer lugar, es importante precisar en la definición de hormigón y sus derivados, definiciones que se exponen a continuación.

Según establece la Norma Chilena NCh170:2016 en su capítulo 3.17, se define hormigón como el material constituido por la mezcla de cemento, áridos y agua, con o sin la incorporación de aditivos y adiciones, que desarrolla sus propiedades por hidratación del cemento (Instituto Nacional de Normalización, 2016).

En el capítulo 3.18 de la misma norma, se define hormigón reforzado u hormigón armado como el hormigón que incorpora refuerzos, preesforzados o no, en una cuantía igual o superior a la mínima establecida en la norma de diseño correspondiente, con un grado mínimo de hormigón G17, de acuerdo con NCh430.

A su vez, en la misma norma citada en su capítulo 3.19 se define hormigón simple como el hormigón sin refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para hormigón reforzado.

Según se define en el capítulo 3.1 de la Norma Chilena NCh1934:1992 Hormigón preparado en central hormigonera, el hormigón preparado o premezclado corresponde al hormigón dosificado en una central hormigonera, mezclado en la misma central o en un camión mezclador, transportado a un lugar predeterminado y entregado en el sitio de descarga (Instituto Nacional de Normalización, 1992).

Una vez precisado en las definiciones anteriores, es necesario demarcar las etapas de hormigonado para así poder definir los indicadores de la calidad del hormigón y encasillarlos en cada una de las etapas.

Una primera secuenciación del proceso de hormigonado se realiza en los alcances de la Norma Chilena NCh170:2016, en donde se establecen los requisitos generales mínimos que se deben considerar para:

- a) Especificar hormigones
- b) Confeccionar hormigones
- c) Transportar hormigones
- d) Colocar hormigones
- e) Compactar hormigones
- f) Curar hormigones
- g) Proteger hormigones
- h) Desmoldar y descimbrar hormigones

Todo esto acotado a hormigones de densidad entre  $2.000 \text{ kg/m}^3$  y  $2.800 \text{ kg/m}^3$ , usados en hormigón simple y en hormigón reforzado. Dicha secuenciación define, de manera implícita, las etapas más importantes del proceso de hormigonado, desde su especificación por parte de los proyectistas, hasta el desmolde y descimbre del hormigón en obra.

Por otra parte, en el capítulo 9 de la Norma ACI 311-07 – Manual para Supervisar Obras de Concreto se define la colocación del concreto como una etapa crítica del proyecto, en donde se debe supervisar que se sigan los procedimientos apropiados para:

- a) Transportar el hormigón
- b) Colocar el hormigón
- c) Consolidar el hormigón
- d) Acabar el hormigón
- e) Curar el hormigón

El Manual para Supervisar Obras de Concreto también define de manera implícita las etapas más relevantes del proceso de hormigonado. Además, se agrega como una etapa relevante tras la colocación del hormigón la remoción de cimbras y soportes, el reapuntalamiento, el curado del concreto y la protección de este contra daño físico y exposición a condiciones extremas de clima (American Concrete Institute, 2007).

Dicho lo anterior y en base a los alcances del presente Trabajo de Título, se definen las siguientes etapas de hormigonado, agregando a las ya expuestas la recepción del hormigón, pues en esta etapa se pueden realizar importantes gestiones en obra en cuanto a la calidad del hormigón además de la aceptación del hormigón colocado, etapa crucial con la que se verificará si la resistencia del hormigón cumple con la resistencia especificada en el proyecto.

- a) Recepción del hormigón
- b) Distribución del hormigón en obra
- c) Colocación del hormigón
- d) Compactación del hormigón
- e) Curado y protección del hormigón
- f) Desmolde y descimbre
- g) Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística

#### **2.1.2.2. Etapas de hormigonado**

##### **1) Recepción del hormigón**

###### **a) Definición**

Según se establece en la cláusula 8.2 de la Norma Chilena NCh1934:1992, toda entrega de hormigón debe quedar registrada en el documento Guía de Entrega, la que debe ser completada, en lo que corresponda, en el sitio de descarga, en la que debe considerarse, al menos, la siguiente información.

- a) Fecha y numeración de la Guía
- b) Identificación del suministrador (Empresa, planta, etc.)
- c) Identificación del comprador (Nombre, dirección, etc.)
- d) Identificación de la obra (Nombre, dirección, etc.)
- e) Identificación de la designación del hormigón según el apéndice 4.1 de la Norma NCh1934:1992
- f) Identificación de la unidad de transporte
- g) Volumen de hormigón de la amasada
- h) Tiempos de entrega: hora de carga, hora de llegada a la obra, hora comienzo descarga, hora término descarga
- i) Registro del asentamiento de cono, si lo hay
- j) Registro de muestreos para control de resistencia u otros ensayos, si los hay

- k) Registro de firmas de entrega y recepción
- l) Registro de situaciones no especificadas, según el apéndice 8.1.3 de la Norma NCh1934:1992
- m) Indicación de que el hormigón que se transfiere está regulado por la norma recién citada

En línea con lo que se plantea en la Norma Chilena NCh1934:1992, en la recepción del hormigón se deben verificar diferentes parámetros propios del hormigón y otros asociados a su manipulación, tales como los tiempos de transporte a la obra, volumen de hormigón, docilidad, entre otros. Para ello, se realizan diversos ensayos que en conjunto con una inspección visual del hormigón generan los siguientes indicadores de la calidad del hormigón asociados a la etapa de Recepción del Hormigón.

#### **b) Indicadores**

- i) Tiempo de transporte a la obra

La Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 10.1 establece que el transporte del hormigón debe mantener la homogeneidad obtenida en el mezclado mediante la utilización de equipos y procedimientos adecuados, debiendo adoptarse las medidas pertinentes para evitar pérdidas de material, evaporación, segregación y contaminaciones. Por último, se establece que los equipos de transporte deben ser estancos, de metal u otro material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del hormigón y deben evitar la segregación o pérdida de material.

Por su parte, la Norma ACI 311-07 en su capítulo 7.2.1.5 establece que el concreto de central hormigonera (premezclado) puede ser transportado en camiones mezcladores o agitadores o en contenedores apropiados sin agitación. De ser este último caso, el equipo debe ser liso, hermético, con cuerpos metálicos y con puertas para el control de la descarga. Además, se debe procurar que hayan cubiertas para proteger al concreto de las eventualidades climáticas.

La Norma ACI 304R-00 Guía para Medición, Mezcla, Transporte y Colocación de Hormigón en su capítulo 4.10 indica que el hormigón puede ser transportado por diversos métodos y equipos y que independiente de ello, el hormigón debe ser entregado eficientemente al lugar de colocación, sin pérdida de mortero o cambios significativos en las propiedades especificadas del hormigón asociadas a la razón agua/cemento, docilidad, contenido de aire y homogeneidad. También se indica que, a la hora de escoger el método de transporte a la obra, se deben considerar condiciones como: ingredientes de la mezcla y sus proporciones, tipo y accesibilidad al lugar de colocación, capacidad de entrega requerida, ubicación de la central hormigonera y condiciones climáticas. Todas estas condiciones pueden dictar el tipo de transporte más adecuado para obtener de la forma económicamente más rentable un hormigón en obra de calidad. Los equipos y métodos de transporte más utilizados se describen a continuación.

- a) Tambor giratorio o camión mixer: en este método, el camión mezclador sirve como una unidad de transporte agitadora. El tambor gira a la velocidad de carga durante la misma y se reduce a la velocidad de agitación o se detiene una vez finalizada la descarga.
- b) Camión tolva con y sin agitador: en este método, las unidades usuales consisten en una tolva abierta montada sobre un camión. El cuerpo metálico debe tener superficies de contacto lisas y aerodinámicas y suele estar diseñado para la descarga del hormigón en la parte trasera cuando este se inclina (American Concrete Institute, 2000).

La Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 10.2.1 también establece que, si el transporte del hormigón se efectúa mediante camiones agitadores o mezcladores, el tiempo de transporte y entrega, contado desde la hora de carga y hasta la hora de fin de descarga, no debe exceder dos horas, salvo que en la especificación y diseño de la mezcla se hayan adoptado medidas técnicas que permitan aumentar el plazo en cuestión.

Por su parte, la Norma ACI 301S-10 Especificaciones para Concreto Estructural en su capítulo 4.3.2.2 establece que, a menos que se permita lo contrario, el tiempo para completar la descarga es de 90 minutos desde que se termina la mezcla, o de 300 vueltas del tambor mezclador (American Concrete Institute, 2010).

El indicador a medir será el Tiempo de transporte del hormigón desde la central hormigonera a la obra, el que, según la Norma Chilena NCh170:2016 y salvo no se especifique lo contrario, no deberá exceder las dos horas desde la hora de carga del hormigón hasta la hora del fin de la descarga. Este último punto es clave, puesto que el tiempo de transporte dentro de la obra y de colocación del hormigón deben estar incluidos en el periodo de tiempo especificado.

## ii) Docilidad

En primer lugar, se definen los términos asentamiento y docilidad. La Norma Chilena NCh1019:2009 Hormigón – Determinación de la docilidad – Método del asentamiento del cono de Abrams en su capítulo 3 define asentamiento como el descenso que experimenta el hormigón fresco determinado de acuerdo con NCh1019:2009 y que sirve como medida práctica de la docilidad. También, se define docilidad como la facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación (Instituto Nacional de Normalización, 2009).

Según la cláusula 8.2.1 de la Norma Chilena NCh170:2016, para la elección de la docilidad se debe tener en consideración los aspectos siguientes:

- a) Geometría del elemento a hormigonar
- b) Cuantía, diámetro y disposición de los refuerzos
- c) Métodos y equipos de transporte hasta el sitio de descarga
- d) Métodos y equipos de transporte y colocación en obra

e) Terminación superficial

La docilidad del hormigón se mide mediante el Ensayo Asentamiento de cono, y el procedimiento que se emplea para ello se describe en detalle en la Norma Chilena NCh1019:2009.

La cláusula 9.3.1 de la Norma Chilena NCh170:2016 establece los siguientes criterios de aceptación para el Asentamiento de cono.

Tabla 2.1: Criterios de aceptación asentamiento de cono según NCh170:2016

Asentamiento	Tolerancia
$\leq 40$ mm	$\pm 10$ mm
40 a 90 mm	$\pm 20$ mm
$\geq 100$ mm	$\pm 30$ mm

Por su parte, la Norma ACI 301S-10 establece en su acápite 4.2.2.2 que a menos que se especifique o permita lo contrario el concreto debe tener, en los sitios donde se entrega, un asentamiento de 100 mm. Según la misma norma, las tolerancias en el asentamiento del hormigón deben cumplir los requisitos establecidos en el capítulo 2.5.1 de la Norma ACI 117-10 Especificación de Tolerancias para Materiales y Construcciones de Hormigón, tolerancias que se muestran a continuación.

- Cuando el asentamiento es especificado como “máximo” o “no exceder”, se aplican las siguientes tolerancias.

Tabla 2.2: Criterios de aceptación Asentamiento de cono según ACI 117-10. Primer caso

Asentamiento	Tolerancia
Para todos los valores	+ 0 mm
$\leq 75$ mm	- 37 mm
$> 75$ mm	- 62 mm

- Cuando el asentamiento es especificado como un valor único, se aplican las siguientes tolerancias.

Tabla 2.3: Criterios de aceptación Asentamiento de cono según ACI 117-10. Segundo caso

Asentamiento	Tolerancia
$\leq 50$ mm	$\pm 12$ mm
50 a 100 mm	$\pm 25$ mm
$> 100$ mm	$\pm 37$ mm

- Cuando el asentamiento es especificado como un rango, no se aplican tolerancias (American Concrete Institute, 2010).

El indicador a medir será la Docilidad del hormigón en su recepción, el que debe ser medido según el Ensayo de asentamiento del cono de Abrams como se especifica en la Norma Chilena NCh1019:2009. El control en obra se debe realizar según la Tabla 2.1 del presente informe o la Tabla 13 – Ensayos de control de la Norma Chilena NCh170:2016.

### iii) Verificación del volumen diseñado de hormigón

La Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 8.3 indica que en caso de requerirse verificar que el volumen de diseño es concordante con el volumen de hormigón confeccionado, se puede determinar este último mediante el cociente entre el peso total de los materiales utilizados y la densidad aparente del hormigón fresco obtenida según la Norma Chilena NCh1564:2009 Hormigón – Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco. Además, se indica que es razonablemente concordante una diferencia de volumen no superior al 3%.

Por su parte, la Norma ACI 311-07 en su acápite 7.4.3. señala que el volumen del hormigón puede medirse en la tolva o en los moldajes, por peso o sumando los volúmenes absolutos de cemento, agua, aire y agregados.

Dicho lo anterior, el indicador a medir será la Verificación del volumen de hormigón diseñado, el que debe ser determinado, en caso de no presentarse algún método propio, como el cociente entre el peso total de los materiales utilizados y la densidad aparente del hormigón obtenida según la Norma Chilena NCh1564:2009. Se considera como aceptable una diferencia no superior al 3% entre el volumen del hormigón diseñado y el hormigón confeccionado.



#### iv) Ajuste de docilidad

La Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 9.6 indica que el ajuste de docilidad se debe realizar mediante la adición de agua o aditivos. En el primer caso, el proceso de ajuste debe realizarse solo una vez, previo al inicio de la descarga de hormigón desde el equipo mezclador. El proceso de ajuste se debe efectuar en un plazo máximo de 15 minutos, y el equipo de mezclado debe girar el número de revoluciones que sean necesarias para asegurar la homogeneidad de la mezcla. En el segundo caso, el diseñador de la dosificación del hormigón debe indicar el tipo, dosis y modo de empleo del aditivo a utilizar.

Por su parte, la Norma ACI 301S-10 en su acápite 4.3.2.1 indica que cuando el resultado de los ensayos de asentamiento esté por debajo del asentamiento requerido, el asentamiento puede ajustarse al valor exigido añadiendo agua hasta el nivel permitido en la dosificación de mezcla aprobada a menos que se especifique lo contrario, no debiendo excederse la relación agua/cemento. Además, se señala que no se debe añadir agua en equipos que no sean aceptables para mezclar, ni añadir agua al concreto después de la colocación de aditivos plastificantes o reductores de agua de alto rango. Finalmente, se indica que se deben medir el asentamiento y el contenido de aire de la mezcla después del ajuste del asentamiento, para así verificar que se cumple con los requisitos especificados.

En este caso, el indicador a medir es el Ajuste de la docilidad. Para ello, se debe indicar si el ajuste se realiza mediante la adición de agua o aditivos, esto último solo siempre y cuando sea especificado por el diseñador de la dosificación del hormigón. Para el ajuste de la docilidad mediante agua se debe considerar que este debe efectuarse previo a la descarga del hormigón desde el equipo mezclador y en un plazo no superior a los 15 minutos, debiendo el equipo mezclador girar el número de revoluciones necesarias para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Por último, es importante mencionar que el ajuste del cono se debe realizar solo si el hormigón en su recepción cumple con las tolerancias de docilidad indicadas en la Tabla 2.1.

## **2) Distribución del hormigón en obra**

### **a) Definición**

La Norma ACI 318SUS-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural en su capítulo 26.5.2.1 indica que el transporte del hormigón entre el vehículo de entrega y el punto de colocación en la estructura debe cumplir con los siguientes aspectos.

- a) A una velocidad que entregue un suministro adecuado de concreto en el sitio de colocación
- b) A una velocidad tal que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y mediante los métodos requeridos
- c) Sin segregación o pérdida de material

- d) Sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de colocación
- e) Depositado lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debido a su manipulación o desplazamiento (American Concrete Institute, 2014)

Por su parte, la Norma ACI 301S-10 en su capítulo 5.3.2.2 indica que el concreto debe ser transportado rápidamente desde la mezcladora hasta su sitio de colocación mediante métodos que eviten su segregación o pérdida de ingredientes y aseguren la calidad requerida del concreto, no debiendo usarse tuberías o canales de aluminio.

### **b) Indicadores**

- i) Tiempo de descarga al sitio de colocación

Como especifica la Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 10.2.2, cualquiera sea el método de transporte en la obra (Bomba, capacho, cinta transportadora, carretilla, etc.) el volumen de hormigón se debe colocar en un plazo no mayor a 30 minutos, desde que sale del equipo agitador o mezclador, plazo que puede aumentar si en el diseño de mezcla se han adoptado medidas técnicas que lo permitan.

Una vez recepcionado el hormigón, este debe ser transportado desde el método de transporte utilizado para llevarlo a la obra desde la central hormigonera hasta su sitio final de colocación. La Norma ACI 304R-00 en su capítulo 5.4.2 indica que, a la hora de escoger el equipo de colocación, se debe tener en cuenta la capacidad del equipo para colocar el hormigón en el lugar correcto de forma económica sin comprometer su calidad. A continuación, se describen los equipos de colocación más comunes.

- a) Botes y tolvas (capacho): la norma ACI 311-07 en su capítulo 9.2.1.1 indica que el uso de botes y tolvas permiten la colocación de concreto de baja docilidad. Mediante la utilización de estos equipos se puede entregar hormigón a sitios remotos de la obra, puesto que estos pueden ser levantados mediante grúas hasta donde sean requeridos. La Norma ACI 304R-00 en su capítulo 5.4.2.1 establece que la compuerta de descarga debe tener una abertura libre igual a cinco veces el tamaño máximo del árido utilizado y las paredes laterales debe ser de al menos 60° con respecto a la horizontal.
- b) Bombas: en muchas ocasiones es preferible el método por bombeo por sobre la colocación con grúa y botes, puesto que es más rápido y requiere de menos mano de obra, sin embargo, son necesarios mayores recaudos para su utilización. En primer lugar, el bombeo requiere una provisión continua hormigón de consistencia media que sea uniforme, plástica y trabajable. La Norma ACI 311-07 en su capítulo 9.2.1.2 además menciona que la fuerza de la presión de bombeo tiende a reducir el contenido de aire y la docilidad del hormigón descargado en la tolva de la bomba, por lo que usualmente se incrementa con relación a lo requerido en el punto de colocación.

- c) Bandas transportadores: según indica la Norma ACI 301S-10, la utilización de bandas metálicas para el transporte de hormigón dentro de la obra tiene que ser tal que, debido a su pendiente, no se genere segregación excesiva o pérdida de materiales. Además, se debe proteger el hormigón para minimizar el secado y los efectos de aumento de temperatura. Por último, se menciona que en el extremo de descarga se debe utilizar un deflector o una tolva aceptable para evitar la segregación y no se debe permitir que el mortero se adhiera al tramo de vuelta de la banda.
- d) Canales metálicos: como indica la Norma ACI 301S-10 en su capítulo 5.3.2.3.b, es posible la utilización de canales metálicos con recubrimiento metálico, siempre y cuando estas posean un fondo redondeado y pendientes 1:2 y 1:3 (vertical: horizontal) en su sección transversal. Por último, se indica que, si los canales exceden los 6 m de longitud o no cumplen con las pendientes especificadas, pueden utilizarse para descargar el concreto en una tolva antes de su colocación en el encofrado.
- e) Carretillas manuales o motorizadas: otra opción para el transporte del hormigón a su sitio final de colocación es la utilización de carretillas, sin embargo, su utilización tiende a disgregar el hormigón transportado, por lo que para su uso se debe procurar que circulen por pistas lisas y rígidas, apoyadas de forma independiente y situadas muy por encima del acero de refuerzo. Según lo indicado en la Norma ACI 304R-00 en su capítulo 5.4.2.2, la distancia horizontal máxima de transporte de hormigón mediante carretillas manuales es de 60 m, mientras que para carretillas eléctricas la distancia máxima recomendada es de 300 m.

En este caso, el indicador a medir será el Tiempo de descarga al sitio de colocación. Es importante mencionar que el tiempo medido debe estar incluido en las dos horas del ciclo de carga y descarga ya mencionado, no debiendo superar los 30 minutos, a menos que se hayan adoptado medidas técnicas que así lo permitan.

#### ii) Mantenimiento del cono

Durante el proceso de colocación del hormigón resulta inevitable que el hormigón vaya perdiendo su docilidad puesto que el proceso puede extenderse por un tiempo considerable, sumando a que también pueden presentarse condiciones climáticas adversas. Es por ello por lo que es importante cuantificar la pérdida de docilidad que el hormigón pueda experimentar, comprobando que el hormigón cumpla con las tolerancias de docilidad ya expuestas en la Tabla 2.1 y/o se mantengan las condiciones de colocación del hormigón según el método de colocación utilizado.

En este caso, el indicador es la Mantenimiento del cono. El parámetro a medir será la diferencia de docilidades desde la llegada del hormigón hasta que se finaliza la descarga de hormigón, por lo que se debe medir el cono del hormigón al finalizar el proceso de hormigonado para así calcular la diferencia respecto a la medición efectuada en la recepción del hormigón. Debe ser medido solo en muestras o condiciones adversas de colocación.

### **3) Colocación del hormigón**

#### **a) Definición**

Según la indicado en la Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 11.1, la colocación de hormigón corresponde a todos los procedimientos necesarios, efectuados con los equipos adecuados, de tal manera de que se cumpla lo siguiente.

- a) Se mantenga la homogeneidad y se evite la segregación del hormigón
- b) Se asegure la continuidad de los elementos estructurales
- c) Se mantenga las dimensiones y la forma geométrica de los elementos
- d) Se eviten desplazamientos y/o deformaciones de las armaduras u otros elementos embebidos
- e) Se evite la contaminación con materiales extraños que alteren las propiedades del hormigón
- f) Se evite que las condiciones del sitio de colocación afecten negativamente las propiedades del hormigón
- g) Se coloque el hormigón sobre terreno no congelado y sin hielo superficial

A su vez, la Norma ACI 311-07 establece en su capítulo 9.2.2 que la colocación debe realizarse mediante métodos que mantengan al concreto uniforme y libre de imperfecciones. Dichos métodos deben evitar la segregación y la formación de áreas porosas y alveoladas, además de evitar el desplazamiento de los moldes y el refuerzo, lo que asegurará una firme adherencia entre las capas, minimizando el agrietamiento por contracción.

#### **b) Indicadores**

- i) Temperatura del hormigón en su colocación

Como se especifica en la cláusula 11.7 de la Norma Chilena NCh170:2016, al momento de la colocación del hormigón se debe cumplir con las siguientes condiciones de temperatura.

- a) La temperatura del hormigón debe ser menor o igual a 35°C.
- b) La temperatura del hormigón debe ser mayor o igual a 5°C.

En caso de que se especifique, se pueden considerar otros rangos de temperaturas del hormigón en su colocación, por ejemplo, en el caso de hormigones masivos, los que se escapan del alcance del presente Trabajo de Título.

Por su parte, la Norma ACI 301S-10 establece en su acápite 5.3.2.1 que no se debe colocar hormigón mientras llueva, haya lluvia parcialmente congelada o nieve, a menos que se brinde la protección adecuada y, cuando se requiera, se obtenga la aprobación de la protección propuesta. Todo esto pues no se debe permitir que el agua lluvia aumente el agua de la mezcla ni que dañe la superficie del hormigón. Además, se establecen las siguientes condiciones de temperatura.

- a) Clima frío: A menos que se permita lo contrario, no se debe colocar hormigón en contacto con superficies a menos de 2°C.
- b) Clima cálido: A menos que se especifique o se permita lo contrario, la temperatura del hormigón durante la colocación no debe exceder los 35°C.

Además, la Norma Chilena NCh170:2016 establece en su cláusula 11.8 disposiciones especiales para el hormigonado en casos especiales de exposición, las que se muestran a continuación.

- a) Hormigonado en tiempo frío: Se considera condiciones de hormigonado en tiempo frío cuando durante los tres días previos al hormigonado, se registra una temperatura media menor que 5°C y la temperatura ambiente sea menor o igual que 10°C por más de 12 hrs, continuas o acumuladas, en un periodo de 24 hrs. Durante el proceso de hormigonado como durante el periodo de endurecimiento inicial del hormigón, se deben adoptar medidas para asegurar que la temperatura del hormigón colocado no desciende de 5°C, midiendo para ello la temperatura del hormigón colocado a una profundidad de 5 cm de la superficie expuesta y a una distancia mayor o igual que 5 cm de cualquier borde.
- b) Hormigonado en condiciones de alta evaporación de agua: Los principales factores que pueden producir condiciones para una alta evaporación de agua en el hormigón son: la temperatura ambiental, humedad relativa del aire, velocidad del viento y la temperatura del hormigón. Para minimizar la aparición de fisuras a edades tempranas en el hormigón como consecuencia de la alta evaporación de agua, se deben adoptar las medidas de protección que se exponen más adelante.

Dicho lo anterior, el indicador a medir será la Temperatura del hormigón en su colocación, temperatura que deberá estar dentro de los márgenes establecidos y tomando todos los recaudos necesarios si se está presente ante condiciones especiales de exposición.

- ii) Altura de vaciado y Porcentaje de Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales

En primer lugar, es necesario definir el concepto de altura de vaciado. Según la DTE 002-05: Altura de Vaciado del Hormigón en Elementos Verticales, la altura de vaciado se define como la distancia de caída libre que debe recorrer el hormigón sin manga ni tubo. En el mismo documento, se define la altura de vaciado aceptable como la distancia de caída libre que debe recorrer el hormigón sin manga ni tubo, que provoca una mínima o nula segregación del hormigón en la base del elemento vertical de hormigonado y que cumple con la presente especificación técnica (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2005).

Por su parte, la Norma Chilena NCh170:2016 establece en su cláusula 11.5 que la altura de vaciado o altura de caída libre del hormigón debe ser compatible con el tipo de hormigón empleado,

la geometría del elemento a hormigonar, la disposición de armaduras y el procedimiento de colocación del hormigón, asegurando un correcto llenado de modo que no se generen nidos superficiales, visibles u ocultos en los 20 cm inferiores del elemento hormigonado.

El concepto de altura de vaciado es aplicable a cualquier elemento vertical de hormigón armado hormigonado in situ, principalmente a muros y pilares, puesto que son los elementos más probables que manifiesten nidos en sus bases a consecuencia de la altura de vaciado.

Para poder definir correctamente la altura de vaciado es necesario también definir el concepto de nidos. Según la ET 005-07: Criterios de Aceptación de Superficies Moldeadas en Elementos de Hormigón, los nidos son zonas con áridos expuestos con escasa presencia de pasta de cemento. En el mismo documento se indica que se pueden identificar tres tipos de nidos, los que se describen a continuación.

- a) Estructurales: Se entienden como nidos estructurales en muros aquellos nidos individuales que se profundizan por detrás de la enfierradura pudiendo o no atravesar el elemento, y teniendo, además, una dimensión mayor al 10% de la longitud horizontal del elemento o una superficie mayor al 3% respecto del área de la cara visible. Todos los nidos ubicados en vigas y pilares deben ser revisados por el Ingeniero Calculista del proyecto. Los ubicados en losas se deben revisar caso a caso dependiendo de su localización
- b) Profundos: Nidos con dimensiones menores a los nidos estructurales y que se profundizan detrás de la enfierradura sin atravesar el elemento
- c) Superficiales: Nidos que comprometen solo del recubrimiento del elemento (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2007)

Como se indica en la DTE 002-05, en primer lugar, se deben determinar los nidos visibles y ocultos en los 20 cm inferiores de los elementos para así poder calcular la superficie total afectada por nidos ( $S_{Nidos}$ ) que se producen por la altura de vaciado del hormigón empleada.

Dicho lo anterior, se define el parámetro %Nidos para poder cuantificar el efecto de la altura de caída en el elemento hormigonado. El parámetro se mide en cada cara visible y se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%Nidos = \frac{S_{Nidos}}{0,2 \cdot L} \cdot 100$$

Donde:

- a)  $S_{Nidos}$ : Representa la superficie total de nidos por altura de vaciado expresada en  $m^2$  y corresponde a la sumatoria de las superficies de él o los nidos, medidas como aproximación de rectángulos circunscritos a los bordes de cada uno de ellos.

- b) L: Representa la longitud horizontal en metros de un elemento vertical hormigonado en una misma etapa, descontando de los vanos de puertas, ventanas u otros. En columnas y pilares, corresponde al perímetro del elemento.

El parámetro %Nidos de los elementos verticales se debe establecer de manera independiente para cada cara visible, no debiendo ser este valor superior a un 10%.

- a) Si  $\%Nidos > 10\%$  en al menos una de las caras visibles, se debe cambiar la altura de vaciado y utilizar las alturas de vaciado que se indican a continuación en la Tabla 2.4.
- b) Si  $\%Nidos \leq 10\%$  en cada cara visible de los elementos verticales, significa que los nidos son mayoritariamente superficiales, por lo que la altura de vaciado es aceptable. Si los nidos, pese a no representar un porcentaje elevado de la superficie del elemento, comprometen el núcleo o los esperes de los elementos verticales, se debe consultar al Ingeniero Calculista.

En caso de que los constructores no cuenten o no entreguen un procedimiento de colocación que asegure el cumplimiento de los requisitos antes mencionados, la altura máxima de vaciado el hormigón permitida a usar en la construcción de elementos verticales queda determinada por la Tabla 2.4 a continuación.

Tabla 2.4: Altura Máxima de Vaciado del Hormigón según Asentamiento de Cono y características del hormigón (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2005)

Cono	Característica	Altura de Vaciado
< 8 cm	No Bombeable	2,0 m
$\geq 8$ cm	No Bombeable	2,5 m
$\geq 8$ cm	Bombeable	3,0 m

Expuesto lo anterior, los indicadores a medir en este caso serán el %Nidos y la Altura de vaciado del hormigón, procurando que la altura de vaciado sea tal que en cada cara del elemento la cantidad de nidos no representen más del 10% de la superficie de los 20 cm inferiores.

iii) Espesor de las capas de hormigonado

La Norma Chilena NCh170:2016 establece en su cláusula 11.4 que el hormigón debe ser colocado en franjas o capas de acuerdo con el elemento estructural y los equipos seleccionados para efectuar la compactación.

Por su parte, en el documento Manual del Constructor de Polpaico se indica que el hormigón debe ser depositado en capas horizontales, tal que los vibradores de inmersión penetren la capa de hormigón subyacente, para lo cual se recomienda guardar la siguiente regla del espesor de capas.

- Espesor máximo de la capa: longitud de la botella del vibrador menos 10 cm (Polpaico, 2021).

En este caso, el indicador a medir será el Espesor de las capas de hormigonado, procurando siempre que el elemento de inmersión penetre la capa subyacente de hormigón, que no se generen nidos en su colocación ni se generen líneas de hormigonado.

#### **4) Compactación del hormigón**

##### **a) Definición**

Como se indica en el capítulo 5.3.2.5 de la Norma ACI 301S-10 y a menos que se especifique lo contrario, la consolidación o compactación del hormigón debe realizarse mediante vibrado. El hormigón debe consolidarse alrededor del refuerzo, de elementos embebidos y los bordes de los moldajes para eliminar nidos o planos de debilidad debido a bolsas de aire o concentración de agregados. Además, y a menos que se especifique lo contrario, se deben utilizar los vibradores más grandes y potentes disponibles para la compactación del hormigón. También se indica que los vibradores no deben ser usados para desplazar el hormigón dentro de los moldajes.

Por su parte, la Norma Chilena NCh170:2016 indica en su cláusula 12 que la compactación se debe realizar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se obtenga la máxima compacidad eliminando el exceso de aire atrapado, asegurando que las armaduras queden completamente embebidas en el hormigón y se obtenga la terminación superficial requerida.

##### **b) Indicadores**

- i) Distanciamiento de las inserciones

La Norma ACI 301S-10 indica en su capítulo 5.3.2.5 que el hormigón debe consolidarse alrededor de la enfierradura, elementos embebidos y los bordes de los moldajes para eliminar nidos o planos de debilidad debido a bolsas de aire o concentración de agregados. Además, se indica que, a menos que se especifique lo contrario, se deben utilizar los vibradores de mayor tamaño y potencia disponibles, procurando que las separaciones entre las inmersiones del vibrador no excedan 1,5 veces el radio de acción dentro del concreto a consolidar.

Por su parte, Polpaico en su documento “Manual del Constructor” recomienda el esquema de vibrado que se presenta en la Figura 2.3 a continuación.



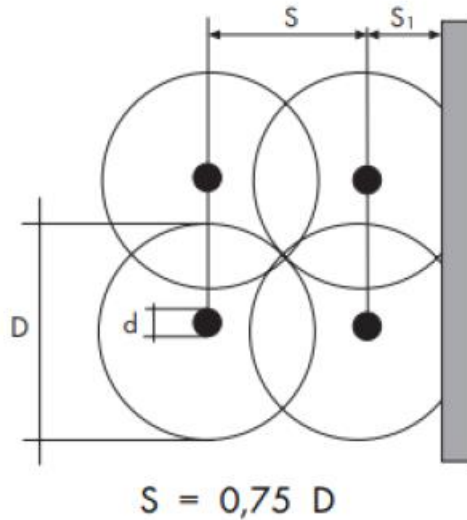


Figura 2.3: Diámetro de Acción y Distancia entre Inserciones (Polpaico, 2021)

El diámetro de acción corresponde a la distancia desde el eje de la botella que experimenta los efectos de la vibración. Si  $d$  es el diámetro del vibrador y  $D$  es el diámetro de acción, se tiene que.

- $d < 10 \text{ cm}$ ,  $D$  varía entre 6 y 10  $d$ , por lo que se recomienda:

$$D = 8d$$

- $d \geq 10 \text{ cm}$ :

$$D = 7d$$

Si  $S$  es la distancia entre inserciones y  $S1$  la distancia del vibrador al moldaje se tiene lo siguiente.

- $S = 0,75D$
- $S1 = 3d$

En este caso, el indicador a medir será el Distanciamiento de las inserciones, el que idealmente debe cumplir con el esquema propuesto en la Figura 2.3.

#### ii) Rendimiento del vibrado

La velocidad de llenado o velocidad de vaciado del hormigón está estrechamente relacionada con el rendimiento del vibrado, dependiendo ambos de manera proporcional, es decir, si quiero verter hormigón a una tasa mayor, serán necesarios también más elementos de vibrado.

La Norma ACI 309R-05 Guía de Consolidación del Concreto en su Tabla 5.1 presenta una gama de rangos de características, rendimientos y aplicaciones de los vibradores internos, junto a

sus frecuencias recomendadas, valores sugeridos de los momentos excéntricos, amplitud media y fuerza centrífuga. Además, entrega rangos aproximados para el radio de influencia y la tasa de colocación del hormigón. Todos estos valores fueron obtenidos empíricamente en base a la experiencia previa, pudiéndose obtener resultados bastante coherentes si se utilizan vibradores más grandes a los expuestos siguiendo una razón de proporcionalidad con la tabla ya mencionada.

En el capítulo 5.1.5 de la misma Norma, se señala que en la elección del vibrador y los procedimientos de vibrado se debe tener en cuenta además el tamaño del vibrador respecto al tamaño disponible en los moldajes. Finalmente, se señala que los valores expuestos en la tabla en cuestión no deben ser considerados como una garantía de rendimiento en todas las condiciones, siendo la mejor medida del rendimiento de vibrado la eficacia en la consolidación del hormigón en obra (American Concrete Institute, 2005).

La Tabla 2.5 que se presenta a continuación representa un resumen de la tabla en cuestión, rescatándose los elementos más importantes y prácticos a la hora de su interpretación en obra.

Tabla 2.5: Rango de características, desempeño y aplicaciones de vibradores de inmersión, eje flexible y vibradores de motor en cabeza (Elaboración propia en base a la Tabla 5.1 de la Norma ACI 309R-05)

Grupo	Diámetro de la cabeza (mm)	Frecuencia recomendada, (vibraciones por minuto, vpm)	Valores sugeridos	Valores aproximados		Aplicaciones
			Amplitud promedio (mm)	Radio de influencia (mm)	Tasa de hormigón colocada (m <sup>3</sup> /h)	
1	20 - 40	9000 – 15.000	0,4 – 0,8	75 - 150	1 - 4	Hormigón plástico y fluido en miembros muy delgados y lugares confinados. Puede utilizarse para complementar vibradores más grandes, especialmente en pretensados donde cables y ductos causan gran congestión.
2	30 - 65	8.500 – 12.5000	0,5 – 1,0	125 - 250	2 - 8	Hormigón plástico en muros delgados, columnas, vigas, pilotes prefabricados, losas delgadas y a lo largo de las juntas de construcción. Puede ser utilizado para complementar vibradores más grandes en áreas confinadas

3	50 - 90	8.000 – 12.000	0,6 – 1,3	175 - 350	5 - 15	Hormigón plástico rígido de asentamiento menor a 75 mm, en construcciones en general como muros, columnas, vigas, pilotes pretensados y grandes losas. Vibraciones auxiliares adyacentes a formas de hormigón masivo o pavimentos
4	75 - 150	7.000 – 12.500	0,8 – 1,5	300 - 500	11 - 31	Hormigón masivo y estructural de asentamiento menor a 50 mm depositado en cantidades mayores a 3 m <sup>3</sup> en formas relativamente abiertas de construcción masiva (hidroeléctricas, grandes piezas de puentes y fundaciones). Además, vibraciones auxiliares en construcción de presas cerca de formas y alrededor de elementos incrustados y acero de refuerzo
5	125 - 175	5.500 – 8.500	1,0 – 2,0	400 - 600	19 - 38	Hormigón masivo en presas de gravedad,

						grandes muelles y muros. Se requerirán dos o más para operar simultáneamente para mezclar y consolidar cantidades de hormigón de 3 m <sup>3</sup> o más depositados de una vez en el elemento
--	--	--	--	--	--	---

Dicho lo anterior, el indicador a medir será el Rendimiento del vibrado, es decir, la capacidad de vibrado disponible según el tipo de vibradores disponibles, su cantidad y su tasa de vibrado vs. el volumen de hormigón vertido o la velocidad de llenado del hormigón.

$$\text{Rendimiento del vibrado} = \frac{\text{Capacidad de vibrado disponible}}{\text{Volumen de hormigón colocado por hora}}$$

Donde:

Capacidad de vibrado disponible: Sumatoria de los rendimientos teóricos de vibrado de los elementos de vibrado disponibles

## 5) Curado y protección del hormigón

### a) Definición

Según se establece en la cláusula 3.10 de la Norma Chilena NCh170:2016, el curado es el proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado, de modo que pueda desarrollar sus propiedades.

La misma Norma citada en su cláusula 13.1.1 también señala que el curado tiene como propósito mantener la humedad y las condiciones de temperatura del hormigón, por el periodo de tiempo que se requiera, para que el hormigón alcance sus propiedades y se debe iniciar tan pronto como las operaciones de colocación del hormigón lo permitan y/o las condiciones ambientales lo hagan necesario.

Por otra parte, la Norma Chilena NCh170:2016 define en su cláusula 13.1.2 que la protección del hormigón tiene como propósito evitar que el hormigón, a temprana edad, se encuentre expuesto a acciones externas que puedan afectar sus propiedades.

La misma Norma señala en su cláusula 13.2 diversos métodos que pueden ser utilizados para realizar el curado de los hormigones, los que se pueden utilizar de forma independiente o combinándolos. Además, cualquiera sea el o los métodos de curado empleados, se deben adoptar medidas para evitar una diferencia brusca de temperatura al hormigón. Los métodos de curados más usuales se mencionan a continuación.

- a) Agua nebulizada; lloviznas tenues de agua
- b) Compuestos formadores de membranas de curado
- c) Telas y tejidos absorbentes que se mantienen continuamente húmedos
- d) Riesgos permanentes
- e) Diques con agua
- f) Estanque y piscinas
- g) Arenas u otros recubrimientos similares, los que se deben mantener continuamente húmedos
- h) Cualquier material que evite la pérdida de agua del hormigón sin dañar su superficie

La selección del método de curado, por su parte, requiere tener presente diversos factores, mismos factores que indicarán el plazo de curado del hormigón. Algunos de ellos se exponen a continuación.

- a) Condiciones climáticas esperadas (Temperaturas y humedad ambiente)
- b) Agresividad del ambiente
- c) Geometría del elemento (Vertical, horizontal, superficie expuesta, dimensiones, entre otros)
- d) Requisitos de durabilidad y resistencia
- e) Requisitos de desmolde y materialidad del moldaje

**b) Indicadores**

- i) Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración

Según establece la Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 11.8.2, los principales factores que pueden producir condiciones para una alta evaporación de agua en el hormigón son:

- a) Temperatura ambiental
- b) Humedad relativa del aire
- c) Velocidad del viento
- d) Temperatura del hormigón

A su vez, en el Anexo A.8.2 de la misma Norma se indica que la rápida pérdida del agua de amasado por evaporación y/o la alta temperatura del hormigón fresco al ser vaciado en los moldes, produce alteraciones de las propiedades de este, entre las que se pueden mencionar:

- Previo a la colocación del hormigón:

- a) Pérdida de la docilidad requerida
- b) Si es que el hormigón tiene incorporado aire, será necesario aumentar la dosis de aditivo para obtener el contenido de aire requerido
- Hormigón colocado
  - a) Aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las otras operaciones de hormigonado: transporte, colocación, compactación y terminaciones
  - b) Tendencia a la fisuración, ya sea plástica y/o por diferencial térmico en los elementos de hormigón
  - c) Disminución de las resistencias mecánicas, aun cuando a edades tempranas estas puedan presentar resultados mayores
  - d) Disminución de la durabilidad del hormigón

En el cláusula 13.3 de la misma Norma se indica que cuando las medidas de curado adoptadas hayan sido insuficientes y a modo de minimizar la aparición de fisuras a edades tempranas en el hormigón como consecuencia de la alta evaporación de agua, se deben adoptar medidas especiales adicionales de protección tales como:

- a) Para la protección del viento, se recomienda el uso de pantallas o barreras
- b) Para la humedad relativa, se recomienda incrementar la humedad relativa por medio de aporte de agua nebulizada al ambiente
- c) Para la temperatura ambiente en el lugar de hormigonado, se recomienda generar sombras
- d) Para la temperatura del hormigón fresco, se recomienda reducir su temperatura

Por último, en el mismo Anexo A.8.2 se indica que no es posible dar reglas generales para dimensionar los niveles de evaporación admisibles en las superficies de hormigón durante el endurecimiento inicial, puesto que depende del tipo de hormigón y, en especial, de su tendencia a transportar agua exudada hasta la superficie. Dicho lo anterior, se recomienda estimar la tasa de evaporación de agua mediante la ecuación que se expone a continuación.

$$E = 5 \cdot [(T_c + 18)^{2,5} - r \cdot (T_a + 18)^{2,5}] \cdot [V + 4] \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$E$ : Tasa de evaporación de agua,  $kg/m^2/h$

$T_c$ : Temperatura del hormigón en la superficie, °C

$T_a$ : Temperatura ambiente, °C

$r$ : Humedad relativa/100

$V$ : Velocidad del viento,  $km/h$

Cuando la tasa estimada sea cercana al valor de  $1,0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$  aumenta el riesgo de fisuración, por lo que será necesario adoptar alguna de las medidas ya mencionadas, pudiéndose establecer mediante especificaciones técnicas un umbral menor como medida de protección. Además, la velocidad del viento debe ser medida a una distancia aproximada de 0,5 m de la superficie del elemento de hormigón, mientras que la temperatura ambiente y la humedad relativa se miden a una altura aproximada de 1,0 m y 1,5 m sobre la superficie de hormigón, a la sombra y con exposición al viento.

Dicho lo anterior, el indicador a medir en este caso será la Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración mediante la fórmula expuesta en el Anexo A.8.2 de la Norma Chilena NCh170:2016, debiendo mantenerse este valor inferior a  $1,0 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ . En caso contrario, se deben adoptar medidas especiales adicionales de protección del hormigón.

#### ii) Temperatura del hormigón a las 24 horas

La Norma ACI 301S-10 señala en su capítulo 5.3.6.5 que inmediatamente después de la colocación del hormigón, este se debe proteger contra el secado prematuro, el calor excesivo, las bajas temperaturas y el daño mecánico, debiendo mantenerse la protección para prevenir el congelamiento del concreto y asegurar el desarrollo de la resistencia necesaria para la seguridad estructural. La protección puede removerse si la máxima reducción en la temperatura superficial en un periodo de 24 horas no exceda los siguientes parámetros.

- $28^{\circ}\text{C}$  para elementos cuya menor dimensión sea inferior a  $300 \text{ mm}$
- $22^{\circ}\text{C}$  para elementos cuya menor dimensión esté entre  $300$  y  $900 \text{ mm}$
- $17^{\circ}\text{C}$  para elementos cuya menor dimensión esté entre  $900 \text{ mm}$  y  $1,8 \text{ m}$
- $11^{\circ}\text{C}$  para elementos cuya menor dimensión sea superior a  $1,8 \text{ m}$

La medición de la temperatura del hormigón se debe realizar mediante un método aceptado por el Profesional Facultado para Diseñar y se debe llevar un registro de las temperaturas del hormigón. Cuando la temperatura de la superficie del hormigón no difiera en más de  $11^{\circ}\text{C}$  de la temperatura ambiental pueden suspenderse los medidas de protección.

En este caso, el indicador a medir será la Temperatura del hormigón a las 24 horas de su colocación, debiendo cumplirse esta según las dimensiones de cada elemento en particular. La medición de dichas temperaturas debe realizarse mediante un método aceptado por el Profesional Facultado para Diseñar, debiendo además llevarse un registro de las temperaturas del hormigón.

#### iii) Resistencia real estimada del hormigón

Tal y como establece en la cláusula 13.2.3 de la Norma NCh170:2016, se permite discontinuar el curado cuando la resistencia real del hormigón sea al menos de un 70% de la resistencia



especificada. Para estimar la resistencia real se pueden utilizar métodos como madurez, probetas curadas en condiciones en obra, testigos, u otros.

Dicho lo anterior, el indicador a medir en este caso será la Resistencia real estimada del hormigón mediante métodos como madurez, probetas curadas bajo condiciones de obra, testigos u otros, la que una vez alcance un 70% de la resistencia especificada permitirá discontinuar el curado del hormigón.

#### iv) Resistencia potencial del hormigón

Tal y como establece en la cláusula 13.2.3 de la Norma NCh170:2016, se permite discontinuar el curado cuando la resistencia potencial del hormigón medida en probetas en laboratorio sea al menos de un 85% de la resistencia especificada.

Dicho lo anterior, el indicador a medir será la Resistencia potencial del hormigón medida mediante probetas moldeadas probadas en laboratorio. Para ello, las muestras deben ser extraídas según la Norma Chilena NCh171:2008 Extracción de muestras de hormigón fresco, las probetas deben ser confeccionadas y curadas según lo establecido en la Norma Chilena NCh1017:2009 Hormigón – Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento y probadas según lo establecido en la Norma Chilena NCh1037:2009 Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas. Una vez el hormigón haya alcanzado una resistencia potencial de al menos un 85% de la resistencia especificada, se permitirá discontinuar el curado del hormigón

A menos que se aplique lo indicado en los punto iii) y iv), el curado debe realizarse por al menos 7 días.

## **6) Desmolde y descimbre**

### **a) Definición**

Según define la Norma Chilena NCh170:2016 en su cláusula 3.11, el desmolde corresponde al proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón. Según se define en el capítulo 3.12 de la misma Norma, el descimbre se define como el proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón (puntales, alzaprimas, etc.). Además, la misma citada Norma indica que el desmolde y el descimbre se deben realizar sin producir daños en el elemento estructural.

Como se señala en la cláusula 15.2 de la Norma Chilena NCh170:2016, el inicio del desmolde y descimbre depende de las resistencias que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales.

- a) Parámetros verticales: Los parámetros verticales o con inclinación hasta 30° (Muros, costados de vigas y pilares) se pueden desmoldar tan pronto como su operación no cause daños a la superficie del hormigón. Se estima que este proceso se debe realizar cuando el hormigón colocado alcance una resistencia mayor o igual a 2 MPa.
- b) Parámetros horizontales: Cuando se trata de losas, vigas u otros elementos horizontales, se debe considerar separadamente el plazo de desmolde y el de descimbre.
  - A menos que se especifique lo contrario, los moldajes de fondos de vigas y losas se pueden retirar, siempre que el elemento no esté sometido a cargas externas distintas a su peso propio, cuando la resistencia del hormigón colocado sea de, al menos, 13 MPa. Para el retiro de los fondos de vigas o losas puede ser necesario retirar los puntales que alzapriman el elemento estructural, debiéndose efectuar un reapuntalamiento, labor que debe ser realizada antes de dos horas, o a lo más, dentro de la misma jornada de trabajo en que fueron retirados.
  - A menos que se especifique lo contrario, el retiro de los puntales correspondientes a fondos de vigas y losas se puede realizar cuando el hormigón colocado haya alcanzado una resistencia superior al 75% de la resistencia especificada  $f'_c$ , siempre que las cargas de construcción no sean superiores a las cargas de diseño.

Alternativamente, para el desmolde y descimbre se pueden considerar los plazos establecidos en la Tabla 2.6 a continuación.

Tabla 2.6: Plazos mínimos de desmolde y descimbre (Instituto Nacional de Normalización, 2016)

S	Plazo mínimo para desmolde y descimbre
	Temperatura media diaria $\geq 10^{\circ}\text{C}$
Parámetros verticales de columnas, muros y vigas largas	12 h
Fondos de losas	4 días
Fondos de vigas y puntales de losas	10 días
Puntales de vigas	14 días

## **b) Indicadores**

### **i) Resistencia real estimada del hormigón**

La Resistencia del hormigón colocado se debe estimar, preferentemente, por medio de métodos de madurez o en su defecto, por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado. Dicho lo anterior, el indicador a medir en este caso es la Resistencia real estimada del hormigón, la que debe ser medida idealmente mediante métodos de madurez según la Norma Chilena NCh170:2016.

## **7) Aceptación del hormigón colocado mediante Evaluación Estadística**

### **a) Definición**

Una vez colocado el hormigón, se debe verificar si el hormigón cumple con la resistencia especificada del proyecto. Para ello, la Norma Chilena NCh1998:1989 Hormigón – Evaluación estadística de la resistencia mecánica establece procedimientos de evaluación de la calidad del hormigón cuando la resistencia a la compresión es la base de aceptación, procedimientos que tienen por objeto determinar la conformidad de los resultados de la resistencia a la compresión con respecto a la especificada y evaluar el nivel de control de ensayos.

Los procedimientos de evaluación son aplicables a las muestras extraídas según un plan de muestreo al azar de hormigón fresco o endurecido, debiendo las probetas ser fabricadas y conservadas de acuerdo con las Normas Chilenas pertinentes. Dicho lo anterior, el procedimiento de evaluación que se plantea en la citada norma se puede secuenciar como sigue.

- a) Plan de muestreo: debe quedar establecido en la norma de diseño o en la especificación particular de la obra. En caso de no estarlo, en la Tabla 1 de la norma en cuestión se plantea un plan de muestreo mínimo para hormigón fresco. De la misma manera, si se ha establecido la necesidad de realizar un muestro del hormigón endurecido y este no se encuentra definido en las especificaciones, debe considerarse, como mínimo, lo indicado en la Tabla 2 de la misma norma
- b) Evaluación de los resultados de la resistencia mecánica: la norma señala que existen dos métodos de evaluación para el lote; por grupos de muestras consecutivas (solo si  $N \geq 10$ ) o por el total de muestras. El método escogido debe quedar estipulado en las especificaciones particulares de la obra o en la norma de diseño correspondiente. En caso de que no se especifique se debe adoptar el método de evaluación por muestras consecutivas si es que se cumple con el número mínimo de muestras o en caso contrario, por el método de evaluación por el total de muestras
- c) Evaluación del nivel de control de ensayos: se realiza si se dispone por lo menos de diez muestras distintas de hormigón, con resultados de ensayos de dos o más probetas cada una (Instituto Nacional de Normalización, 1989)

## **b) Indicadores**

### **i) Resistencia potencial del hormigón**

Tal y como se establece en la Norma Chilena NCh1998:1989, la resistencia potencial del hormigón sometida a una evaluación estadística será el parámetro para aceptar o no el hormigón colocado, debiendo tomarse las medidas establecidas en las especificaciones particulares de la obra y la norma de diseño correspondiente en caso de que el hormigón no cumpla con los requisitos de la norma en cuestión. En caso de que no existan especificaciones particulares ni normas de diseño, se deben aplicar las medidas recomendadas en la Tabla 7 del Anexo A de la norma ya mencionada.

Dicho lo anterior, el indicador a medir será la Resistencia potencial del hormigón medida mediante probetas moldeadas probadas en laboratorio. Para ello, las muestras deben ser extraídas según la Norma Chilena NCh171:2008, confeccionadas y curadas según lo establecido en la Norma Chilena NCh1017:2009 y ensayadas según la Norma Chilena NCh1037:2009. Las resistencias obtenidas posteriormente serán sometidas a su Evaluación Estadística con lo que se determinará si se acepta o no el lote de hormigón.

### **2.1.2.3. Indicadores especiales de la calidad del hormigón**

Adicionalmente, se definen indicadores de la calidad del hormigón para casos especiales en donde las especificaciones técnicas exijan requisitos adicionales sobre sus propiedades, su colocación, su grado de terminación, etc. Para ello, se encasillan dichos indicadores en las etapas de hormigonado ya descritas.

#### **1) Recepción del hormigón**

##### **a) Indicadores**

##### **i) Contenido de aire**

La Norma Chilena NCh170:2016 presenta tres definiciones respecto al contenido de aire. La cláusula 3.5 define el aire atrapado como el aire que ingresa al hormigón durante el mezclado, la cláusula 3.6 define el aire incorporado como las burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionalmente al hormigón durante el amasado mediante el uso de aditivos y la cláusula 3.7 define el aire total como el aire contenido en el hormigón, considerando para ello el aire atrapado y el aire incorporado.

En la cláusula 6.1.1 de la misma Norma se indica que la durabilidad del hormigón depende de sus propiedades y de la presencia de agentes internos o externos que generen ataque al elemento estructural. Para ello, resulta necesaria la implementación de medidas adecuadas en el diseño de mezcla, la fabricación, correctas prácticas de colocación, compactación, curado y protección del hormigón.

Dentro de los agentes externos que generan ataque al elemento estructural se encuentran los ciclos de congelación y deshielo, en donde la resistencia mínima especificada y el contenido total de aire deben cumplir según el grado de exposición del hormigón, tal y como se establece en la cláusula 6.4.1 de la Norma Chilena NCh170:2016. La Tabla 2.7 a continuación muestra el porcentaje de aire total según el grado de exposición del hormigón.

Tabla 2.7: Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo (Instituto Nacional de Normalización, 2016)

Grado de exposición		Mínimo grado de resistencia especificada MPa	Aire total %	$D_n$ mm
F0	Hormigón no expuesto a congelación y deshielo	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción
F1	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y ocasionalmente expuesto a humedad	G30	6,0 5,0 4,5	10 20 40
F2	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad	G30	7,5 6,0 5,5	10 20 40
F3	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	G35	7,5 6,0 5,5	10 20 40

Por último, se indica que la tolerancia en el contenido de aire es de  $\pm 1,5\%$ , mientras que para hormigones de grado superior a G35 el contenido de aire total indicado en la Tabla anterior puede reducirse en un punto porcentual.

Dicho lo anterior, si el hormigón está expuesto a ciclos de congelación y deshielo el indicador a medir será el Contenido de aire, el que deberá ajustarse según el grado de exposición del hormigón y del tamaño máximo de los áridos, tal y como se indica en la Tabla 2.7 del presente Trabajo de Título o la Tabla 4 de la Norma Chilena NCh170:2016.

## **2) Colocación del hormigón**

### **a) Indicadores para el hormigón colocado que deba cumplir con algún grado de terminación**

A continuación, se presentan una serie de imperfecciones descritas en la especificación técnica ET 005-07: Criterios de aceptación de superficies moldeadas en elementos de hormigón producidas por la colocación del hormigón en superficies que han sido hormigonadas contra moldajes fijos y de elementos que han sido construidos in situ con procedimientos tradicionalmente aceptados para la colocación de hormigón.

Todos los indicadores que se desarrollan a continuación son exigibles para elementos cuya superficie de hormigón quede a la vista, sin embargo, para el caso de elementos cuyos hormigones van recubiertos estos son propuestos para cuidar el efecto que eventuales patologías pudieran afectar la durabilidad del elemento.

#### **i) Falta de llenado**

Según la especificación técnica ET 005-07, la Falta de llenado corresponde a zonas sin hormigón bajo ventanas o pasadas. Se determina la Falta de llenado expresado en centímetros mediante la siguiente expresión.

$$Fll = h_T - h_{Ll}$$

Donde:

$h_T$ : altura a la que debió haber llegado el hormigón (altura de proyecto), medido desde la base del elemento hasta el borde de la ventana o pasada, medido en centímetros

$h_{Ll}$ : altura medida desde la base del elemento hasta el punto más desfavorable o bajo que alcanzó el hormigón, medido en centímetros

En la misma especificación técnica ya citada se indica que la Falta de llenado siempre deberá repararse y esta dependerá de si las enfierraduras quedaron expuesta o no. En el primer

caso, la reparación se tratará como una reparación por durabilidad, mientras que, si las enfierraduras no están expuestas, la reparación consistirá en la reposición del hormigón faltante.

ii) Huecos

Según la especificación técnica ET 005-07, los Huecos corresponden a cavidades de diámetro entre 1 y 3 cm. Se determinan los Huecos mediante la expresión siguiente.

$$\%H = \frac{\sum S_H}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$S_H$ : superficie de cada zona con Huecos, existentes en la cara visible de la superficie del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_T$ ; área total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de las superficies ocupadas por vanos

iii) Reflexión de armaduras

Según la especificación técnica ET 005-07, la Reflexión de armaduras corresponde a una imperfección que se manifiesta mediante fisuración o decoloración superficial, siguiendo la ubicación de las armaduras bajo el recubrimiento. La reflexión de armaduras que se trata en la especificación técnica en cuestión se manifiesta como una imperfección técnica superficial debido a un espesor insuficiente del recubrimiento, lo cual puede deberse a problemas en el diseño o a falencias en la colocación de las enfierraduras. Para el caso de losas es importante diferenciar entre reflexión o simples manchas por óxido de la enfierradura sobre los moldajes. Para determinar la Reflexión de armaduras se deberá establecer de modo independiente las áreas con reflexión por cada cara visible, de un mismo elemento, para finalmente sumarlas. La Reflexión de armaduras se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%RA = \frac{\sum(a \cdot b)}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$a$  y  $b$ : longitudes de los lados del rectángulo circunscrito a los bordes de las armaduras que se reflejan, expresadas en metros

$S_T$ ; área total de la cara visible del elemento de hormigón expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ ; sumatoria de superficies ocupadas por vanos

iv) Pérdida de aristas

Según la especificación técnica ET 005-07, la Pérdida de arista corresponde a la rotura de bordes, esquinas, canterías, etc. La Pérdida de aristas se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%PA = \frac{L}{L_T} \cdot 100$$

Donde:

$L$ : longitud de la pérdida de arista o borde, expresada en metros

$L_T$ : longitud total de la arista o borde del elemento de hormigón, expresado en metros

v) Burbujas

Según la especificación técnica ET 005-07, las Burbujas corresponden a cavidades de diámetro menor o igual a 1 cm, las que se pueden deber a los motivos que se exponen a continuación.

- Procedimientos de colocación o sistemas de compactación inadecuados
- Cantidad y calidad de desmoldante
- Textura del moldaje

Para determinar la zona afectada con esta imperfección superficial se deberá considerar como criterio el área donde exista la mayor concentración de Burbujas y que estas sean observables a una distancia de por lo menos 5 metros. Dicho lo anterior, las Burbujas se determinan mediante la siguiente expresión.

$$\%B = \frac{\sum A}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$A$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara del elemento de hormigón expresado en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

vi) Ecurrimiento superficial



Según la especificación técnica ET 005-07, el Escurrimiento superficial corresponde a derrames de lechada de hormigón, producidos por el hormigonado superior o lateral sobre un hormigón anterior. Esta imperfección superficial se produce, generalmente, por la falta de sujeción o sellado de los moldajes nuevos contra la etapa de hormigón anterior. La medición de la zona comprometida por el Escurrimiento superficial se deberá realizar antes de escariar, remover la lechada u hormigón proveniente del escurrimiento.

El Escurrimiento superficial se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%ES = \frac{\sum E_S}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$E_S$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ ; sumatoria de superficies ocupadas por vanos

vii) Distinta coloración

Según la especificación técnica ET 005-07, la Distinta coloración del hormigón corresponde a tonalidades de colores notoriamente diferentes en una misma superficie. Esta depende de múltiples factores y variables, entre las cuales destacan las características del hormigón, el tipo de desmoldante utilizado, el tipo de placas en los moldajes, etc. Para esta imperfección superficial el criterio de aceptación debe quedar definido antes de la ejecución de la obra.

viii) Micro segregación

Según la especificación técnica ET 005-07, la Micro segregación corresponde al defecto que se produce en la unión entre las placas de los moldajes debido a la pérdida de lechada de cemento, produciendo así una superficie rugosa con el árido fino a la vista. La Micro segregación se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%Mg = \sum (LMg/LM) \cdot 100$$

Donde:

$LMg$ ; longitud parcial que manifiesta esta imperfección expresada en metros

*LM*: longitud total de encuentros de moldajes

**b) Indicadores del hormigón para elementos de hormigón armado que deban cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje**

La finalidad de los indicadores que se desarrollan a continuación es establecer valores de tolerancias dimensionales sobre los elementos de hormigón armado, las que están definidas considerando límites máximos admisibles. Dichos valores máximos admisibles se refieren a las tolerancias dimensionales del elemento de hormigón desmoldado y sin revestimiento en su etapa de construcción debido únicamente a deformaciones del sistema de moldajes, sin considerar deformaciones estructurales.

i) Planeidad

En primer lugar, se definen los conceptos de Desviación admisible y Tolerancia. Según la especificación técnica ET 004-06: Tolerancias Dimensionales en Elementos de Hormigón Armado, la Desviación admisible es aquel valor que se designa por exceso con un signo + (más) y por defecto con un signo - (menos). Por simplicidad, en la especificación técnica en cuestión las desviaciones se entienden como simétricas, debiéndose determinar los valores admisibles según el grado del hormigón escogido previamente por el mandante. Por su parte, se define Tolerancia como la suma absoluta de los valores indicados como desviaciones admisibles.

Tal y como se establece en la especificación técnica ET 004-06, la Planeidad corresponde a la diferencia de distancias entre un plano teórico de referencia (vertical, horizontal o inclinado) y la superficie del elementos en cuestión. Dicho lo anterior, se define la verticalidad como la Planeidad de un elemento vertical y la horizontalidad como la Planeidad de un elemento horizontal.

Los valores admisibles para la Planeidad se establecen en la especificación técnica ET 004-06, valores que están sujetos al grado de terminación del hormigón y la longitud de referencia de medición escogida (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2006).

ii) Resaltes

Tal y como se establece en la especificación técnica ET 004-06, los Resaltes corresponden a irregularidades producidas en la superficie del elemento que se forman en las uniones de placas o de módulos de moldajes o entre paneles de muros. También pueden producirse durante el proceso de terminación superficial de una losa o radier, midiéndose en ambos casos en dirección perpendicular desde una superficie teórica paralela a la superficie correspondiente.

Los valores admisibles para Resaltes se establecen en la especificación técnica ET 004-06, valores que están sujetos al grado de terminación del hormigón y la longitud de referencia de medición escogida.

### 2.1.3. Propuesta de Indicadores

Tras el levantamiento de información realizado en el Capítulo anterior, se propone un set de indicadores de la calidad del hormigón organizados según la etapa de hormigonado al que pertenezcan, los parámetros aceptables para cada uno de ellos, si es que aplican, y el capítulo del presente Trabajo de Título donde se desarrollan en profundidad. Lo anterior se expone en la Tabla 2.8 que se muestra a continuación.

Tabla 2.8: Indicadores de la Calidad del Hormigón Propuestos

Etapa	Indicadores	Parámetros Admisibles	Capítulo
Recepción del hormigón	Tiempo de transporte a la obra	2 horas, considerando en dicho periodo de tiempo la descarga completa del hormigón	2.1.2.2.1)b)i)
	Docilidad	Tabla 13 – Ensayos de Control, Norma Chilena NCh170:2016	2.1.2.2.1)b)ii)
	Verificación del volumen diseñado de hormigón	La diferencia entre el volumen de hormigón diseñado y el hormigón confeccionado no debe exceder el 3%	2.1.2.2.1)b)iii)
	Ajuste de docilidad mediante agua	De acuerdo con la cláusula 9.6 de la Norma Chilena NCh170:2016	2.1.2.2.1)b)iv)
	Ajuste de docilidad mediante aditivos	De acuerdo con la cláusula 9.6 de la Norma Chilena NCh170:2016	2.1.2.2.1)b)iv)
Distribución del hormigón en Obra	Tiempo de descarga al sitio de colocación	30 minutos, lapso que debe estar incluido en las dos horas desde que se carga hasta que se descarga por completo el hormigón	2.1.2.2.2)b)i)

	Mantenimiento del cono	Tabla 13 – Ensayos de Control, Norma Chilena NCh170:2016 y/o se mantengan condiciones de colocación	2.1.2.2.2)b)ii)
Colocación del hormigón	Temperatura del hormigón en su colocación	La temperatura del hormigón debe estar entre los 5° y lo 35°, a menos que se especifique lo contrario	2.1.2.2.3)b)i)
	Altura de vaciado y % de Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales	La altura de vaciado debe ser tal que, para cada cara visible del elemento vertical, los nidos representen a lo más el 10% de la superficie de los 20 cm inferiores	2.1.2.2.3)b)ii)
	Espesor de las capas de hormigonado	El espesor de las capas debe ser a lo más la longitud de la botella del vibrador menos 10 cm o de tal manera que no se generen líneas de hormigonado	2.1.2.2.3)b)iii)
Compactación del hormigón	Distanciamiento de las inserciones	Separación entre las inmersiones del vibrador máximo 1,5 veces el radio de acción de los vibradores	2.1.2.2.4)b)i)
	Rendimiento del vibrado	Si bien no se cuenta con un valor admisible, el ideal es que siempre el indicador sea 1, es decir, que la capacidad de vibrado disponible sea la suficiente para vibrar todo el hormigón vertido	2.1.2.2.4)b)ii)
Curado y Protección del hormigón	Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración	$< 1 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ según Anexo A.8.2 de la Norma Chilena NCh170:2016	2.1.2.2.5)b)i)

	Temperatura del hormigón a las 24 horas	Según las dimensiones del elemento establecidas en el acápite 5.3.6.5 de la Norma ACI 301S-10	2.1.2.2.5)b)ii)
	Resistencia real estimada del hormigón	Para discontinuar el curado del hormigón la resistencia real estimada del hormigón debe ser al menos el 70% de la resistencia especificada. Si no se aplica lo indicado, el curado se debe realizar por lo menos durante 7 días	2.1.2.2.5)b)iii)
	Resistencia potencial del hormigón	Para discontinuar el curado del hormigón la resistencia potencial del hormigón debe ser al menos el 85% de la resistencia especificada. Si no se aplica lo indicado, el curado se debe realizar por lo menos durante 7 días	2.1.2.2.5)b)iv)
Desmolde y Descimbre	Resistencia real estimada del hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Parámetros verticales o con inclinación hasta 30°: &gt; 2 MPa</li> <li>– Parámetros horizontales (moldajes de fondo de vigas y losas): siempre que los elementos no estén sometidos a cargas externas, &gt; 13 MPa</li> <li>– Puntales de fondo de vigas y losas: a menos que se especifique lo contrario, &gt; 75% <math>f'_c</math></li> <li>– Alternativamente, se pueden considerar los plazos mínimos establecidos en la Tabla 12 de la Norma Chilena NCh170:2016</li> </ul>	2.1.2.2.6)b)i)

Aceptación del hormigón colocado	Resistencia potencial del hormigón	Según las resistencias especificadas de proyecto y lo establecido para su Evaluación Estadística según la Norma Chilena NCh1998:1989 – Hormigón – Evaluación estadística de la resistencia mecánica	2.1.2.2.7)b)i)
----------------------------------	------------------------------------	---	----------------

De manera adicional, se establecen indicadores de la calidad del hormigón que deben ser medidos cuando las especificaciones técnicas así lo requieran. En la Tabla 2.9, a continuación, se exponen dichos indicadores junto con el proceso de hormigonado al que pertenecen, sus valores admisibles y al capítulo del presente Trabajo de Título en donde se desarrollan en profundidad.

Tabla 2.9: Indicadores Especiales de la Calidad del Hormigón Propuestos

Etapa	Indicadores	Parámetros Admisibles	Observaciones	Capítulo
Recepción del hormigón	Contenido de aire	Según los grados de exposición descritos en la Tabla 4 de la Norma Chilena NCh170:2016 con una tolerancia de $\pm 1,5\%$	El Contenido de Aire debe medirse cuando según especificación técnica, deba adicionarse aire a la mezcla	2.1.2.3.1)a)i)
Colocación del hormigón	Falta de llenado	Según el grado de terminación del hormigón y lo estipulado en la especificación técnica ET 005-07 – Criterios de aceptación de superficies moldeadas en elementos de hormigón	Los indicadores de la calidad del hormigón asociados a la etapa de Colocación del hormigón aquí agrupados deben medirse cuando, según las especificaciones técnicas, el hormigón colocado deba cumplir con algún grado de terminación	2.1.2.3.2)a)i)
	Huecos			2.1.2.3.2)a)ii)
	Reflexión de armadura			2.1.2.3.2)a)iii)
	Pérdida de arista			2.1.2.3.2)a)iv)
	Burbujas			2.1.2.3.2)a)v)

	Escurrimiento superficial			2.1.2.3.2)a)vi)
	Distinta coloración			2.1.2.3.2)a)vii)
	Micro segregación			2.1.2.3.2)a)viii)
	Planeidad	Según el grado de terminación del hormigón, la longitud de referencia de medición escogida y lo estipulado en la especificación técnica ET 004-06 – Tolerancias dimensionales en elementos de hormigón armado	Los indicadores de la calidad del hormigón asociados a la etapa de Colocación del hormigón aquí agrupados deben medirse cuando, según las especificaciones técnicas, el hormigón colocado deba cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje	2.1.2.3.2)b)i)
	Resaltes			2.1.2.3.2)b)ii)

## 2.2. Indicadores de Desempeño

En el presente capítulo se presenta, a modo general, el concepto de indicadores de desempeño, abordando algunas definiciones, clasificaciones y su importancia en la toma de decisiones y en la gestión de los procesos.

### 2.2.1. Definiciones

Una primera definición de indicadores de desempeño se obtiene desde la Organización para la Cooperación y Desarrollo Tecnológico (OCDE), la que se muestra a continuación.

- Indicadores de Desempeño: Variables cuantitativas o cualitativas que permiten verificar los cambios generados por una intervención pública, relativo a lo que se estaba planeando inicialmente (OCDE, 2002).

Otra definición relevante se realiza en el estudio “*Indicadores da qualidade e produtividade*” (Souza, Mekbekian, Silva, Leitao, & Santos, 1994), la que se expone a continuación.

- Indicadores de Desempeño: Consisten en expresiones cuantitativas que representan una información concebida a partir de medición y de la evaluación de una estructura de producción de los procesos que lo componen y de los productos resultantes.

### **2.2.2. Tipos de Indicadores**

Existen diversos tipos de indicadores dependiendo de lo que se quiera medir y la profundidad de lo que se quiera medir. A continuación, se exponen dos clasificaciones de Indicadores, una mundialmente reconocida y otra propuesta por investigadores nacionales.

Según Parmenter, los Indicadores se pueden clasificar en cuatro categorías, las que se exponen a continuación (Parmenter, 2010).

- a) Indicadores de Resultados (RIs): son aquellos indicadores que resumen las actividades realizada por un equipo o un grupo de equipos. Un ejemplo de ellos son las ventas realizadas. Su frecuencia de muestreo puede ser diaria, semanal, mensual o trimestral
- b) Indicadores Clave de Resultados (KRIs): son aquellos indicadores que ofrecen una visión general sobre el rendimiento de las empresas, puesto que son el resultado de muchas acciones conjuntas. Un ejemplo de ellos es el rendimiento de la mano de obra. Su frecuencia puede ser mensual o trimestral
- c) Indicadores de Desempeño (PIs): son aquellos indicadores que miden el trabajo de un equipo o grupo de equipos que trabajan en conjunto. Otorgan información clave a las empresas sobre el camino o ruta que deben seguir para mejorar su desempeño operacional. Ejemplos de ello son el número de innovaciones implementadas o el número reuniones de venta que se han organizado. Su frecuencia puede ser diaria, semanal, mensual o trimestral
- d) Indicadores Clave de Desempeño (KPIs): son aquellos indicadores que miden los aspectos del desempeño que son críticos para el éxito actual y futuro de las empresas. Ejemplos de ellos son las horas de retraso en los procesos o el retrabajo. Su frecuencia puede ser horaria, diaria o como mucho, mensual

Según diversos autores nacionales, los indicadores de desempeño se pueden clasificar en tres categorías, las que se exponen a continuación (Alarcón, Grillo, Freire, & Diethelm, 2001).

- a) Indicadores de Desempeño de Resultados: son aquellos indicadores que intentan medir el nivel de éxito que ha alcanzado un proyecto al final de este. Ejemplos de ellos son la desviación de costos y la desviación de la planificación
- b) Indicadores de Desempeño de Procesos: son aquellos indicadores que tienen como objetivo medir el desempeño de los procesos más importantes que se desarrollan en el proceso de construcción, por ejemplo, el diseño, la construcción, la planificación y las adquisiciones



- c) **Indicadores de Desempeño de Variables:** son aquellas decisiones, estrategias u otras que no son un proceso pero que sí afectan el desempeño de un proyecto. Ejemplos de ellos son el nivel de subcontratación y el tipo de contrato

### 2.2.3. Indicadores de Desempeño en la toma de decisiones

Los mismos autores nacionales recién mencionados indican que las mediciones por sí solas no son suficientes para mejorar el desempeño. Para ello, es necesario analizar los indicadores con el objetivo de detectar los problemas y determinar causas para así poder tomar acciones correctivas en el corto plazo. En la Figura 2.4 se muestra como la medición y el análisis de los indicadores de desempeño ayudan en la gestión y toma de decisiones de manera más efectiva.

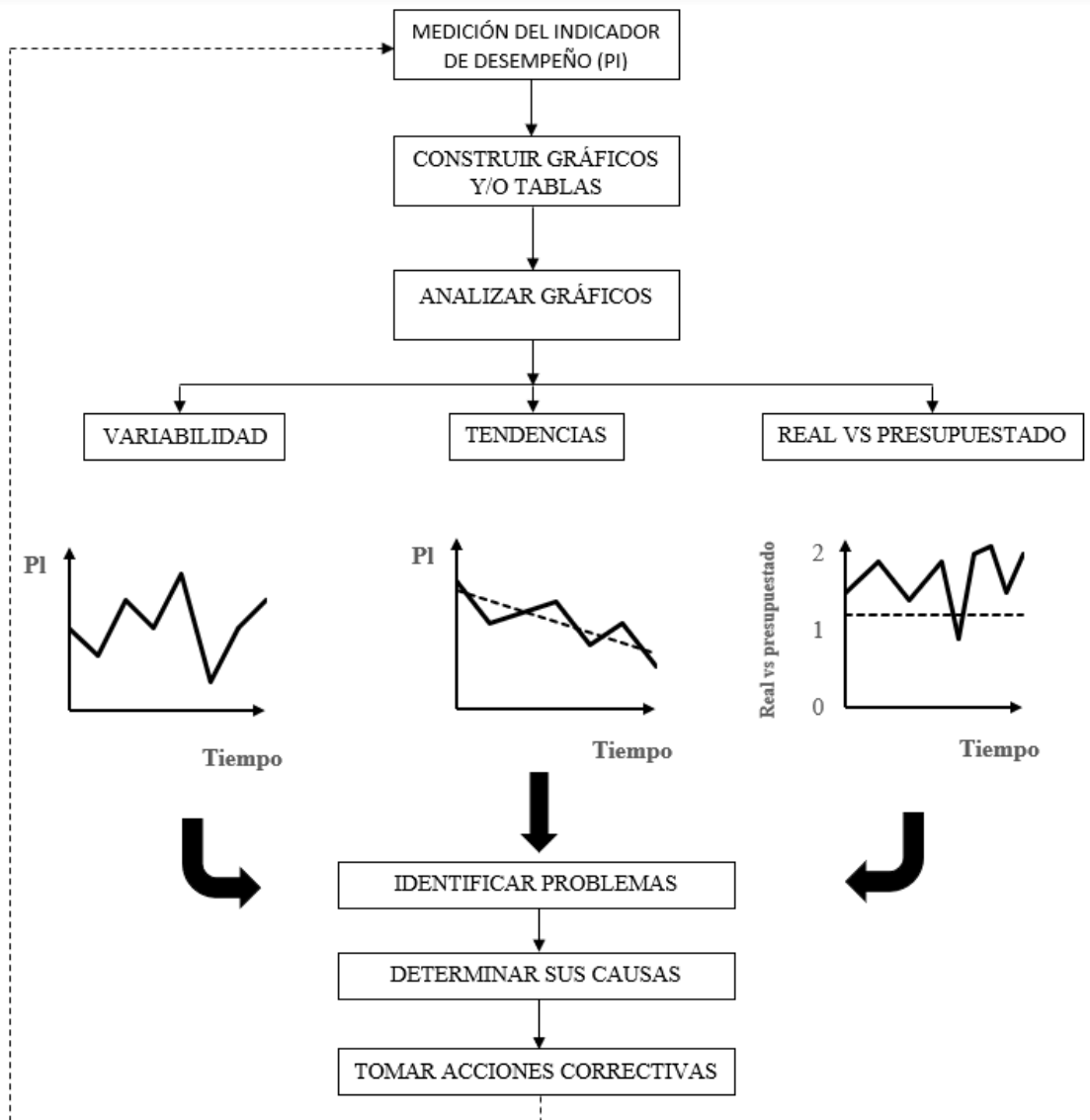


Figura 2.4: Cómo los Indicadores de Desempeño apoyan las Acciones de Gestión (Alarcón, Grillo, Freire, & Diethelm, 2001)

### 3. VALIDACIÓN DE INDICADORES

#### 3.1. Definición del instrumento a utilizar

La definición del instrumento a utilizar resulta crucial para la correcta validación de los indicadores propuestos. Para ello, se debe cumplir con los siguientes aspectos.

- a) Validación Estadística: el instrumento a utilizar debe poseer un respaldo estadístico de tal manera de poder obtener datos suficientemente representativos y fidedignos.
- b) Breve y conciso: el instrumento a utilizar debe ser breve y conciso, de tal manera que su utilización represente un bajo esfuerzo y este pueda ser respondido de manera correcta por los profesionales de las empresas colaborativas definidos previamente.
- c) Escalas absolutas en lugar de subjetivas: el instrumento a utilizar debe ser elaborado para ser respondido con escalas absolutas en vez de subjetivas, de tal manera que las respuestas sean comparables unas con otras.

Dicho lo anterior, las encuestas resultan un instrumento sumamente potente, puesto que permiten obtener y elaborar datos de manera rápida y eficaz, además de entregar la posibilidad de su aplicación masiva y la obtención de información sobre un amplio abanico de cuestiones a la vez (Casas Anguita, Repullo Labrador, & Donado Campos, 2003).

Según el estudio “*El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de Investigación*” (García Ferrando, Ibáñez, & Alvira, 1993), la encuesta se puede definir como una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características.

Además, desde los estudio “*Técnicas de Investigación Social*” (Sierra Bravo, 1994) y “*Metodología Cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social*” (Cea D'Ancona, 1996) es posible caracterizar las encuestas como se muestra a continuación.

- a) La información se obtiene mediante una observación indirecta de los hechos, a través de las manifestaciones realizadas por los encuestados, por lo que cabe la posibilidad de que la información obtenida no siempre refleje la realidad.
- b) Permite aplicaciones masivas, que mediante técnicas de muestreo adecuadas pueden hacer extensivos los resultados a poblaciones enteras.
- c) El interés del investigador no es el sujeto concreto que contesta el cuestionario, sino la población a la que pertenece, de ahí, como se ha mencionado, la necesidad de utilizar técnicas de muestreo apropiadas.
- d) Permite la obtención de datos sobre una gran variedad de temas.

- e) La información se recoge de modo estandarizado mediante un cuestionario (Instrucciones iguales para todos los sujetos, idéntica formulación de las preguntas, etc.) lo que facilita hacer comparaciones intragrupalas.

Un aspecto importante a considerar es el sesgo que se pueda llegar a producir por parte de los encuestados y de la misma encuesta. Para ello, en el estudio “*New Approaches to Surveying Organizations*” (Bloom & Van Reenen, 2010) se presentan los aspectos que pueden producir sesgos y la forma de minimizar estos.

a) Reducir Sesgo del Entrevistado

- i) Escoger Encuestados Apropriados: Es importante encuestar a personas suficientemente jóvenes para que conozcan las prácticas cotidianas, pero con la suficiente antigüedad y experiencia para tener una visión global de la empresa y sus procesos. También puede resultar útil obtener respuestas de empleados de distintos niveles jerárquicos dentro de la empresa para ver si hay diferencias sistemáticas en las respuestas
- ii) Encuestas a Ciegas: Como se ha demostrado en la literatura psicológica, los encuestados suelen contestar con respuestas que creen el encuestador quiere oír. Es por ello por lo que se propone que se otorgue la menor información posible sobre el encuestador y sobre lo que se va a encuestar
- iii) Preguntas Abiertas en Lugar de Cerradas: Con la finalidad de facilitar las entrevistas a ciegas y evitar el sesgo de los encuestados al ofrecerles opciones de respuestas, se propone la utilización de preguntas abiertas. Estas preguntas son aquellas sin un conjunto fijo de respuestas, entendiéndose como respuestas con un conjunto fijo, por ejemplo, aquellas que solo admiten como respuestas Si/No.
- iv) Escalas Absolutas en Lugar de Subjetivas: Muchos formularios de encuestas ofrecen escalas subjetivas para responder, comúnmente conocidas como “Escalas de Likert”. Un ejemplo de ello son las respuestas “Mue bueno”, “Bueno”, “Medio”, “Malo”, “Muy malo” para la pregunta “¿Qué tan bueno es el seguimiento del rendimiento de su empresa?”. Dichas respuestas son subjetivas porque cada una representan diferentes valoraciones para los diferentes encuestados. Por otra parte, estas respuestas no son comparables unas con otras ni tampoco entre empresas. El uso de escalas absolutas evita estos problemas
- v) Preguntar por Ejemplos: Los autores han comprobado que los ejemplos son especialmente útiles para temas sensibles dentro de las empresas y en los que la práctica difiere de la teoría. Un ejemplo de esto es que la mayoría de las empresas tienen, en teoría, procesos para deshacerse de los empleados con bajo rendimiento, pero en la práctica esto rara vez ocurre. Es por ello que tras la pregunta “Si tuviera un empleado con bajo rendimiento, ¿qué haría?” la pregunta “¿Podría dar un ejemplo reciente?” sea quien la suceda.
- vi) Controlar las Características de los Encuestados: Diferentes entrevistados pueden responder de forma diferente a la misma pregunta. Es por ello que se debe recoger

información detallada sobre los encuestados (Por ejemplo, su posición jerárquica, su antigüedad en la empresa y la antigüedad en su puesto actual). Esta información puede resultar útil al incluirla como controles de ruido en los análisis de regresión sobre los datos recolectados. Un ejemplo de esto es que, en una empresa estudiada por los autores, los altos directivos otorgaron puntuaciones superiores sobre la gestión, esto debido a que posiblemente las prácticas de gestión son mejores en los niveles superiores de la empresa, o posiblemente porque los altos directivos tienen una visión más positiva de su empresa. En cualquier caso, controlar estas variables en el análisis de regresión suele ayudar a reducir los errores de medición.

#### b) Reducir el Sesgo de las Entrevistas

El contexto de la propia entrevista puede generar un sesgo sobre esta. La hora del día en que sea realizada, el día de la semana y la duración de esta son factores a considerar y controlar para el análisis de regresión.

Otro aspecto clave a la hora de obtener resultados válidos a través de las encuestas que se presentan a las empresas es convencerlas de que las encuestas están midiendo diferencias organizacionales reales en ellas. Para ello, en el mismo estudio “*New Approaches to Surveying Organizations*” (Bloom & Van Reenen, 2010) se presentan de ejercicios útiles para ello.

- i) Sesgo en las Respuestas: Tras recoger los datos de las encuestas es importante evaluar la fiabilidad de las respuestas. Una forma es comparar las características observables de los encuestados con los que no responden y para ello, se necesitan variables que están en ambas muestras, es decir, variables que no se recogen mediante las encuestas. Para las empresas esto típicamente incluye la ubicación, el sector, el tamaño y la información contable.
- ii) Pruebas de Re-encuestas Independientes: Es una buena idea volver a encuestar a un 5% de las empresas utilizando diferentes entrevistados y encuestadores. Esto puede servir para calibrar el grado de error de medición a nivel de pregunta.
- iii) Diferentes Instrumentos de Encuesta: Otro buen plan es recolectar datos utilizando más de un instrumento y comparar los resultados entre los métodos.

De los aspectos anteriormente mencionados y dada la naturaleza del estudio que se realiza, uno importante es la caracterización del encuestado. Este debe conocer a cabalidad el funcionamiento diario de las labores de hormigonado y para ello, se debe controlar las características de quien utilice el instrumento.

Dicho lo anterior, la encuesta que se desarrolla será analizada según la posición que posea el encuestado dentro de la empresa para así obtener una valoración similar de lo que está respondiendo a la hora de analizar los resultados. La encuesta tendrá ítems para ser respondidos

por los Administradores de Contrato, Inspectores Técnicos de Obra, Jefes de Terreno, Visitador de Obras u otros de la misma forma.

Otro aspecto importante a considerar será la caracterización de las obras. Si bien en todas las obras se manejen indicadores de la calidad del hormigón similares, estos tendrán distintas valoraciones según el tipo de obra que se esté desarrollando. Para ello, las obras se caracterizan de la siguiente manera.

- Proyectos Habitacionales en altura
- Proyectos Habitacionales en extensión
- Proyectos Industriales y Mineros
- Proyectos Civiles y Viales
- Otros

### **3.2. Validación estadística del Instrumento a utilizar**

La muestra para las encuestas será extraída desde una red de contactos generados a través del Instituto Chileno del Hormigón, además de redes sociales como LinkedIn y contactos personales que de forma voluntaria accedan a contestar el cuestionario confeccionado en la plataforma Formularios de Google, plataforma que permite organizar y bajar los datos de manera ordenada, amigable y eficiente.

Como se indica en el libro “*Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*” (Wapole, Myers, Myers, & Ye, 2012), si se tiene una muestra de tamaño  $n \geq 30$  en donde la forma de la distribución no esté muy sesgada, la teoría de muestreos garantiza buenos resultados. Dicho lo anterior, se tomará este parámetro como el parámetro base para la validación de los resultados que se obtengan mediante la encuesta elaborada.

### **3.3. Propuesta de instrumento**

En primer lugar, es importante mencionar que la encuesta será elaborada en Formularios de Google puesto que dicha herramienta presenta una interfaz amigable para los usuarios, además de permitir al encuestador recabar la información de manera eficaz y ordenada ya que la información es exportada directamente a Excel, en donde se podrá graficar las variables necesarias para realizar un análisis profundo y acabado de la información obtenida.

En línea con lo que se expuso en los capítulos anteriores, la encuesta se realiza caracterizando al encuestado, recopilando la siguiente información.

- Nombre
- Cargo en donde obtuvo más experiencia en las labores de hormigonado

- Años de experiencia
- Tipo de proyecto en donde obtuvo más experiencia en las labores de hormigonado

Posteriormente, se pregunta al encuestado sobre su conocimiento y utilización de indicadores de la calidad del hormigón para así obtener una línea base respecto a lo que se va a preguntar, seguido por las indicaciones para responder el instrumento y de la escala que se utilizará para ello. En la Tabla 3.1 que se muestra a continuación, se observa la escala valorativa con la que los entrevistados deberán responder la encuesta entregando su percepción de cada uno de los indicadores de la calidad del hormigón que se han planteado.

Tabla 3.1: Escala de valoración del instrumento

Valoración	Percepción del indicador
0	No hace nada de sentido
1	Hace sentido bajo ciertas condiciones
2	Hace sentido completamente

La encuesta se organiza, en primer lugar, abordando los indicadores generales de la calidad del hormigón y luego, si es que compete, los indicadores especiales que surgen de especificaciones técnicas adicionales. La organización principal de la encuesta se desarrolla en torno a las etapas de hormigonado ya definidas para así obtener una secuencia ordenada del proceso de hormigonado.

En el Anexo 0 se presenta el bosquejo de la encuesta realizado previamente en Excel para posteriormente ser formulada en Formularios de Google.

### 3.4. Validación del instrumento por Expertos

Una vez elaborada la propuesta del instrumento, esta debe pasar por la validación de expertos en la materia. Para ello y por recomendación de la Profesora Guía del presente Trabajo de Título, se escogen los profesores integrantes de la comisión, los profesores Milenko Ogaz Carrasco y Carlos Gálvez Lillo, además de la misma profesora Carmen Paz Muñoz Effa.

El estudiante remitió a ellos el Formulario de Google elaborado, el bosquejo elaborado en Excel que se muestra en el Anexo 0 y las tablas resumen Tabla 2.8: Indicadores de la Calidad del Hormigón Propuestos y Tabla 2.9: Indicadores Especiales de la Calidad del Hormigón Propuestos de tal manera que pudiesen analizar la encuesta con un nivel de información mayor al entregado en la encuesta y con información más acabada del presente Trabajo de Título.

### Comentarios del Profesional Milenko Ogaz Carrasco

- Extensión de las preguntas. Las preguntas deben ser breves y directas, enfocándose en lo que se pregunta más que en la descripción de esta
- Aclaraciones en el uso de tecnicismos, por ejemplo, la palabra mezcladora que puede tener un uso amplio y con la que el estudiante se refiere únicamente al camión transportador, mixer o mezclador.
- Problemas de redacción menores

### Comentarios del Profesional Carlos Gálvez Lillo

- Dirigir las preguntas relativas a la experiencia del entrevistado solo a los cargos o proyectos en donde haya adquirido mayor experiencia en las labores de hormigonado
- Elaborar una tabla más clara, ordenada y concisa con la escala valorativa del instrumento
- Dividir el indicador Ajuste de docilidad según si dicho ajuste se realiza con agua o con aditivo

### Comentarios de la Profesora Carmen Paz Muñoz Effa

- Utilización de viñetas cuando se enlisten los procesos de hormigonado
- Cuando se mencionen números, escribirlos con números y no con palabras pues se logra una mejor retención de la pregunta
- Problemas ortográficos menores
- Problemas de redacción menores
- Introducir de mejor manera el indicador de Resistencia real estimada del hormigón asociado a la etapa de Desmolde y Descimbre del hormigón

### **3.5. Instrumento Definitivo**

Una vez recibidos los comentarios por parte de los profesionales expertos y de la Profesora Guía del Trabajo de Título, se procede a realizar las modificaciones respectivas para así generar el instrumento definitivo que será difundido para recabar la información necesaria para la validación del set de indicadores propuestos en el Capítulo 3.3 del presente informe.

En el Anexo 0 se presenta la encuesta definitiva elaborada y que será remitida a los profesionales colaboradores para que, en base a su experiencia, entreguen su percepción sobre los indicadores de la calidad del hormigón levantados por el estudiante para su posterior validación y propuesta definitiva.

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. Presentación de los Resultados**

Transcurrido el tiempo necesario para obtener el número de respuestas establecidas en el capítulo 3.2 para la obtención de una muestra válida, se recogen dichos resultados, se organizan y posteriormente se analizan para así poder concluir al respecto y generar propuestas para mejorar la gestión del proceso de hormigonado.

Para realizar un análisis de los resultados de manera más concisa y organizada, es importante que el instrumento haya sido generado en la plataforma Formularios de Google, la que realiza una primera organización de los datos en Excel, para así poder centrarse el estudiante en graficar las variables relevantes y en el posterior análisis de los resultados y las conclusiones al respecto.

En los subcapítulos que siguen se exponen las variables más relevantes que serán analizadas para la validación del set de indicadores propuesto y mediante las cuales se validará o se descartará cada uno de ellos.

#### **4.1.1. Muestra total de encuestados y cargos en donde obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado**

La encuesta elaborada fue respondida por un total de 52 profesionales del rubro de la construcción, los que indican haber obtenido más experiencia en las labores de hormigonado en los cargos de Inspector Técnico de Obra con 16 respuestas, equivalentes al 30,8% del total de la muestra, seguido por Visitador de Obra con 7 respuestas, equivalentes al 13,5% del total de la muestra y Jefe de Terreno con el mismo total de respuestas. Para simplificar el análisis, se agrupa en la categoría “Otros” a los cargos Ingeniero de Proyectos, Jefe Zonal de Hormigonera, Asesor Técnico Comercial y Jefe de Departamento de Estudios puesto que cada uno registra una frecuencia menor o igual a 2 respuestas. En el Figura 4.1 que se muestra a continuación, se expone la distribución total de los cargos en donde los encuestados indicaron haber obtenido más experiencia en el proceso de hormigonado.



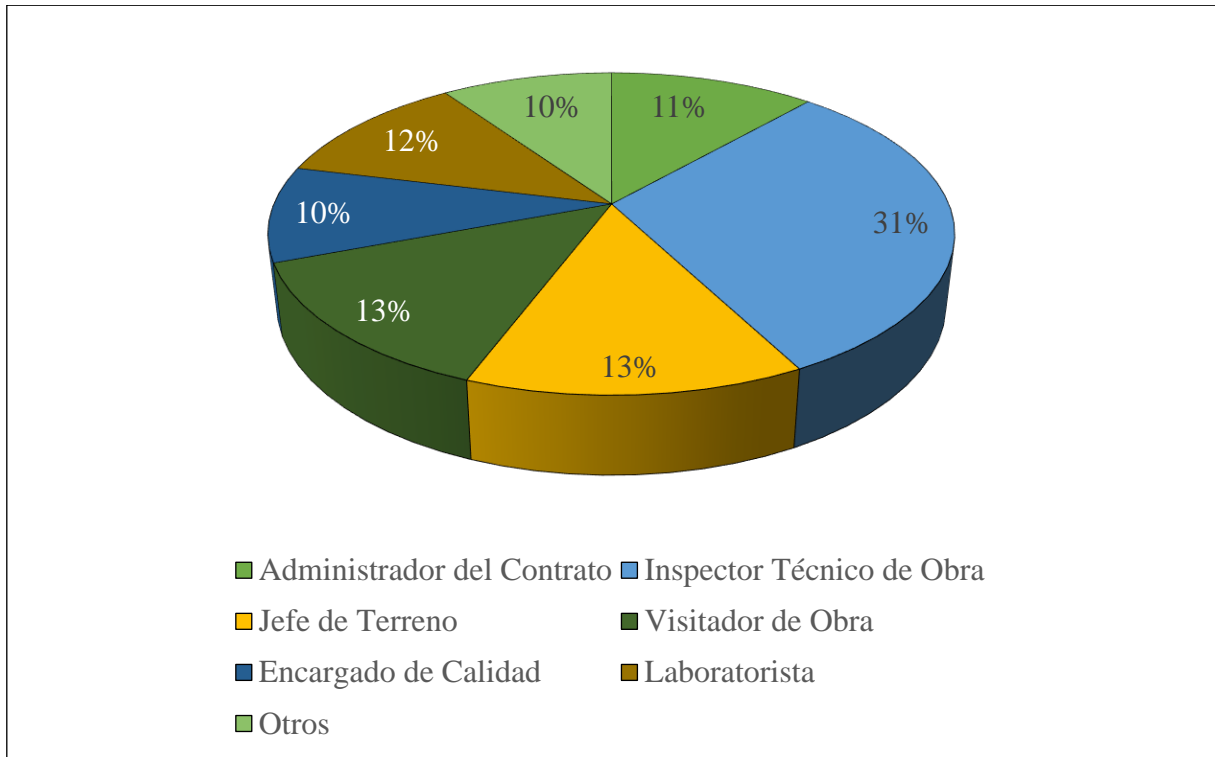


Figura 4.1: Distribución de cargos donde los encuestados indicaron haber obtenido más experiencia en las labores de hormigonado

#### 4.1.2. Años de experiencia de los encuestados

Otra de las variables relevantes a ser analizada es los años de experiencia de los encuestados, los que, en el posterior análisis de resultados, por ejemplo, podrían indicar un conocimiento más acabado o no de los indicadores de la calidad del hormigón. Del total de encuestados, 20 indican tener 16 o más años de experiencia, equivalentes al 38% de la muestra, seguido por 13 que indican tener entre 11 y 15 años de experiencia, equivalentes al 25% del total de la muestra. En la Figura 4.2 que se muestra a continuación, se observa la distribución de los años de experiencia del grupo de profesionales encuestados.

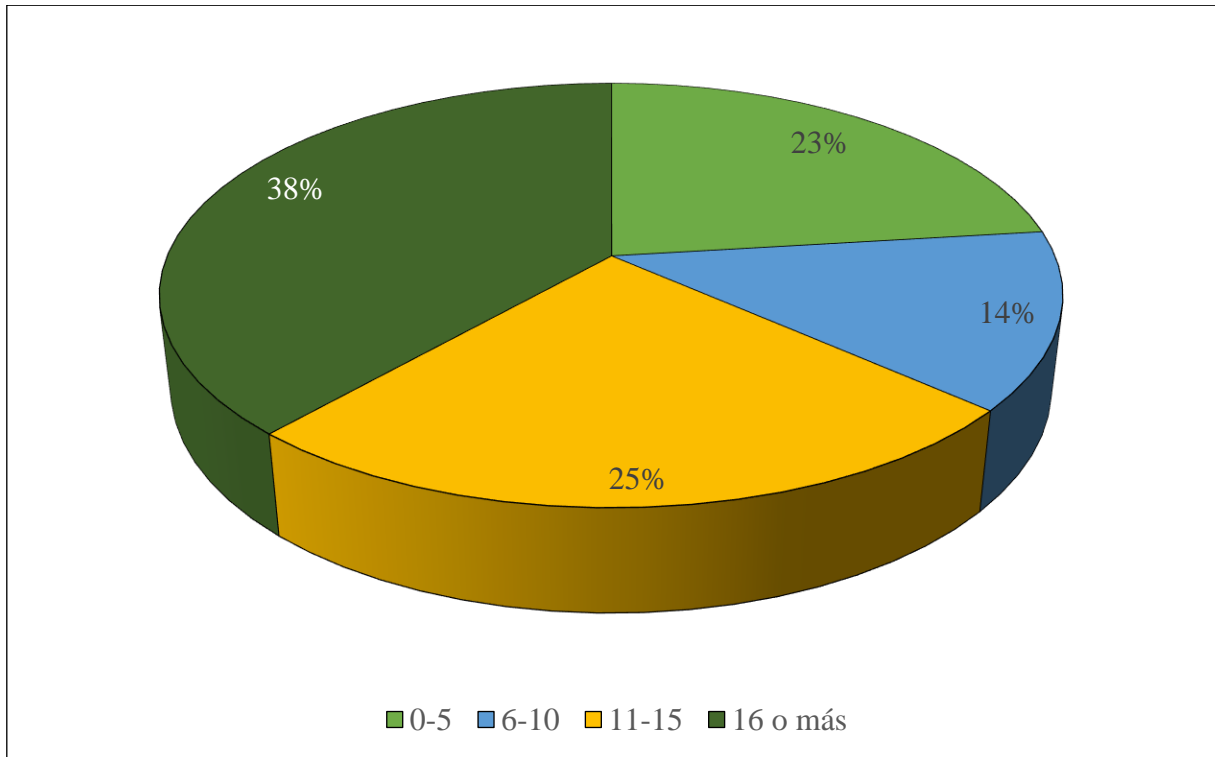


Figura 4.2: Años de experiencia profesional de los encuestados

#### 4.1.3. Proyectos en donde los encuestados han obtenido mayor experiencia en las labores de hormigonado

La última variable a analizar es el tipo de proyectos en donde los encuestados han obtenido mayor experiencia en el proceso de hormigonado. Esta variable resulta importante pues, mediante su análisis, se podrá obtener un panorama general de cuales indicadores se utilizan en cada tipo de proyecto y en que etapa de la colocación del hormigón se utilizan. Del total de encuestados, 19 indica haber obtenido mayor experiencia en las labores de hormigonado en proyectos del tipo Habitacional en altura, equivalentes a un 37% del total de la muestra, seguido por proyectos Industriales y Mineros con 13 respuestas, equivalentes al 25% del total de la muestra. Para simplificar el análisis, se agrupa en la categoría “Otros” a los Proyectos comerciales, Provisionamiento de hormigón y Obras menores puesto que cada uno registra una frecuencia menor o igual a 2 respuestas. En la Figura 4.3 que sigue, se muestra la distribución de los proyectos en donde los profesionales colaboradores han obtenido mayor experiencia en el proceso de hormigonado.

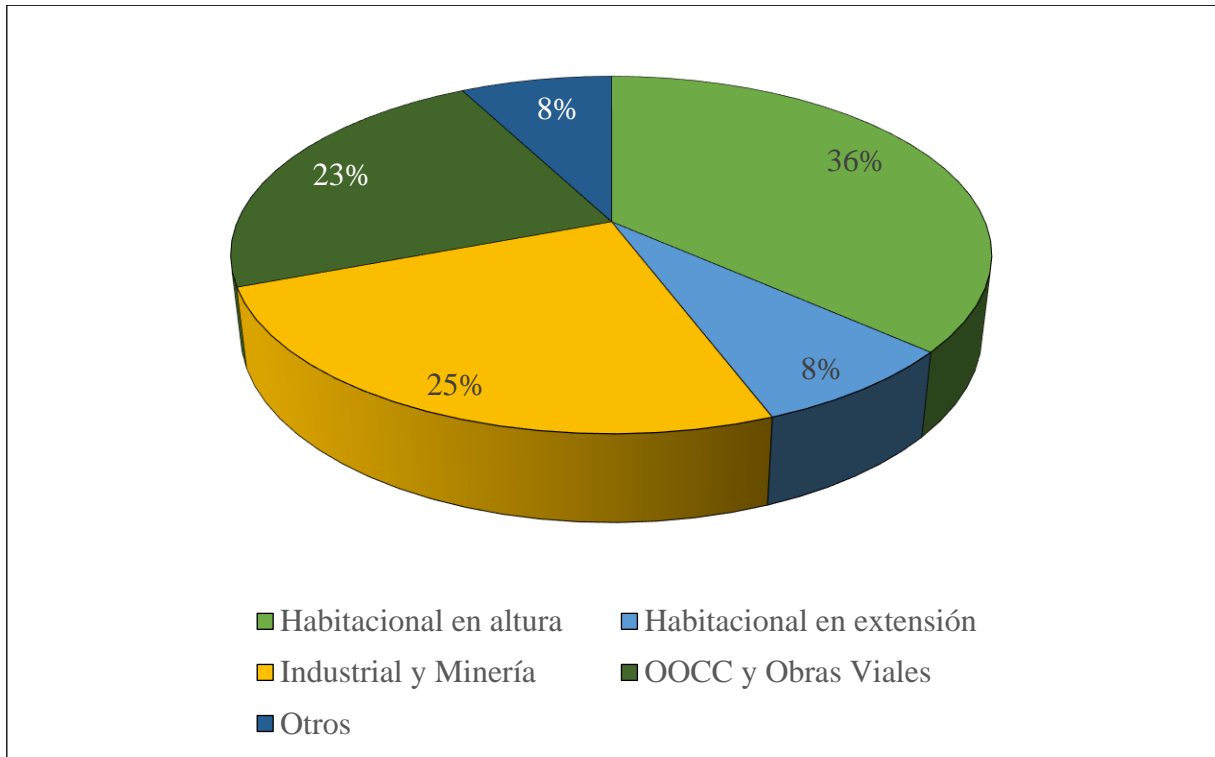


Figura 4.3: Proyectos en donde los profesionales colaboradores han obtenido mayor experiencia en las labores de hormigonado

#### 4.1.4. Utilización de indicadores de la calidad del hormigón

Con la finalidad de obtener una línea base respecto a la utilización de indicadores de la calidad del hormigón por parte de los encuestados, se les pregunta si los han utilizado o no en sus experiencias previas. Del total de encuestados 49, correspondientes al 94% del total de la muestra, reconoce haber utilizado indicadores de la calidad del hormigón, mientras que solo 3, equivalentes al 6% del total de la muestra, indica no haberlos utilizado. En la Figura 4.4 que sigue, se muestra la distribución de las respuestas respecto a la utilización o no de indicadores de la calidad del hormigón por parte de los encuestados.

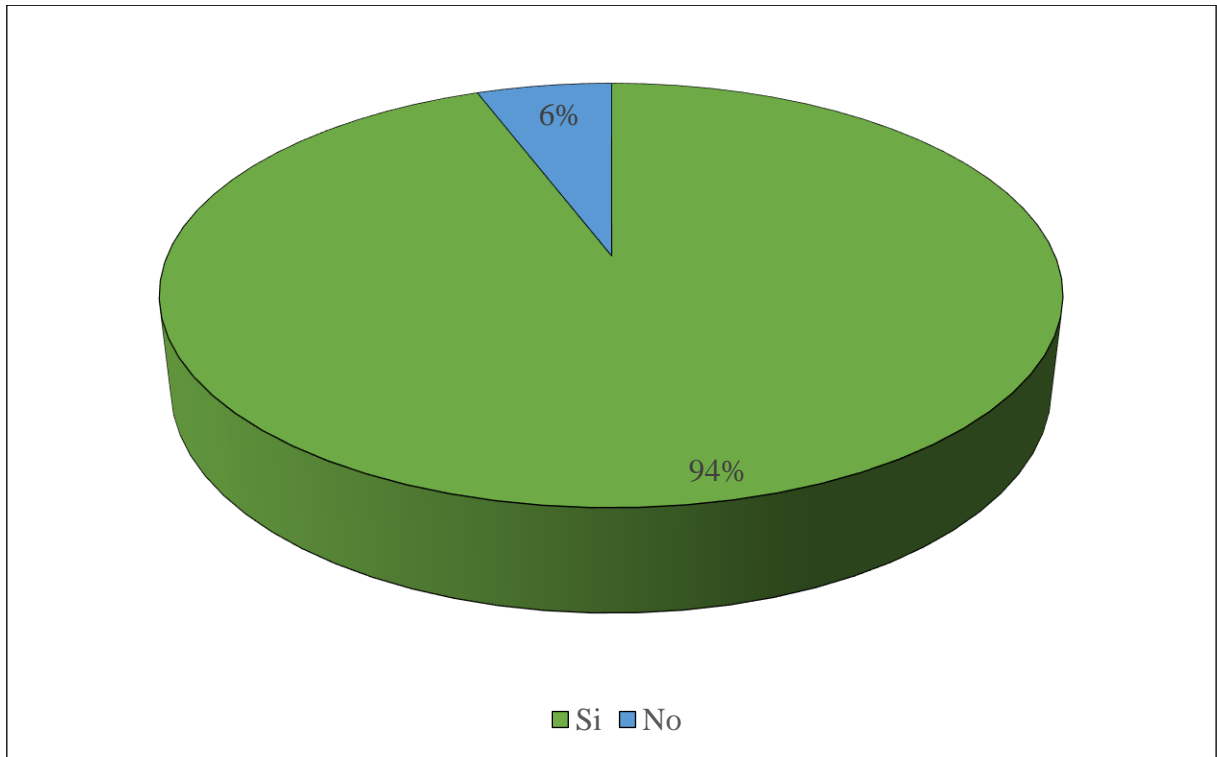


Figura 4.4: Utilización de indicadores de la calidad del hormigón por parte de los encuestados

Además, se les pregunta sobre su conocimiento acerca de los diversos indicadores de la calidad del hormigón propuestos según las etapas de hormigonado ya descritas. En la Figura 4.5 que sigue, se presentan las respuestas entregadas por parte de los encuestados, donde se observa que los indicadores asociados a la etapa de Recepción del hormigón son los más conocidos por los entrevistados con un total de 42 respuestas de 52 posibles.



Figura 4.5: Conocimiento de los indicadores de la calidad del hormigón propuestos por parte de los encuestados

## 4.2. Análisis de Resultados

El análisis de resultados se realiza, en primer lugar, para los indicadores generales de la calidad del hormigón para posteriormente analizar los indicadores especiales, ambos según la secuenciación del proceso de hormigonado descrita en el capítulo 2.1.2.2 analizando, además, cada indicador según las variables presentadas en el capítulo 4.1 del presente Trabajo de Título.

Para el análisis de las respuestas según las variables cargos y proyectos más relevantes en la adquisición de experiencia en las labores de hormigonado y años de experiencia de los

encuestados, se consideran solo las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones puesto que en dicha respuesta los encuestados si bien indican su acuerdo o la validez del indicador presentado, se desconocen las condiciones bajo las que quedaría completamente validado ya que esto último no es preguntado y se escapa de los alcances del presente Trabajo de Título. El análisis de dichas respuestas según las variables ya descritas puede entregar información valiosa a la hora de sacar conclusiones y proponer el set de indicadores definitivo.

Dicho lo anterior, para la validación de los indicadores de la calidad del hormigón se suman las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente. El criterio para la validación de cada indicador, definido en conjunto con la Profesora Guía del presente Trabajo de Título y los profesionales expertos Milenko Ogaz Carrasco y Carlos Gálvez Lillo es que cada indicador, por sí solo, presente en la suma de ambas respuestas un porcentaje superior al 80% del total.

#### **4.2.1. Indicadores generales de la calidad del hormigón**

##### 1) Recepción del hormigón

En la Recepción del hormigón se deben verificar diferentes parámetros propios del hormigón y otros asociados a su manipulación. Dicho lo anterior, los indicadores propuestos para esta etapa son: Tiempo de transporte a la obra, Docilidad, Verificación del volumen diseñado de hormigón, Ajuste de docilidad mediante agua y Ajuste de docilidad mediante aditivos. En la Figura 4.6 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto a los indicadores de la calidad del hormigón recién mencionados.

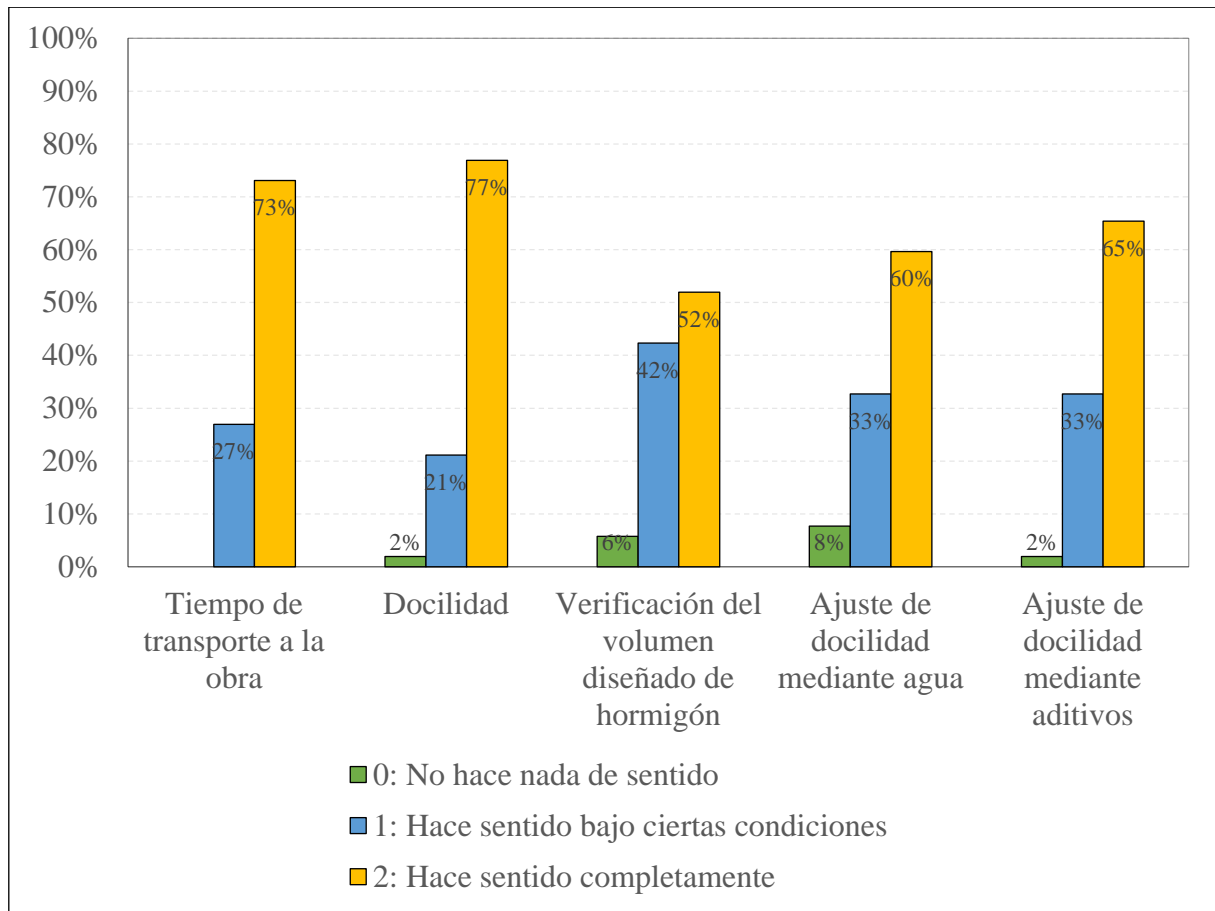


Figura 4.6: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Recepción del hormigón

De la Figura 4.6 se observa que para los 5 indicadores se registran 8% o menos de respuestas 0: No hace nada de sentido, es decir, para la gran mayoría de los encuestados resultan conocidos o coherentes los indicadores presentados. A su vez, dichos indicadores tuvieron al menos un 92% de respuestas positivas para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, lo que corrobora lo anteriormente expuesto y hace relación directamente con lo mostrado en la Figura 4.5 sobre el conocimiento preliminar de los encuestados acerca de los indicadores propuestos y en donde los indicadores pertenecientes a la etapa de Recepción del hormigón resultaron ser los más conocidos. Dicho lo anterior, los 5 indicadores propuestos para la etapa de Recepción del hormigón quedan validados.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Recepción del hormigón es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.7 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido

bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

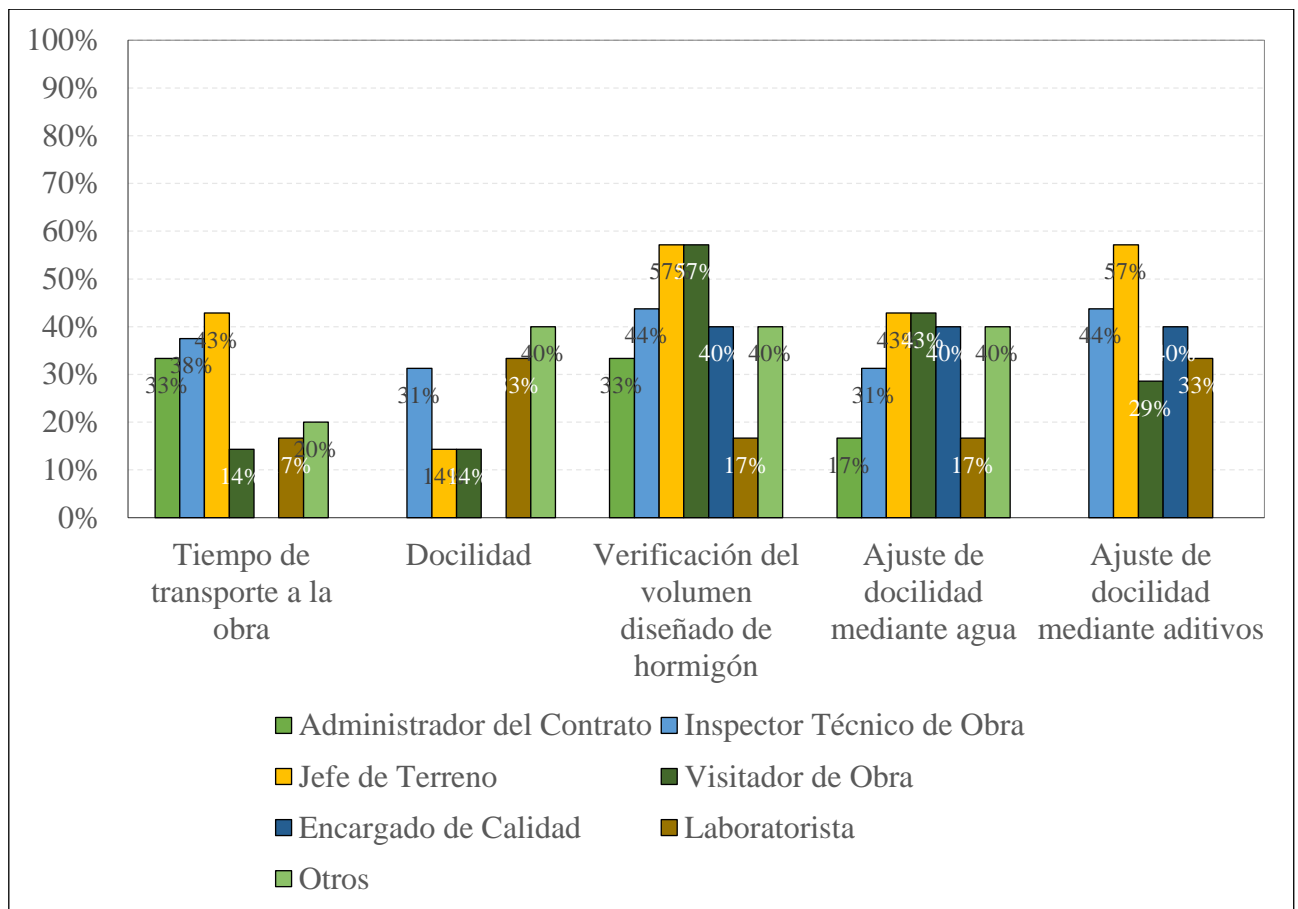


Figura 4.7: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según el cargo de mayor experiencia de los encuestados

De la Figura 4.7 se observa que para los indicadores Tiempo de transporte a la obra, Verificación del volumen diseñado de hormigón, Ajuste de docilidad mediante agua y Ajuste de docilidad mediante aditivos la respuesta 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones fue respondida en un mayor porcentaje por los Jefes de Terreno. De la misma manera, el indicador Verificación del volumen diseñado de hormigón es el que registra el mayor porcentaje de respuestas para todos los cargos donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en el proceso de hormigonado, salvo por los Laboratoristas que registran solo un 17% de su total. Además, los Encargados de Calidad no registran respuestas para los indicadores Tiempo de transporte a la obra y Docilidad, lo que sumado con lo que se observa en la Figura 4.6 hace concluir que ambos indicadores les hacen sentido completamente. Por último, es importante observar que los Inspectores Técnicos de Obra registran un alto porcentaje de respuestas en todos los indicadores, es decir, todos ellos les hacen sentido, pero bajo ciertas condiciones.



## Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Recepción del hormigón es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.8 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

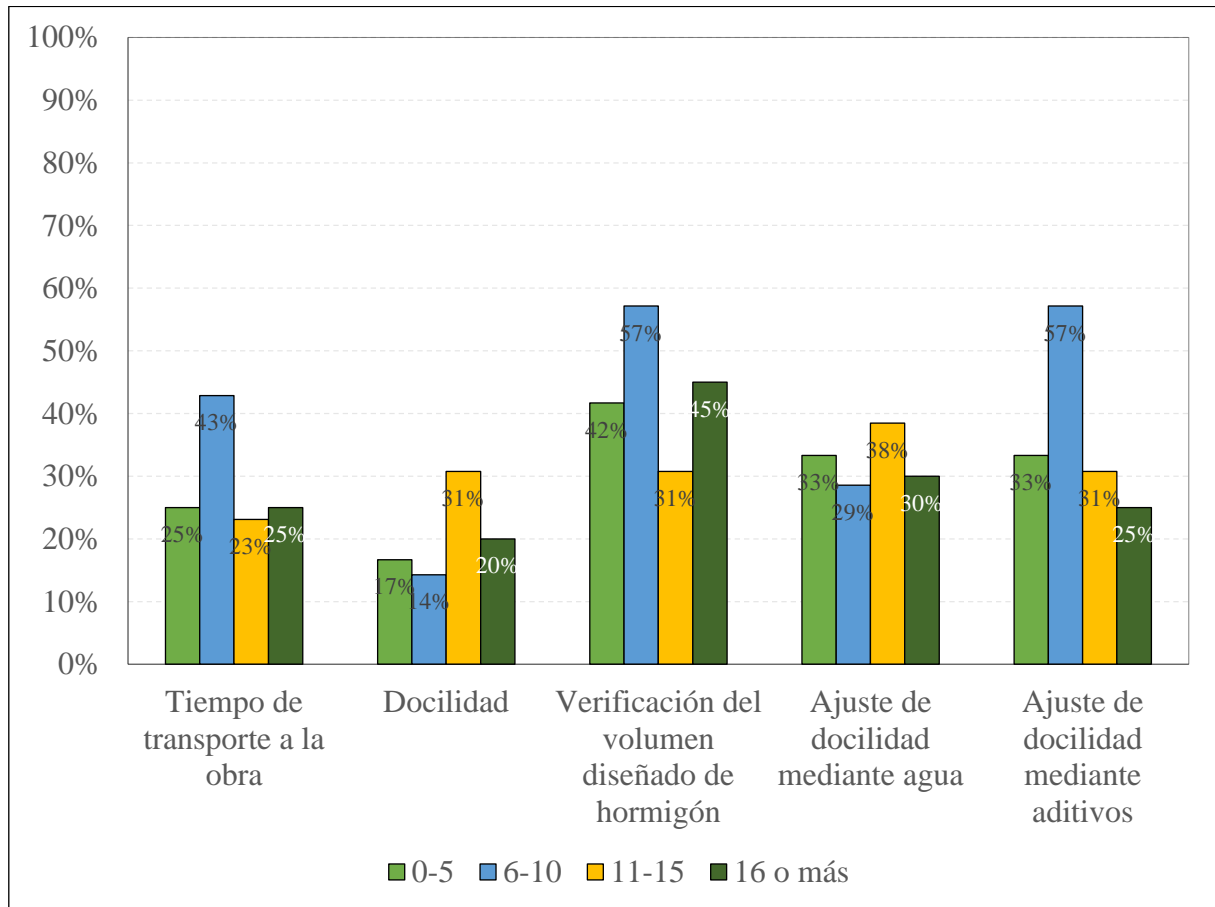


Figura 4.8: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según los años de experiencia de los encuestados

De la Figura 4.8 se observa que el indicador Verificación del volumen diseñado de hormigón es el que registra el mayor porcentaje de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones por parte de los encuestados que dicen tener entre 0 y 5 años de experiencia, 6 y 10 años de experiencia y 16 o más años de experiencia, mientras que para los encuestados que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia también se registra un elevado porcentaje de respuestas de su total, lo que muestra que si bien el indicador es válido o conocido, su completa validación está sujeta a condiciones adicionales. Por último, es importante observar que todos los años de experiencia encuestados registran respuestas en cada uno de los indicadores propuestos, es decir,

independiente de la experiencia del encuestado, los indicadores son válidos o conocidos, pero bajo condiciones adicionales.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Recepción del hormigón es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.9 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

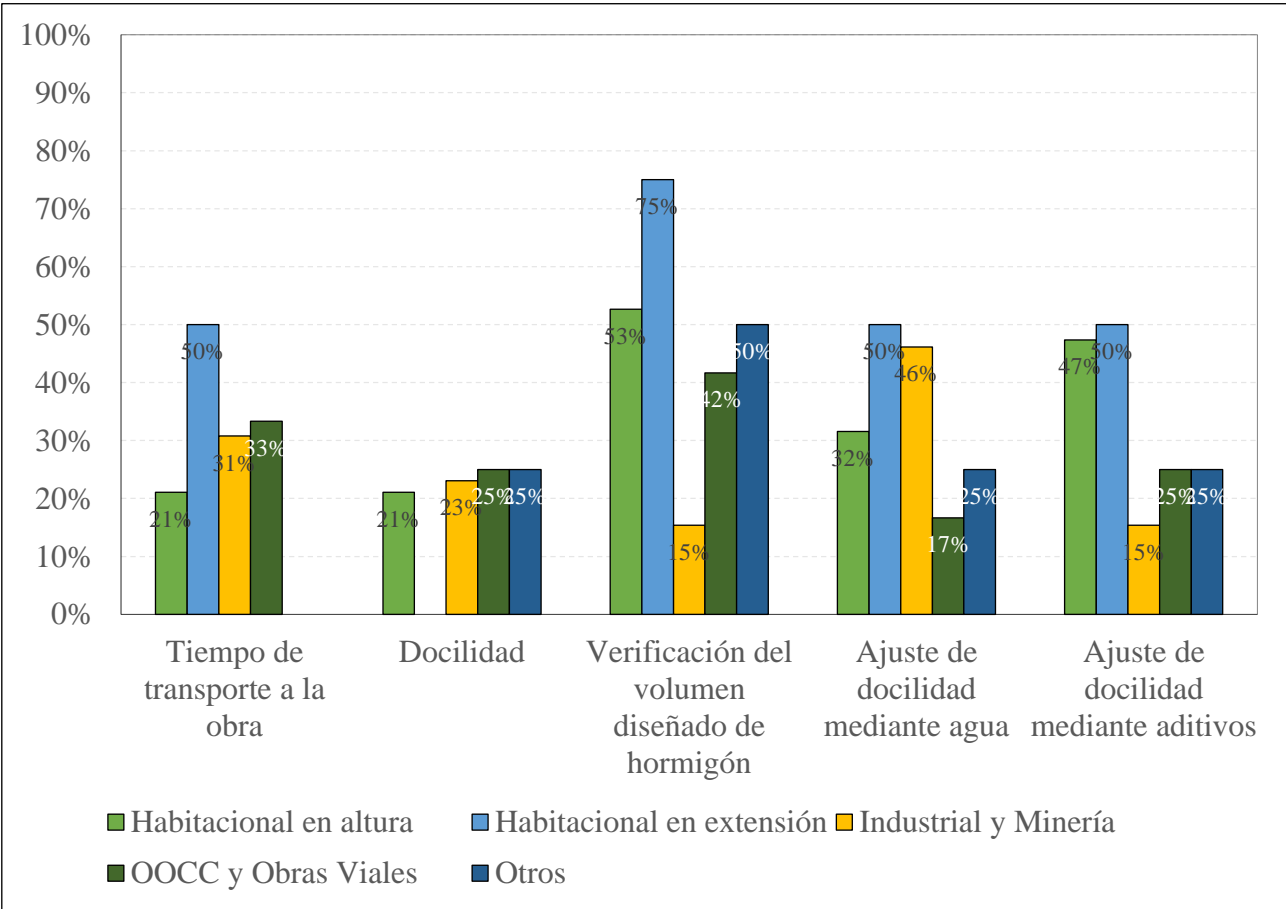


Figura 4.9: Indicadores asociados a la Recepción del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

De la Figura 4.9, es importante observar que los encuestados que responden haber obtenido más experiencia profesional en las labores de hormigonado en proyectos Habitacionales de extensión registran el mayor porcentaje de respuestas en los indicadores Tiempo de transporte a la obra, Verificación del volumen diseñado de hormigón, Ajuste de docilidad mediante agua y mediante aditivos, mientras que para el indicador Docilidad, no registran respuestas. De la misma

manera que para la Figura 4.8, el indicador Verificación de volumen diseñado de hormigón es el que registra el mayor porcentaje de respuestas para los proyectos más relevantes de los encuestados, salvo para proyectos Industriales y Mineros donde comparte el porcentaje más bajo de respuestas, 15%, al igual que para el indicador Ajuste de docilidad mediante aditivos.

2) Distribución del hormigón en obra

El hormigón debe ser distribuido rápidamente desde los equipos de transporte hasta su sitio de colocación mediante métodos que eviten su segregación o pérdida de materiales y aseguren la calidad requerida del concreto. Dicho lo anterior, se plantean los indicadores Tiempo de descarga al sitio de colocación y Mantenimiento del cono. En la Figura 4.10 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto a los indicadores de la calidad del hormigón recién mencionados.

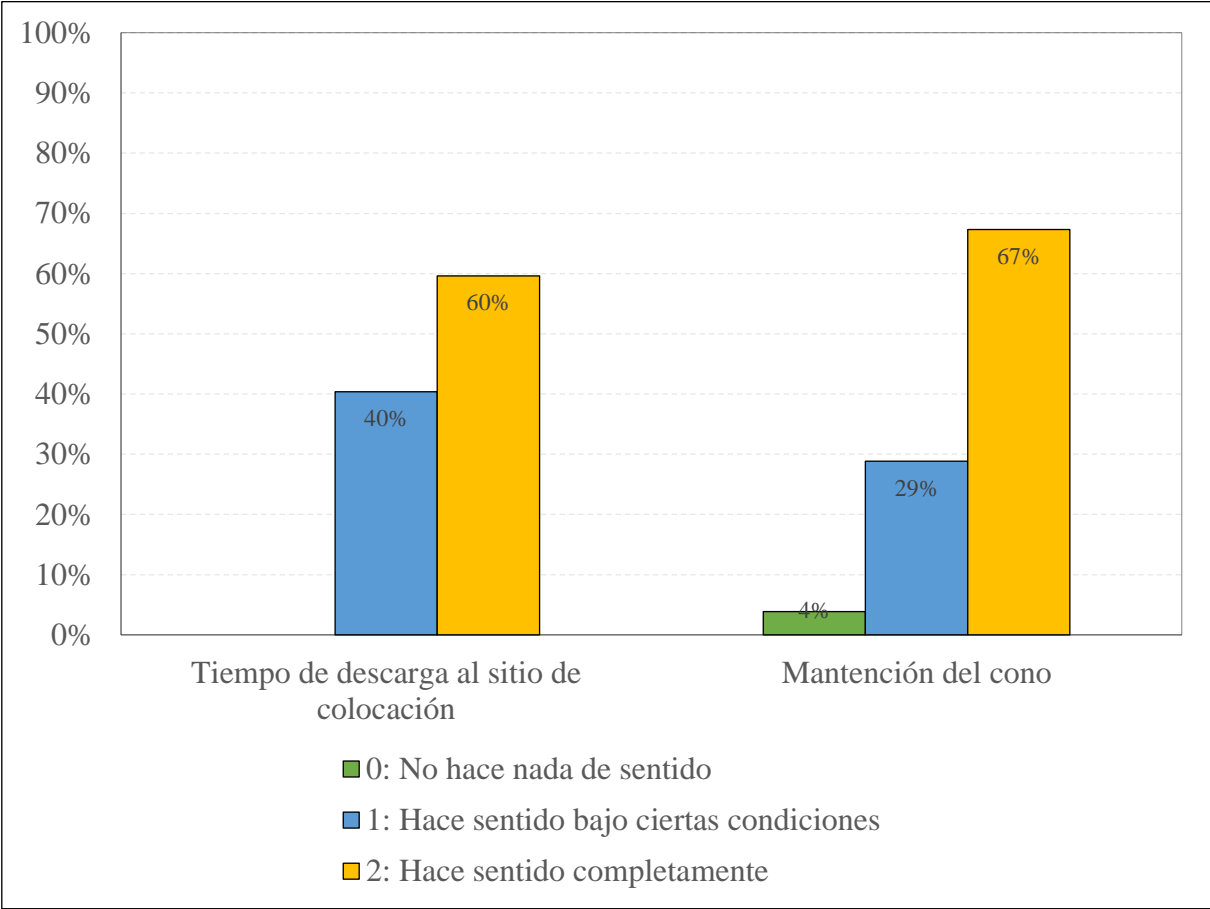


Figura 4.10: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Distribución del hormigón en obra

De la Figura 4.10 se observa que para los 2 indicadores se registra un 4% o menos de respuestas 0: No hace nada de sentido, es decir, para la gran mayoría de los encuestados resultan

conocidos o coherentes los indicadores presentados. A su vez, el indicador **Mantenimiento del cono** obtuvo un 96% de respuestas positivas para la suma de las respuestas 1: *Hace sentido bajo ciertas condiciones* y 2: *Hace sentido completamente*, mientras que el indicador **Tiempo de descarga al sitio de colocación** obtuvo un 100% de respuestas para la suma de ambas alternativas, lo que corrobora lo anteriormente expuesto y hace relación directamente con lo mostrado en la Figura 4.5 sobre el conocimiento preliminar de los encuestados acerca de los indicadores propuestos y en donde los indicadores pertenecientes a la etapa de **Distribución del hormigón en obra** resultaron ser los segundos más conocidos por los encuestados. Dicho lo anterior, los 2 indicadores propuestos para la etapa de **Distribución del hormigón en obra** quedan validados.

Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de **Distribución del hormigón en obra** es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.11 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: *Hace sentido bajo ciertas condiciones* según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

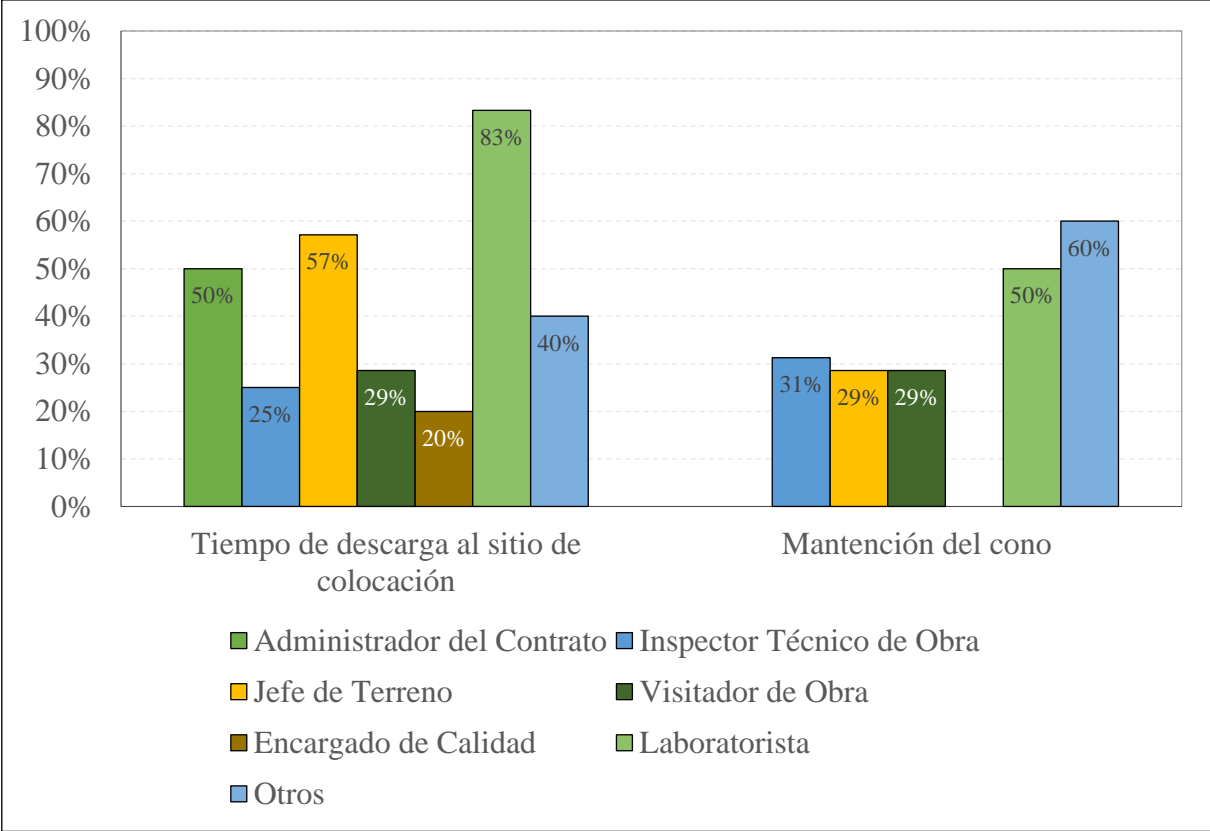


Figura 4.11: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra según cargo de mayor experiencia de los encuestados

De la Figura 4.11 se observa que los Laboratoristas registran el mayor porcentaje de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para el indicador Tiempo de descarga al sitio de colocación con un 83% y registran el segundo porcentaje más alto de respuestas para el indicador Mantenimiento del cono con un 50% de su total. Por otra parte, los Encargados de calidad registran el menor porcentaje de respuestas para ambos indicadores, 20% de su total para el primer indicador y ninguna respuestas para el segundo indicador. Por último, se observa que los Administradores de contrato tampoco registran respuestas para el indicador Mantenimiento del cono.

### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Distribución del hormigón en obra es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.12 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

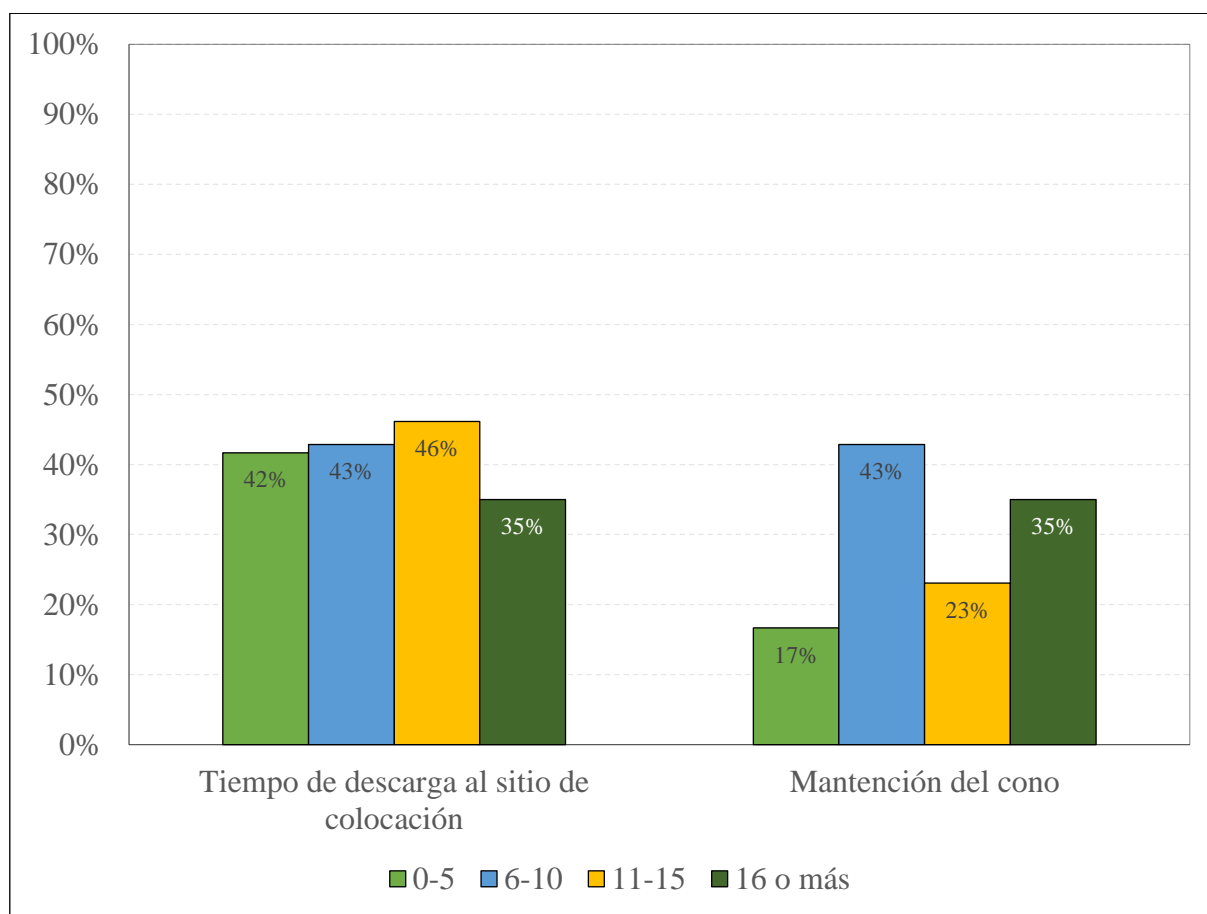


Figura 4.12: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra según los años de experiencia de los encuestados

De la Figura 4.12 se observa que los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia presentan un 43% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para ambos indicadores, el segundo mayor porcentaje de su total de respuestas para el indicador Tiempo de descarga al sitio de colocación y el mayor porcentaje para el indicador Mantenimiento del cono. También es importante observar que el indicador Tiempo de descarga al sitio de colocación presenta más de un 35% de respuestas para todos los años de experiencia encuestados.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Distribución del hormigón en obra es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.13 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

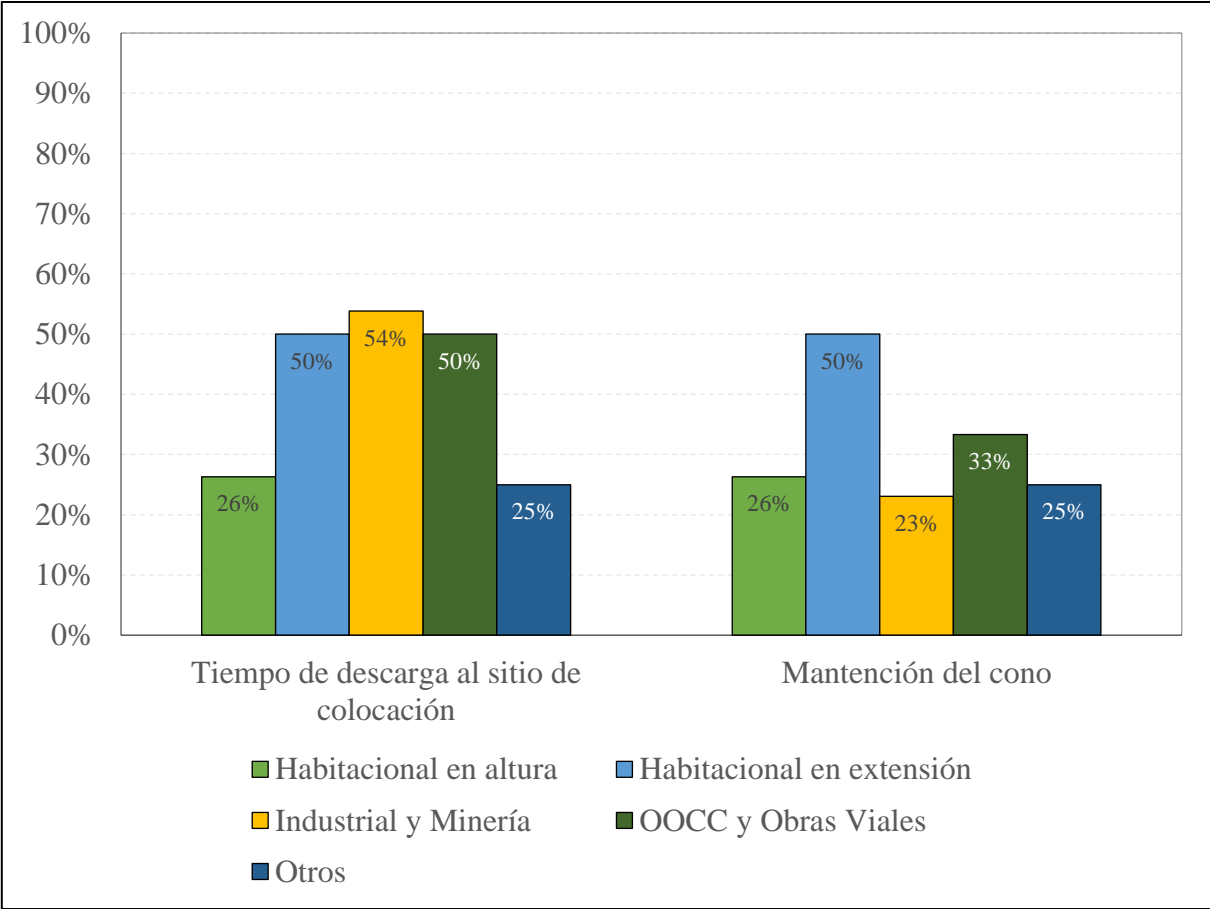


Figura 4.13: Indicadores asociados a la Distribución del hormigón en obra colocación según los proyectos más relevantes de los encuestados

En primer lugar, de la Figura 4.13 es importante observar que para todos los proyectos en donde los encuestados dicen haber obtenido mayor experiencia en el proceso de hormigonado, se presentan al menos un 23% de respuestas de su total para los indicadores asociados a la etapa Distribución del hormigón en obra. Para el indicador Tiempo de descarga al sitio de colocación los proyectos Industriales y Mineros presentan el porcentaje más alto de respuestas, con un 54% de su total, mientras que para el indicador Mantenimiento del cono los proyectos Habitacionales en extensión presentan el porcentaje más alto de respuestas con un 50% de su total.

### 3) Colocación del hormigón

La colocación del hormigón se debe realizar mediante métodos que mantengan el hormigón uniforme y libre de imperfecciones, evitando la segregación y la formación de áreas porosas y alveoladas, además de evitar el desplazamiento de moldajes y enfierraduras, garantizando así una correcta adherencia entre capas. Dicho lo anterior, se plantean los indicadores Temperatura del hormigón en su colocación, Altura de vaciado y % de Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales y Espesor de las capas de hormigonado. En la Figura 4.14 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto a los indicadores de la calidad del hormigón recién mencionados.

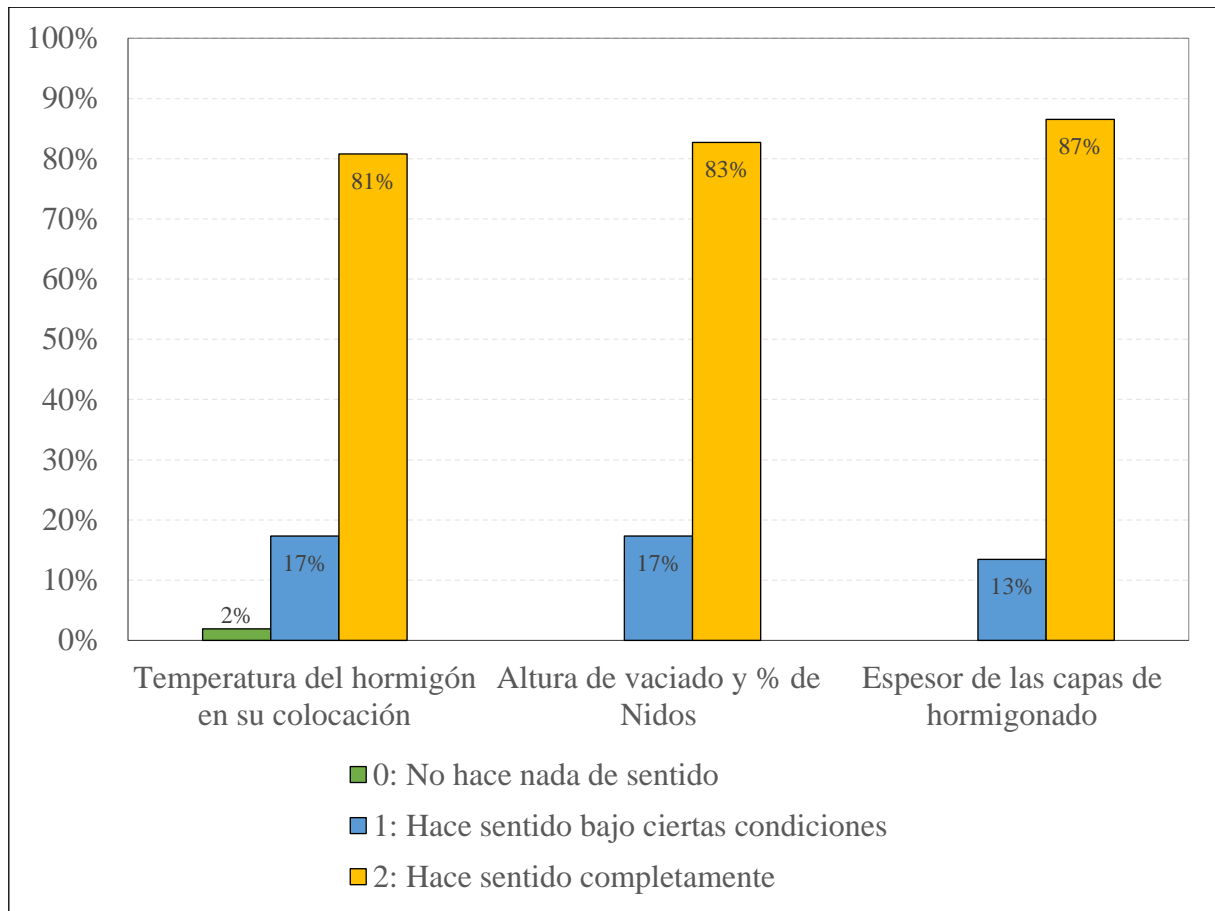


Figura 4.14: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Colocación del hormigón

De la Figura 4.14 se observa que para 2 de los indicadores no se registran respuestas 0: No hace nada de sentido, mientras que para el indicador Temperatura del hormigón en su colocación solo se registra un 2% para dicha opción, es decir, casi la totalidad de los encuestados considera que los indicadores son coherentes o conocidos. A su vez, todos los indicadores presentan al menos un 98% de respuestas positivas para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, lo que corrobora lo anteriormente expuesto y hace relación directa con lo expuesto en la Figura 4.5 sobre el conocimiento preliminar de los encuestados sobre los indicadores propuestos y en donde los indicadores pertenecientes a la etapa de Colocación del hormigón resultaron estar entre lo más reconocidos. Dicho lo anterior, los 3 indicadores propuestos para la etapa de Colocación del hormigón quedan validados.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.15 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido



bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

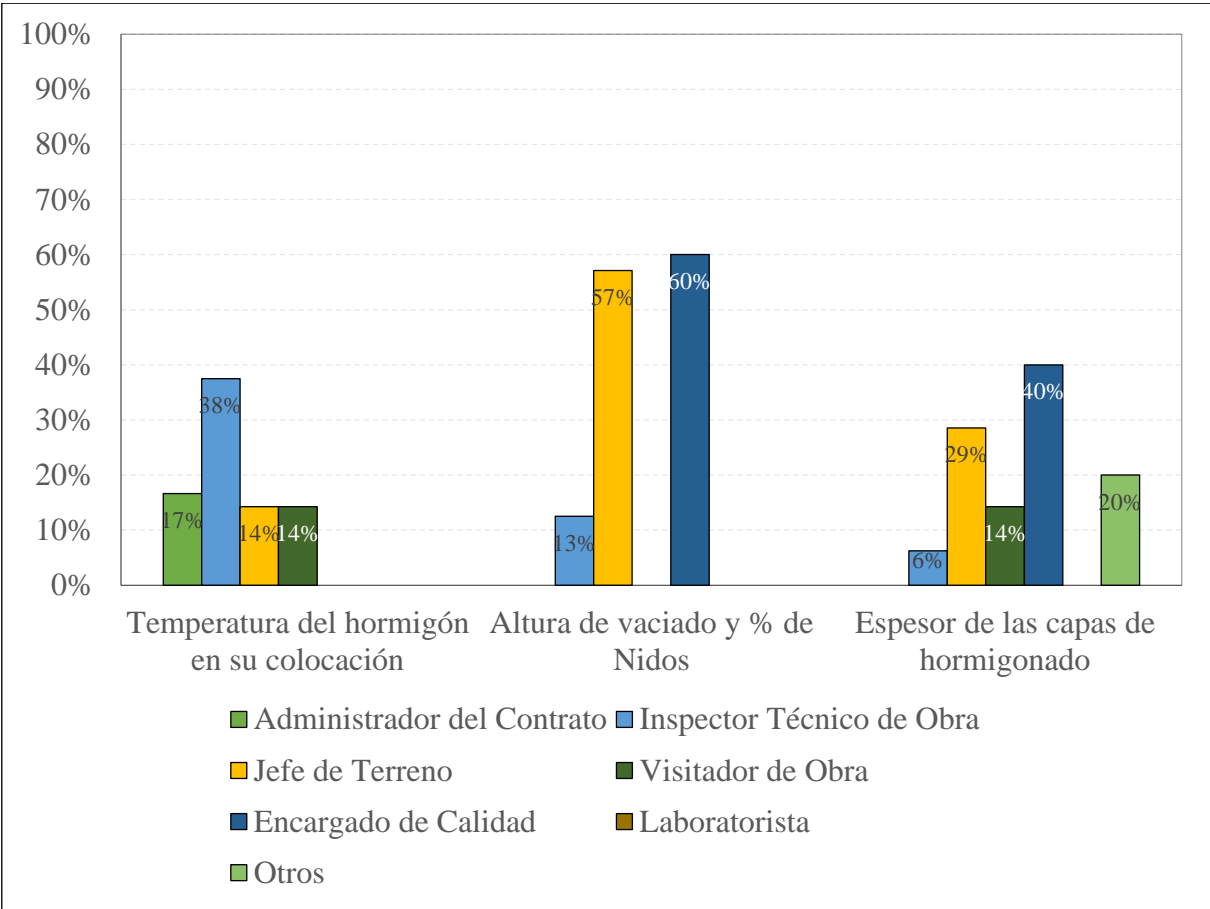


Figura 4.15: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados

En primer lugar, es notable observar que para los 3 indicadores se registran cargos sin respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. El indicador Temperatura del hormigón en su colocación no registra respuestas por parte de Encargados de Calidad, Laboratoristas y Otros, para el indicador Altura de vaciado y % de Nidos no se registran respuestas para Administradores del Contrato, Visitadores de Obra, Laboratoristas y Otros y para el indicador Espesor de las capas de hormigonado no se registran respuestas para Administradores del Contrato y Laboratoristas. Por otra parte, los Encargados de Calidad registran el porcentaje más alto de respuestas para los indicadores Altura de vaciado y % de Nidos y Espesor de las capas de hormigonado, con un 60% y 40% de su total respectivamente, mientras que los Inspectores Técnicos de Obra registran el porcentaje más alto de respuestas para el indicador Temperatura del hormigón en su colocación con un 38% de su total.

Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.16 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

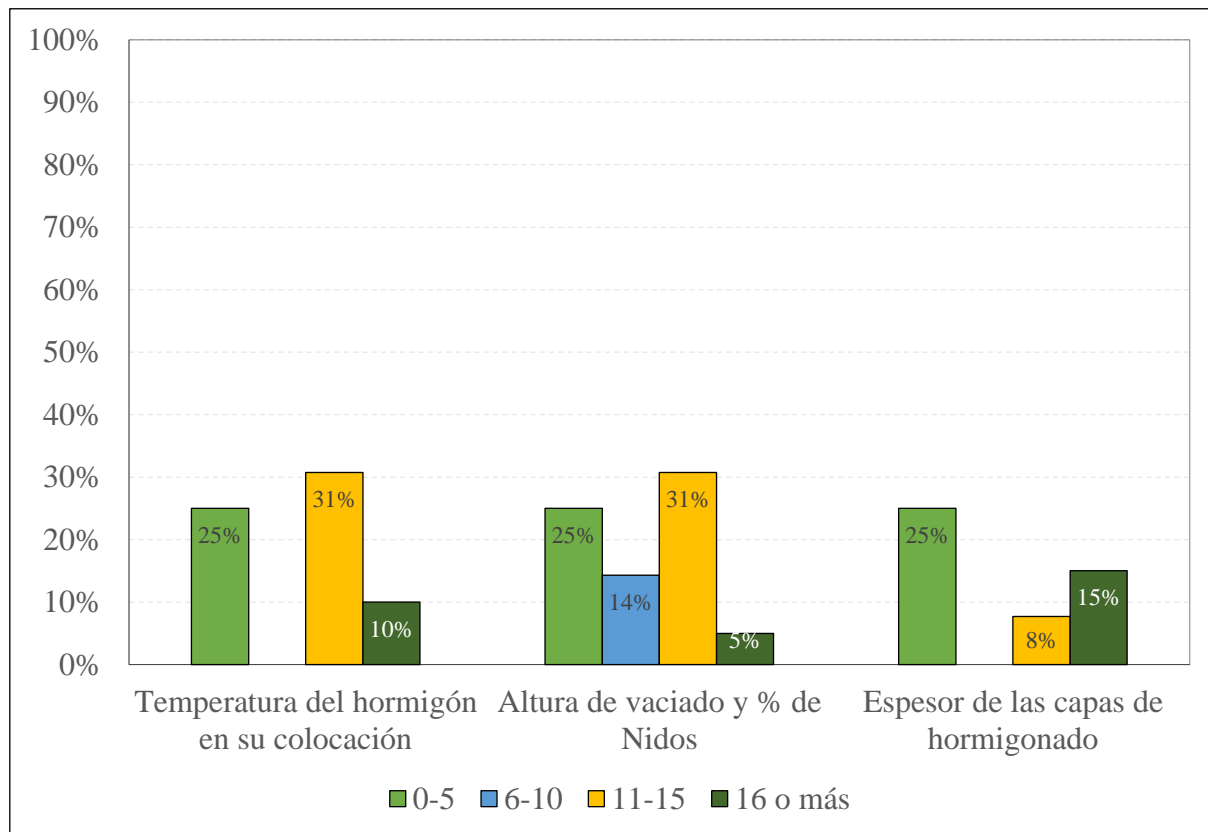


Figura 4.16: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para los indicadores Temperatura del hormigón en su colocación y Espesor de las capas de hormigonado no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones por parte de los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia profesional. Además, se observa que para los indicadores Temperatura del hormigón en su colocación y Altura de vaciado y % de Nidos el porcentaje más alto de respuestas corresponde a los encuestados que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia con un 31% de su total para ambos indicadores, mientras que para el indicador Espesor de las capas de hormigonado el porcentaje más alto de respuestas corresponde a los encuestados que dicen tener entre 0 y 5 años de experiencia profesional con un 25% de su total.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.17 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

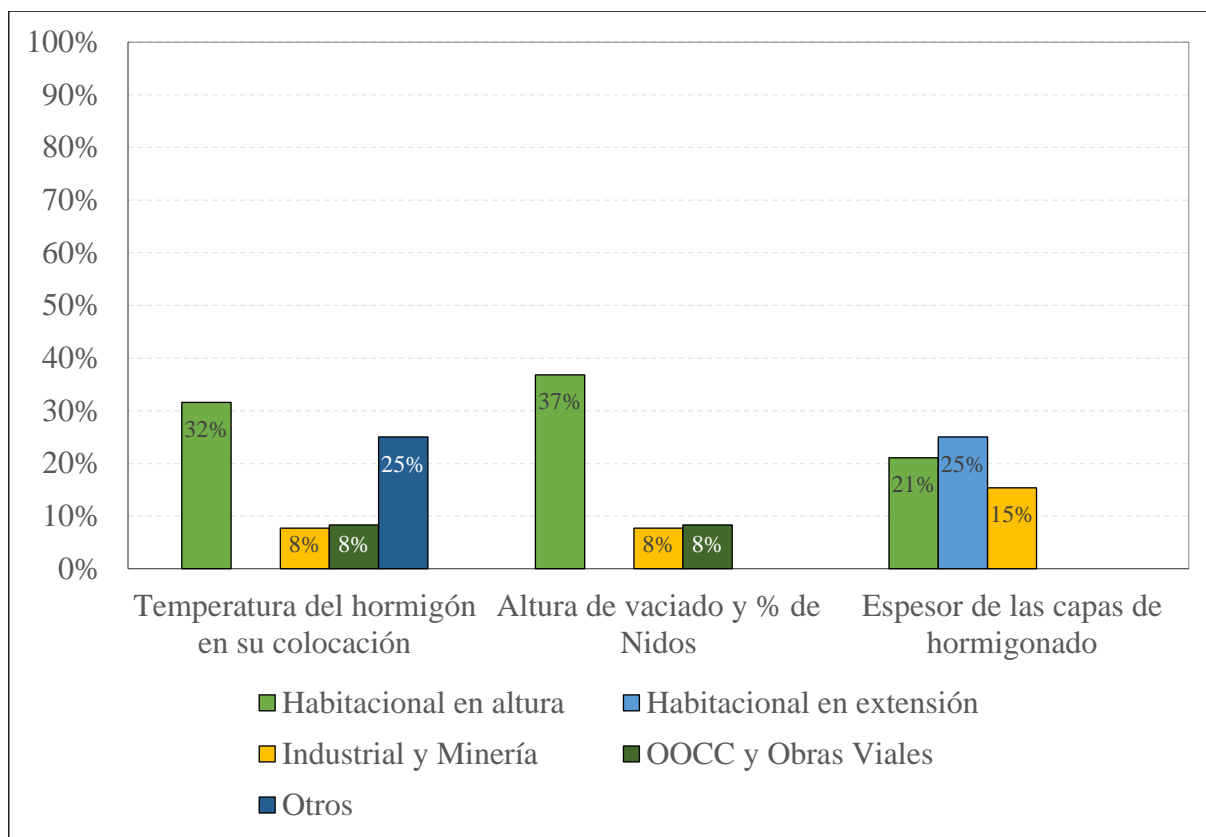


Figura 4.17: Indicadores asociados a la Colocación del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

Lo primero a observar es que para los 3 indicadores propuestos para la etapa de Colocación del hormigón los proyectos Habitacionales en altura presentan un porcentaje elevado de respuestas, siendo estos porcentajes los mayores para los indicadores Temperatura del hormigón en su colocación con un 32% del total de sus respuestas y para el indicador Altura de vaciado y % de Nidos con un 37% de su total, mientras que representan el segundo mayor porcentaje para el indicador Espesor de las capas de hormigonado con un 21% de su total. Otro aspecto importante a observar es que para los 3 indicadores existen proyectos que no registran respuestas: para el indicador Temperatura del hormigón en su colocación los proyectos Habitacionales en extensión no registran respuestas, para el indicador Altura de vaciado y % de Nidos los proyectos Habitacionales en extensión y Otros no tienen respuestas, mientras que para el indicador Espesor de las capas de hormigonado las Obras Civiles y Viales y Otros no registran respuestas. Por último, es notable observar que el indicador Altura de vaciado y % de Nidos, salvo para los proyectos

Habitacionales en altura, tienen menos de 8% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones.

4) Compactación del hormigón

Como establece la Norma Chilena NCh170:2016, la compactación del hormigón se debe realizar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se obtenga la máxima compactación eliminando el exceso de aire atrapado, asegurando que las armaduras queden completamente embebidas en el hormigón y se logre la terminación superficial requerida. Dicho lo anterior, se plantean los indicadores Distanciamiento de las inserciones y Rendimiento del vibrado. En la Figura 4.18 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto a los indicadores de la calidad del hormigón recién mencionados.

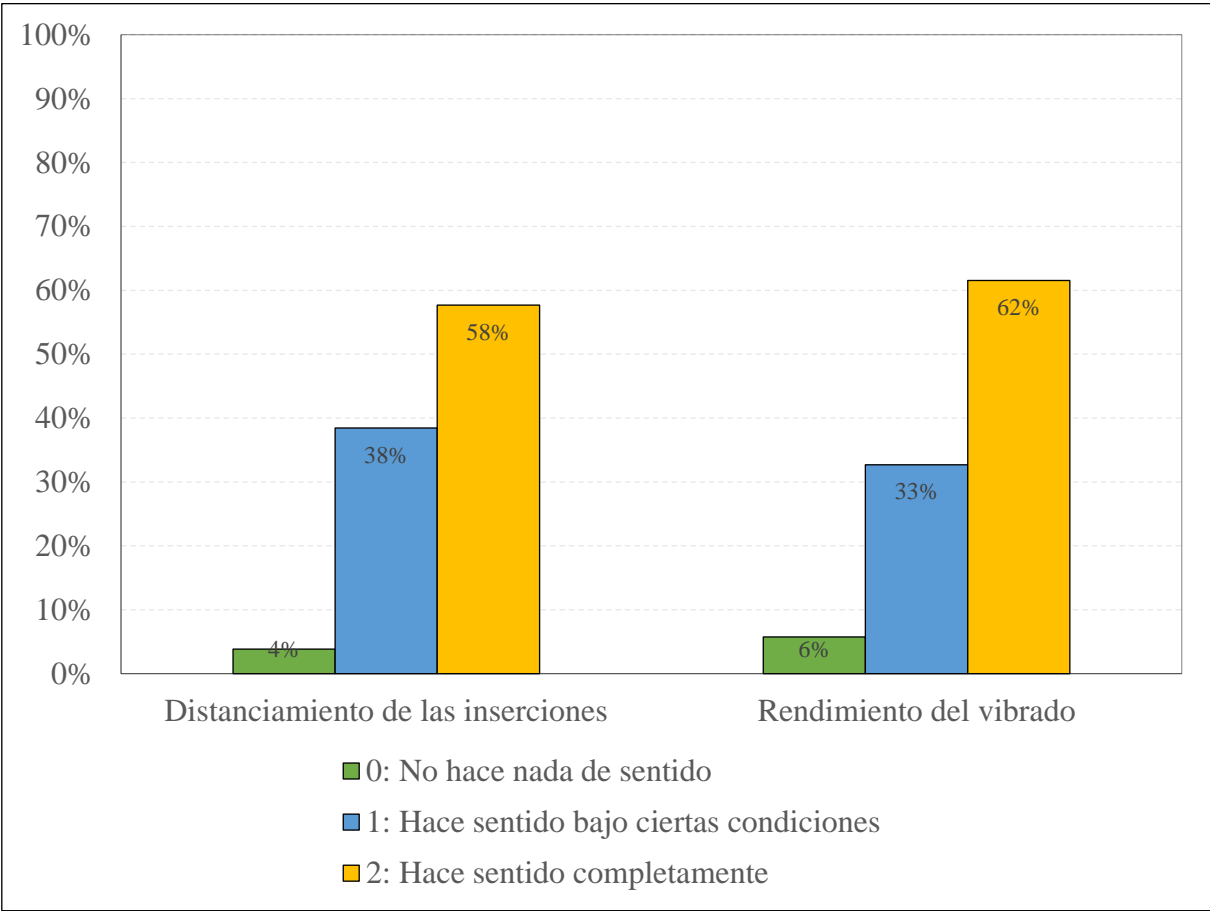


Figura 4.18: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Compactación del hormigón

De la Figura 4.18 se observa que para ambos indicadores se registra menos de un 6% de respuesta 0: No hace nada de sentido, es decir, para la gran mayoría de los encuestados los

indicadores resultan conocidos y coherentes. A su vez, ambos indicadores presentan al menos un 94% de respuestas positivas para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, lo que corrobora lo anteriormente expuesto. Dicho lo anterior, los 2 indicadores propuestos para la etapa de Compactación del hormigón quedan validados.

Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Compactación del hormigón es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.19 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

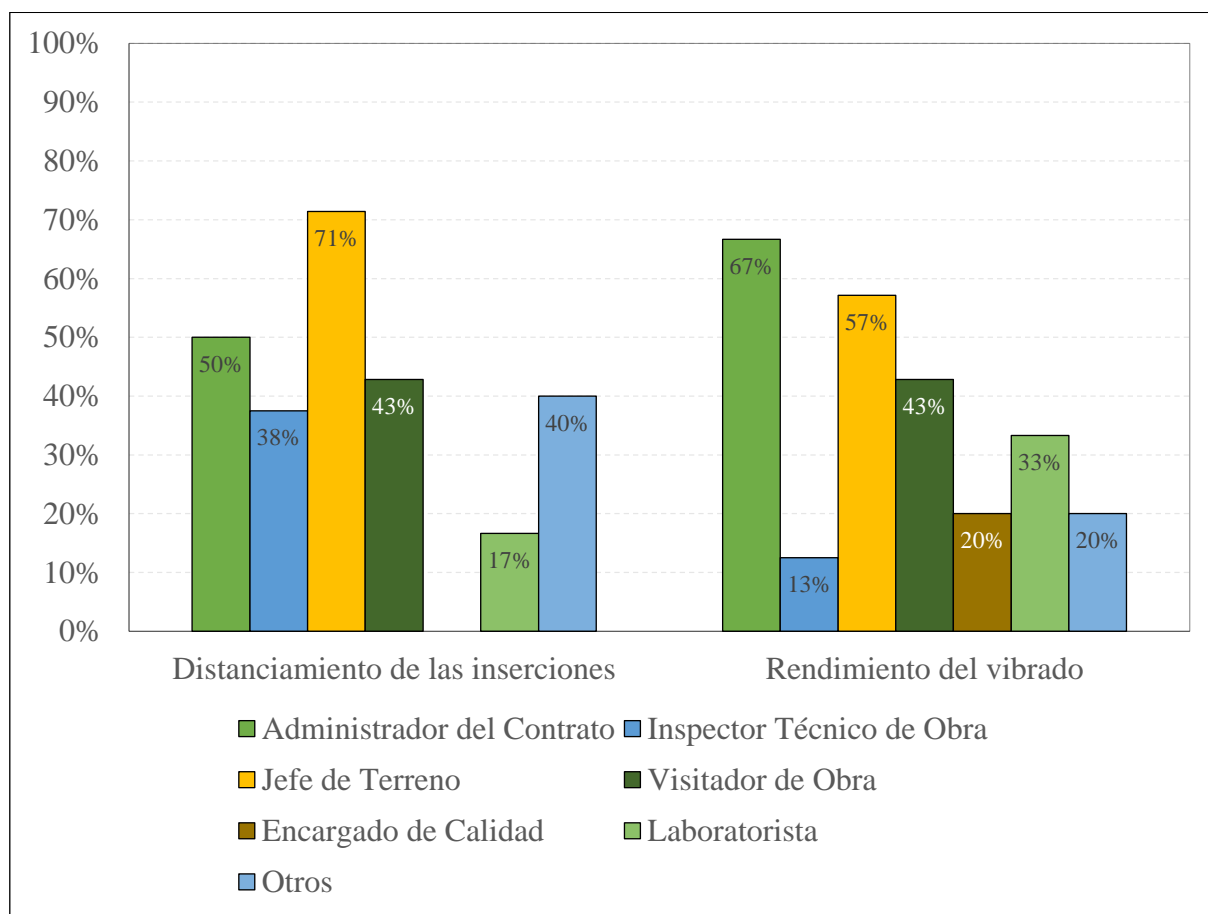


Figura 4.19: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados

En primer lugar, es importante observar que para ambos indicadores se presenta un porcentaje alto de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para todos los cargos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia profesional, salvo para el

indicador Distanciamiento de las inserciones donde los Encargados de Calidad no registran respuestas. Para el mismo indicador, el porcentaje más alto de respuestas corresponde a los Jefes de Terreno, con un 71% de su total, mientras que para el indicador Rendimiento del vibrado el mayor porcentaje se registra por parte de los Administradores del Contrato con un 67% de su total, seguido por los Jefes de Terreno con un 57% de su total.

Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Compactación del hormigón es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.20 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

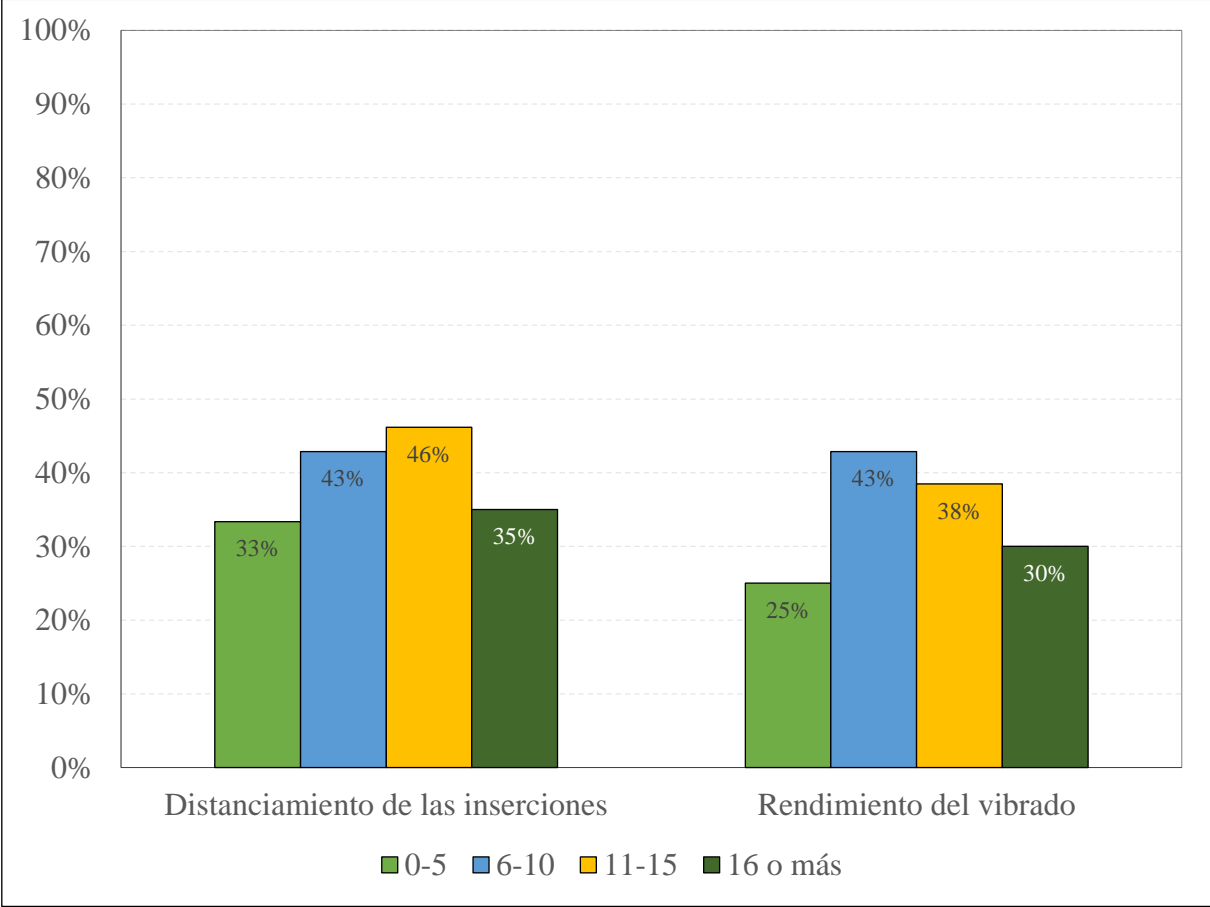


Figura 4.20: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para ambos indicadores se presentan, al menos, un 25% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para todos los rangos de experiencia encuestados, es decir, independiente de la experiencia de los entrevistados existen condiciones

adicionales para que los indicadores propuestos sean totalmente válidos. Para el indicador Distanciamiento de las inserciones el mayor porcentaje de respuestas se registra por parte de los profesionales que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia profesional con un 46% de su total, mientras que para el indicador Rendimiento del vibrado el mayor porcentaje de respuestas se registra por parte de los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia con un 43% de su total.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Compactación del hormigón es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.21 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

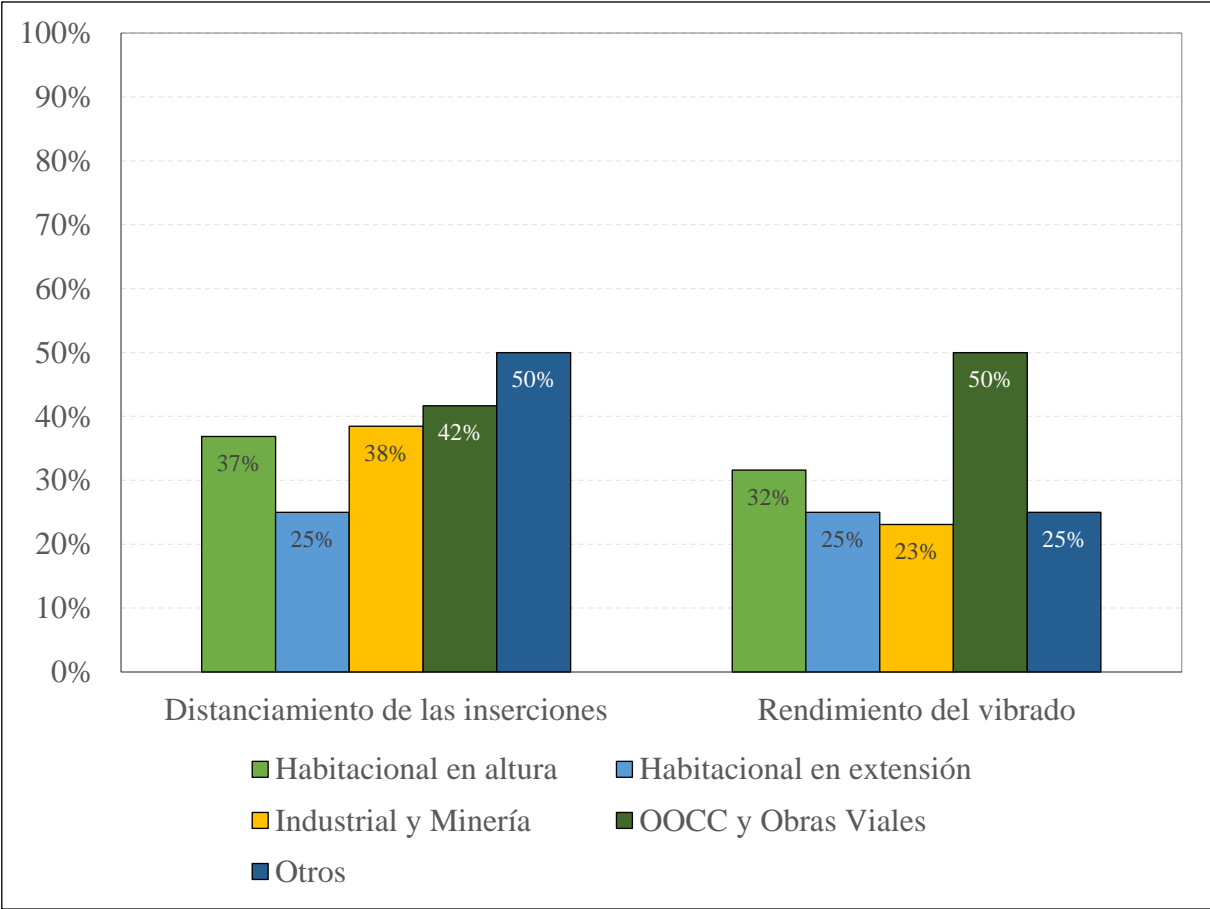


Figura 4.21: Indicadores asociados a la Compactación del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

De la Figura 4.21 se observa que para ambos indicadores correspondientes al proceso de Compactación del hormigón se registran respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para todos los proyectos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en el proceso de hormigonado. Para el indicador Distanciamiento de las inserciones, el mayor porcentaje de respuestas se registra en Otros con un 50% de su total, seguido por las Obras Civiles y Viales con un 42% de su total. Por último, para el indicador Rendimiento del vibrado el mayor porcentaje de respuestas se presenta en las Obras Civiles y Viales con un 50% de su total.

### 5) Curado y Protección del hormigón

El curado corresponde al proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado, de modo que pueda desarrollar sus propiedades, por el periodo de tiempo que se requiera. La protección del hormigón tiene como propósito evitar que el hormigón, a temprana edad, se encuentre expuesto a acciones externas que puedan afectar sus propiedades. Dicho lo anterior, se plantean los indicadores Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración, Temperatura del hormigón a las 24 horas, Resistencia real estimada del hormigón y Resistencia potencial del hormigón. En la Figura 4.22 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto a los indicadores de la calidad del hormigón recién mencionados.

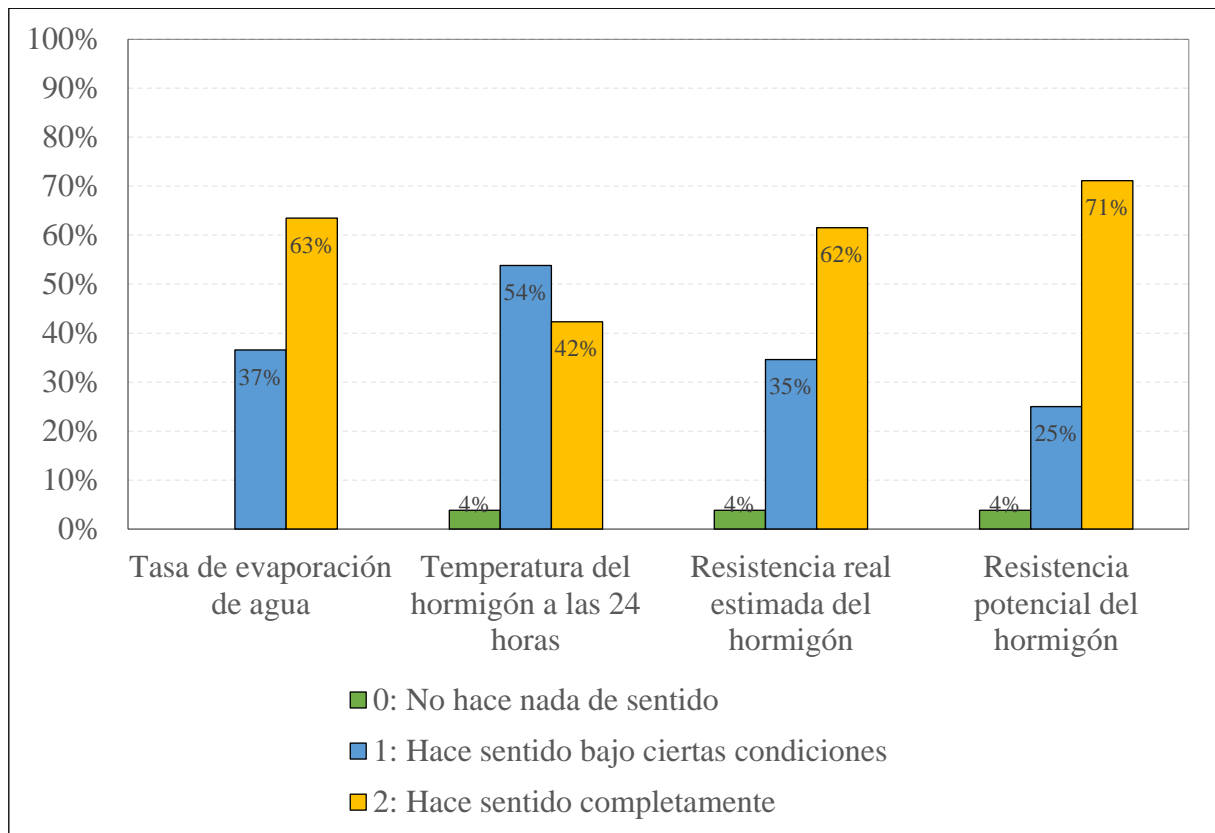


Figura 4.22: Percepción de los encuestados sobre los indicadores de la calidad del hormigón pertenecientes a la etapa de Curado y Protección del hormigón



De la Figura 4.22 se observa que los 4 indicadores pertenecientes a la etapa de Curado y Protección del hormigón registran menos de un 4% de respuestas 0: No hace nada de sentido, es decir, los indicadores presentados resultan conocidos y coherentes para la gran mayoría de los encuestados. Además, en línea con lo anterior, todos los indicadores presentan un 96% o más para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, reafirmando lo anteriormente expuesto. Por último, se observa que el indicador Temperatura del hormigón a las 24 horas presenta un 54% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones, porcentaje superior al 42% de respuestas 2: Hace sentido completamente, es decir, a la mayoría de los entrevistados les hace sentido el indicador, pero bajo condiciones adicionales. Dicho lo anterior, los 4 indicadores propuestos para la etapa de Curado y Protección del hormigón quedan validados.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Curado y Protección del hormigón es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.23 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

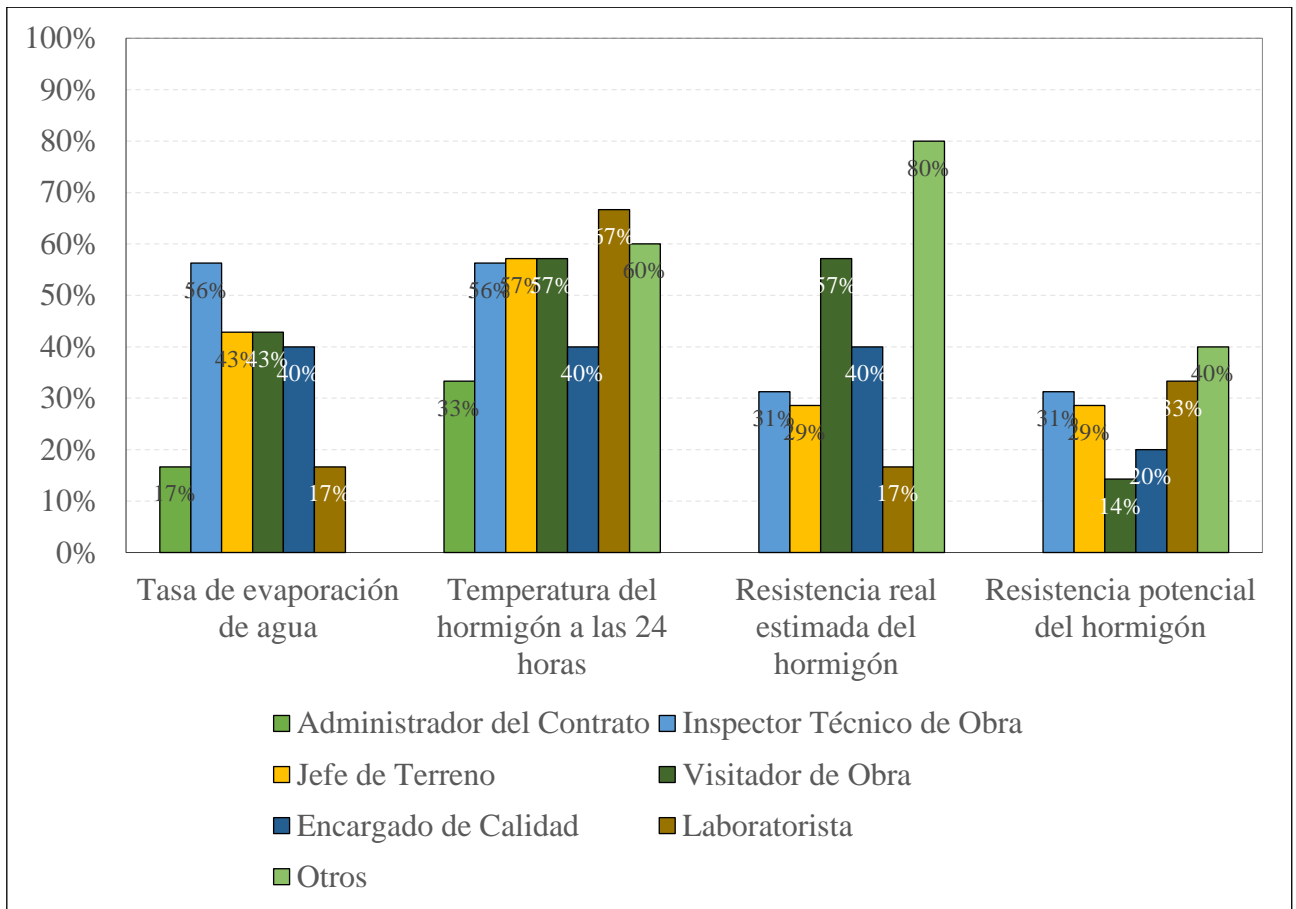


Figura 4.23: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para el indicador Tasa de evaporación de agua no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones por parte de los cargos Otros. Además, para los indicadores Resistencia real estimada del hormigón y Resistencia potencial del hormigón no se registran respuestas por parte de los Administradores del Contrato. También es notable observar que para el indicador Temperatura del hormigón a las 24 horas se registra un alto porcentaje de respuestas para todos los cargos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en las labores de hormigonado, siendo los Administradores del Contrato, con un 33% de su total, los que presentan el porcentaje más bajo de respuestas. Por último, se observa que los Inspectores Técnicos de Obra presentan un alto porcentaje de respuestas para todos los indicadores presentados para la etapa de hormigonado en cuestión, siendo los indicadores Resistencia real estimada del hormigón y Resistencia potencial del hormigón los que presentan el porcentaje más bajo de respuestas con un 31% de su total.

#### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Curado y Protección del hormigón es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.24 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

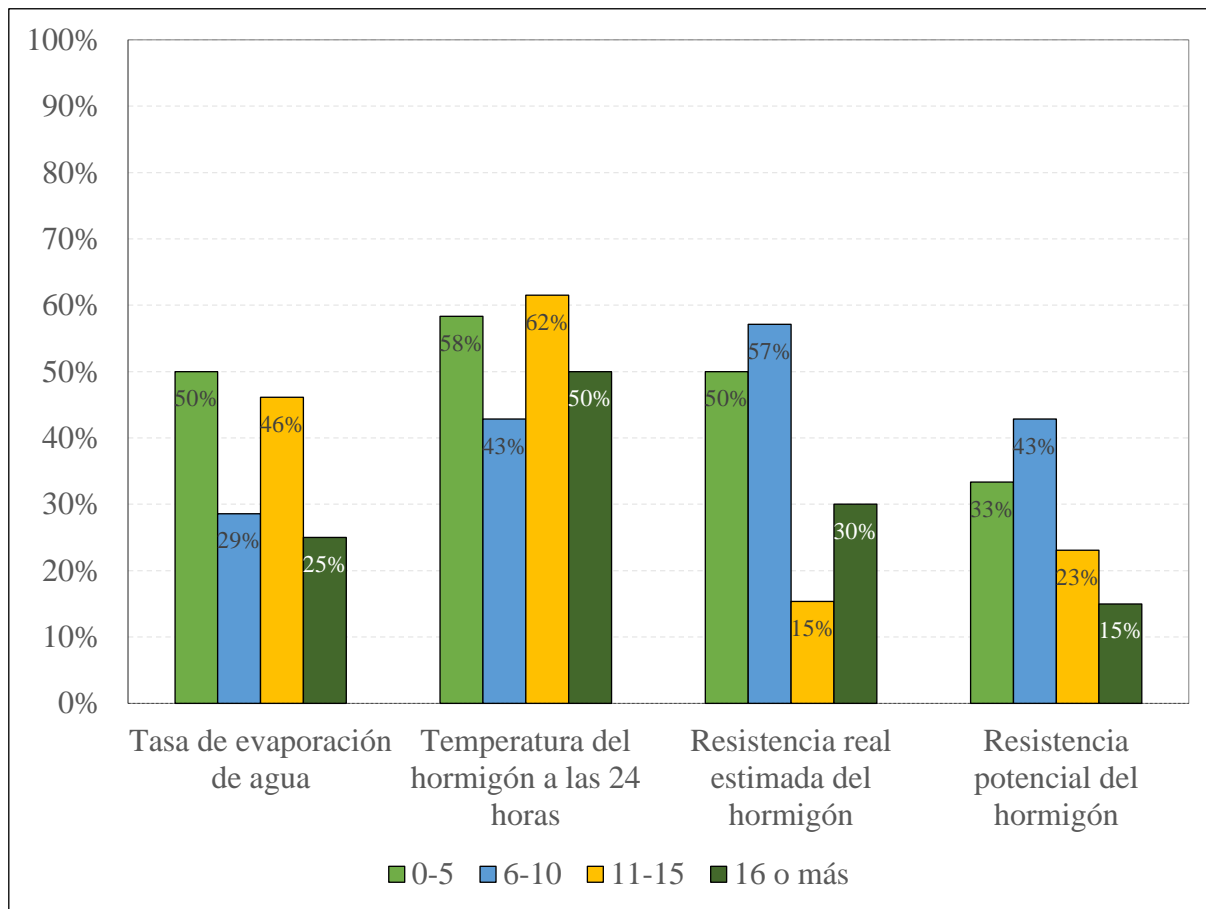


Figura 4.24: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que, tal y como ocurre para la otra variable ya analizada, el indicador Temperatura del hormigón a las 24 horas es el que presenta el mayor porcentaje de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones por parte de los encuestados que dicen tener entre 0 y 5 años de experiencia profesional, con un 58% de su total, también por parte de los encuestados que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia, con un 62% de su total y por parte de los encuestados que dicen tener 16 o más años de experiencia, con un 50% de su total. También se observa que los encuestados que dicen tener entre 0 y 5 años de experiencia profesional presentan un 50% o más de respuestas para los 3 primeros indicadores presentados, mientras que para el indicador Resistencia potencial del hormigón presentan un 33% del total de sus respuestas.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Curado y Protección del hormigón es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.25 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

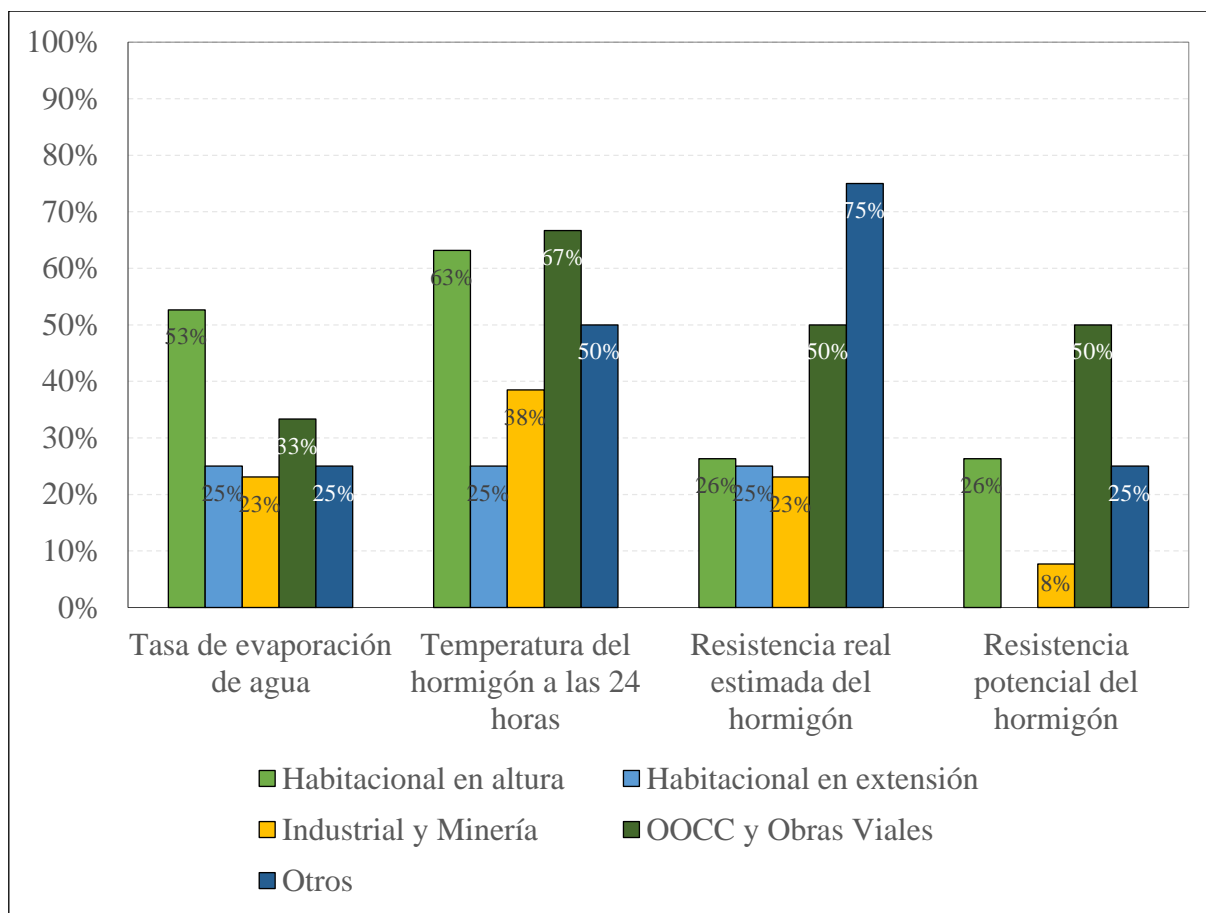


Figura 4.25: Indicadores asociados al Curado y Protección del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

En primer lugar, se observa que, tal y como ocurre para las otras 2 variables ya analizadas, el indicador Temperatura del hormigón a las 24 horas presenta un alto porcentaje de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para todos los proyectos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en las labores de hormigonado, representando el porcentaje más alto para todos los cargos, excepto para Otros donde registra un elevado 50% del total de sus respuestas. También se observa que los proyectos Habitacionales en extensión no presentan respuestas para el indicador Resistencia potencial del hormigón y para los otros 3 indicadores propuestos, presentan un 25% o menos de respuestas de su total.

## 6) Desmolde y Descimbre

Según la Norma Chilena NCh170:2016, el desmolde corresponde al proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón, mientras que el descimbre corresponde al proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón. El inicio del desmolde y descimbre depende de las resistencias que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales. Dicho lo anterior, se plantea el indicador Resistencia real estimada del hormigón. En la Figura 4.26 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto al indicador de la calidad del hormigón recién mencionado.

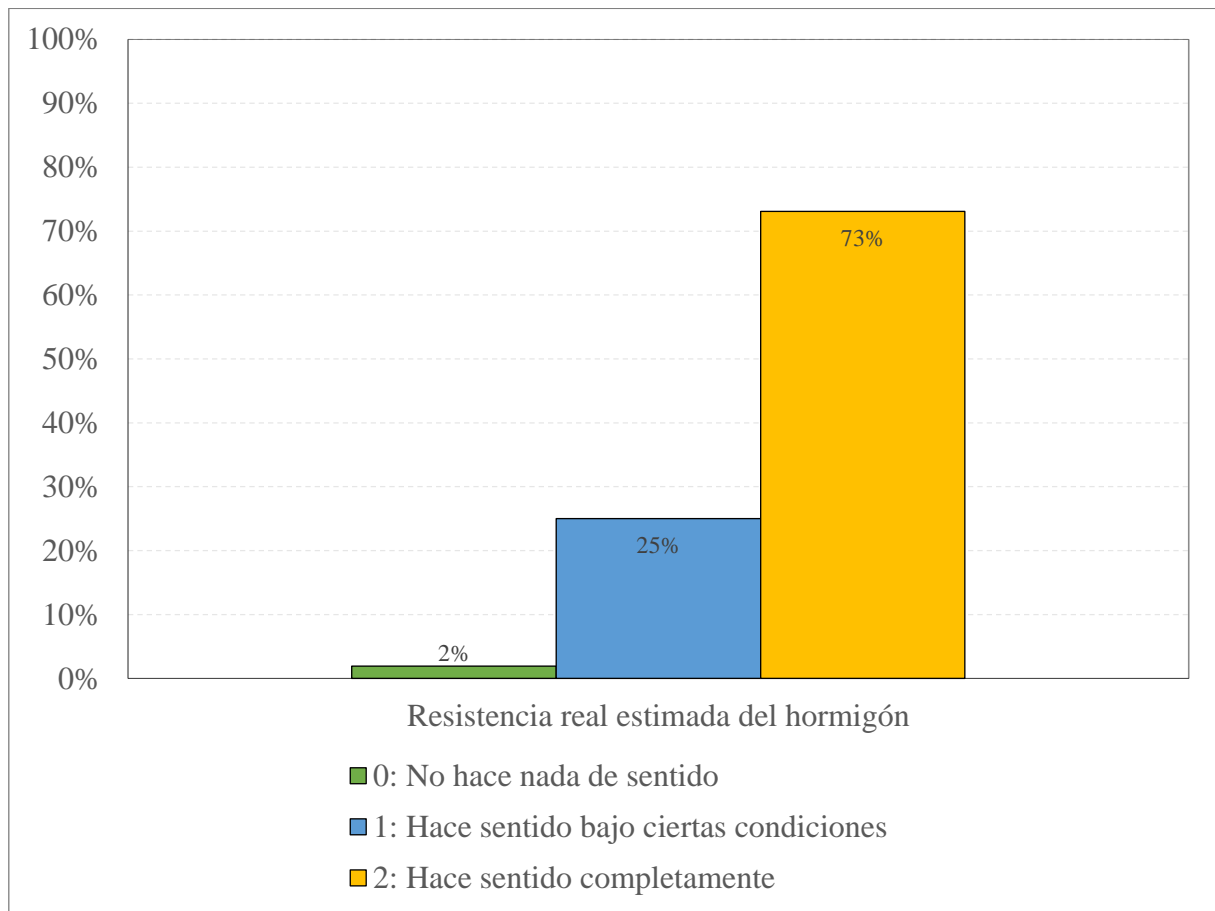


Figura 4.26: Percepción de los encuestados sobre el indicador de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Desmolde y Descimbre

De la Figura 4.26 se observa que el indicador Resistencia real estimada del hormigón presenta un 98% para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, es decir, el indicador presentado resulta conocido y coherentes para la gran mayoría de los encuestados. Dicho lo anterior, el indicador propuesto para la etapa de Desmolde y Descimbre queda validado.

### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Desmolde y Descimbre es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.27 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

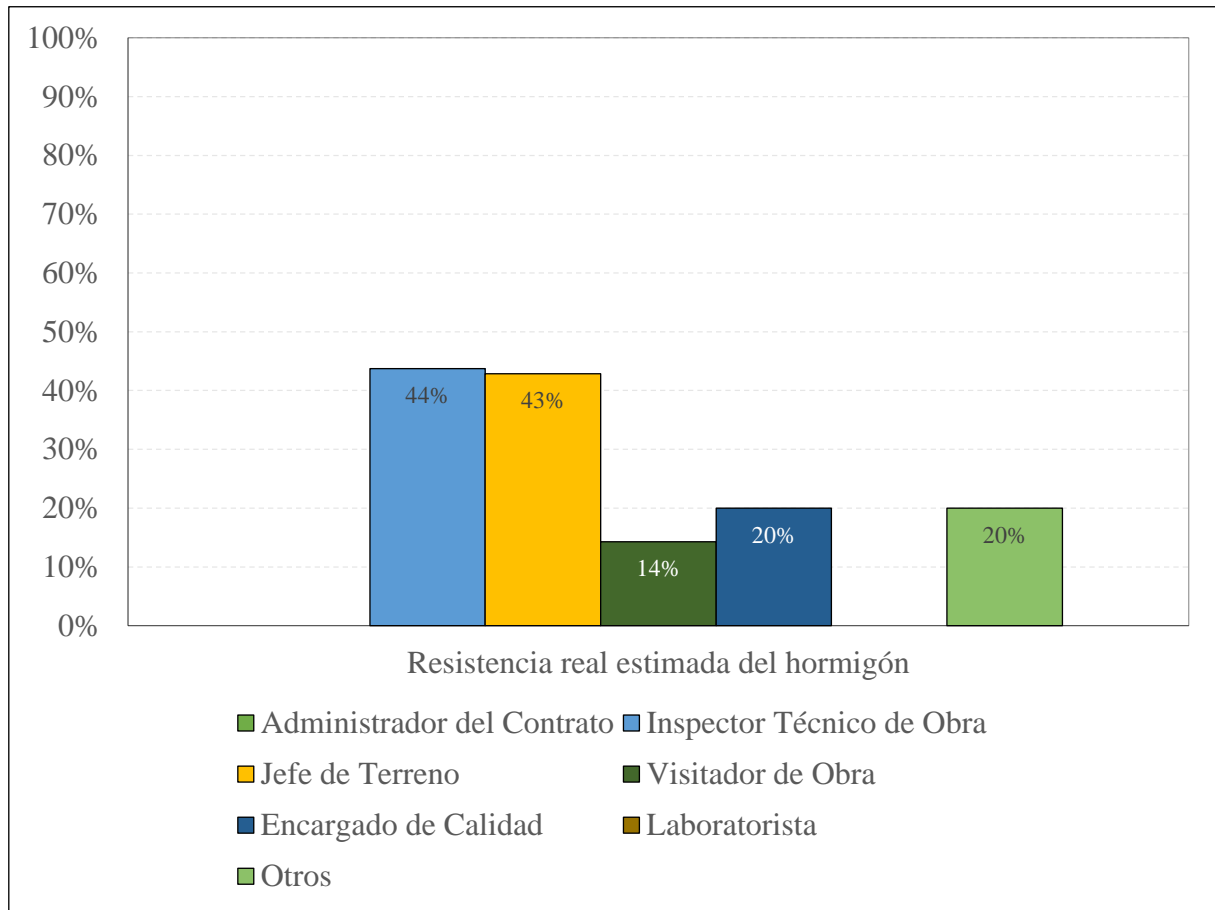


Figura 4.27: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre según cargo de mayor experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones por parte de Administradores del Contrato y Laboratoristas. Por otra parte, el porcentaje más alto de respuestas pertenece a los Inspectores Técnicos de Obra, con un 44% de su total, seguido por los Jefes de Terreno, con un 43% de su total.

### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Desmolde y Descimbre es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.28 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

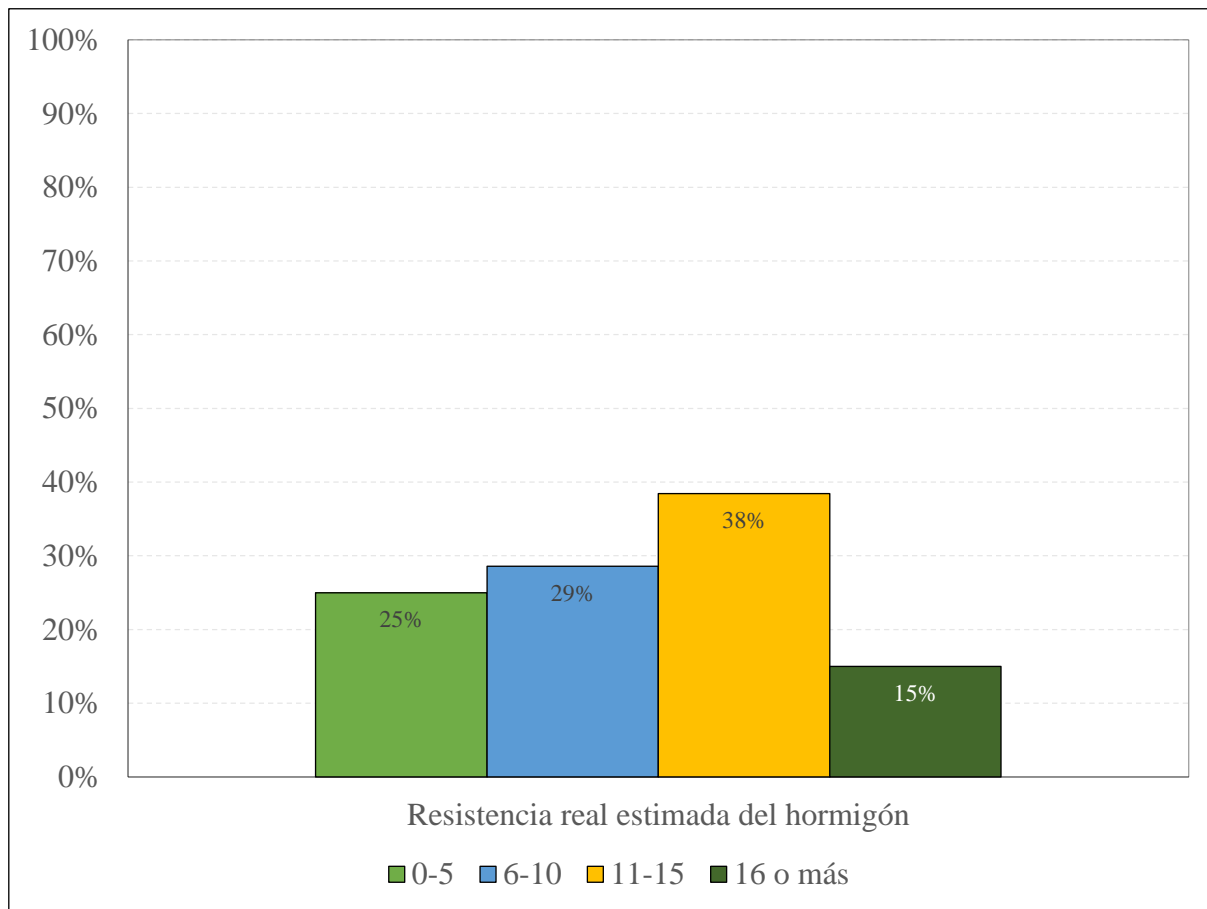


Figura 4.28: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para el indicador en cuestión se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para todos los años de experiencia encuestados. Además, se observa que el menor porcentaje de respuestas corresponde a los profesionales que dicen tener 16 o más años de experiencia, con un 15% de su total, mientras que el mayor porcentaje de respuestas corresponde a los profesionales que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia profesional con un 38% de su total.

#### Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Desmolde y Descimbre es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de

hormigonado. En la Figura 4.29 que se presenta a continuación, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

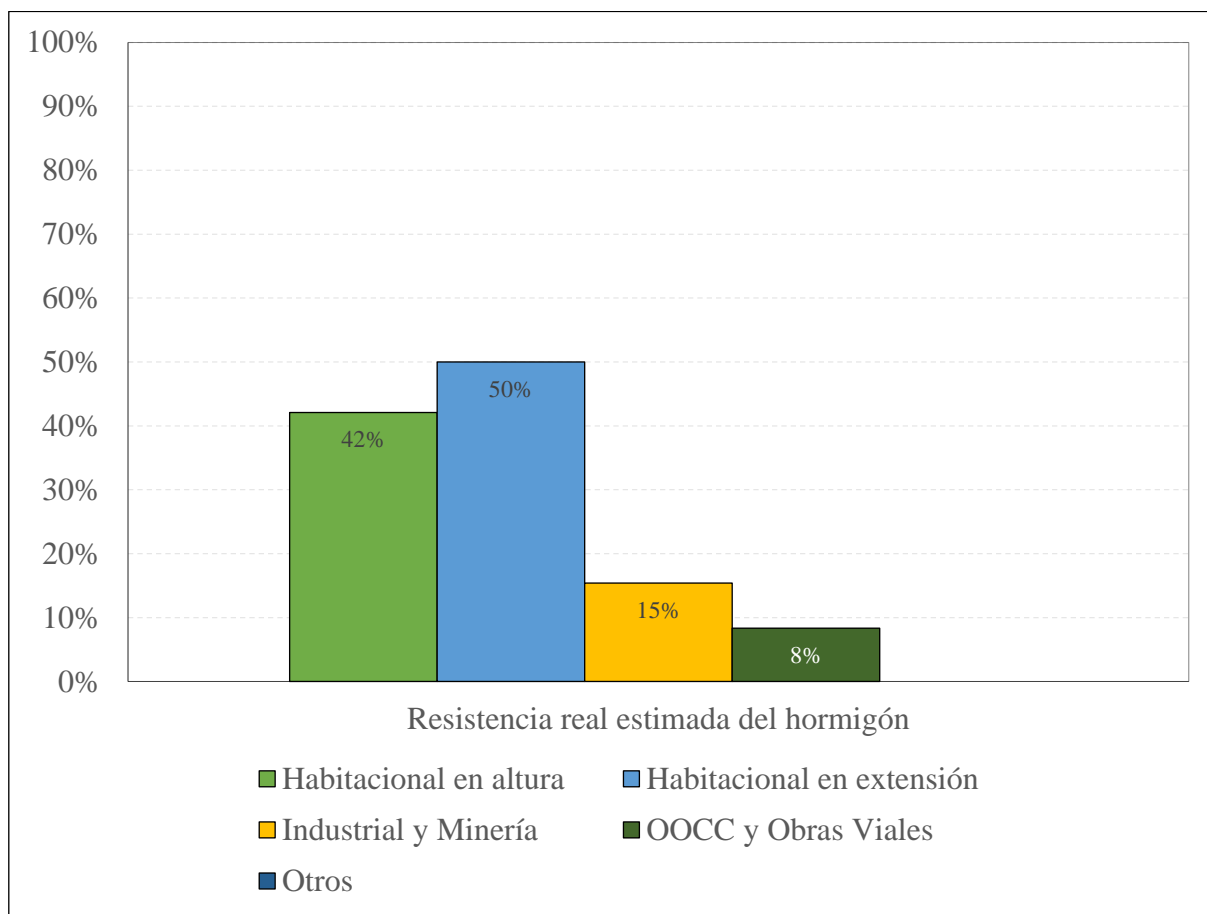


Figura 4.29: Indicadores asociados al Desmolde y Descimbre hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

En primer lugar, se observa que para el indicador perteneciente a la etapa de Desmolde y Descimbre en cuestión no se presentan respuestas para los proyectos Otros. Además, las Obras Civiles y Viales presentan solo un 8% del total de sus respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones, mientras que los proyectos Habitacionales en extensión son quienes presentan el porcentaje más alto de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones con un 50% de su total.

#### 7) Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística

Una vez colocado el hormigón, se debe verificar que cumpla con la resistencia especificada del proyecto. Si la resistencia a la compresión es la base de aceptación del hormigón, la Norma Chilena NCh1998:1989 Evaluación Estadística establece procedimientos de la calidad del hormigón de tal manera de determinar la conformidad de los resultados de la resistencia a la compresión con



respecto a la especificada. Dicho lo anterior, se plantea el indicador Resistencia real estimada del hormigón. En la Figura 4.30 que sigue, se presenta la percepción general de los encuestados respecto al indicador de la calidad del hormigón recién mencionado.

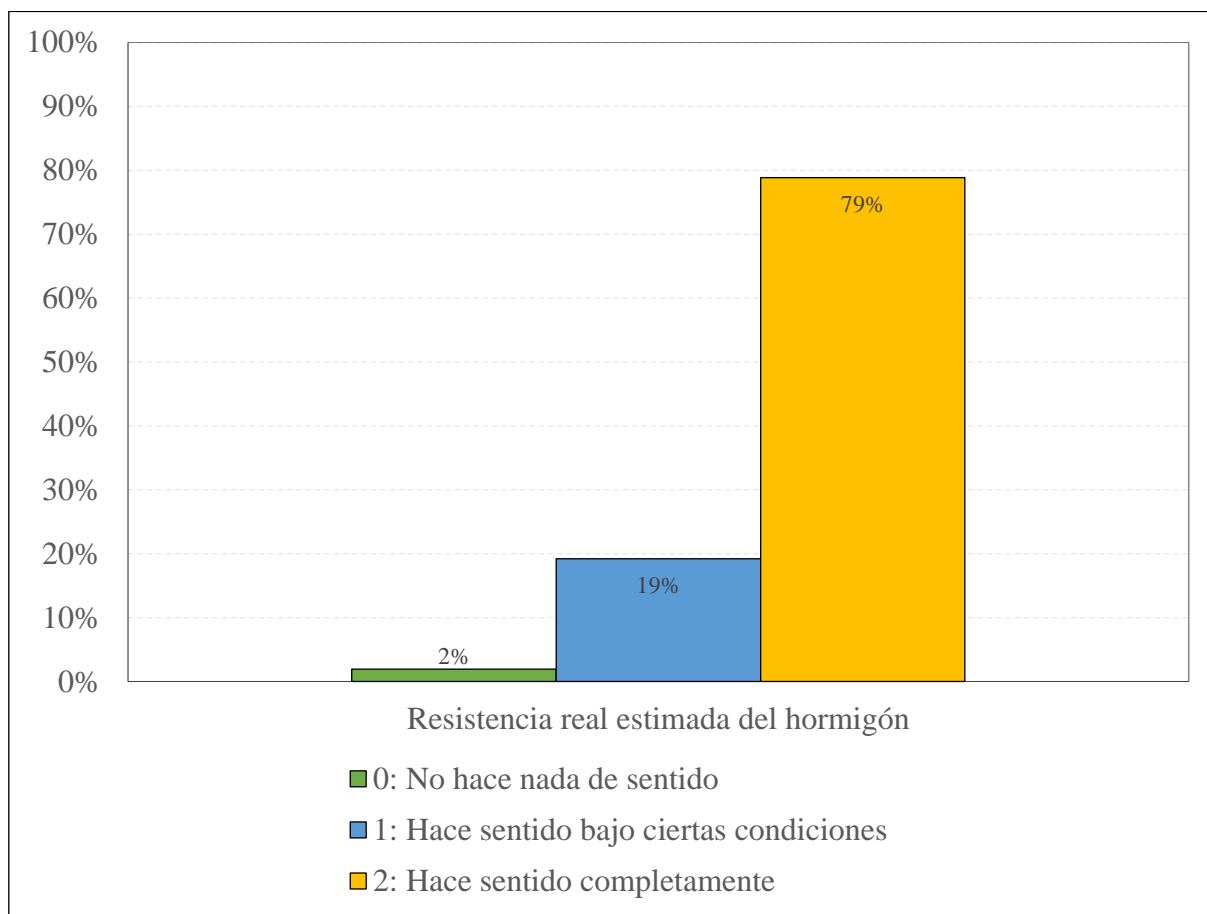


Figura 4.30: Percepción de los encuestados sobre el indicador de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística

De la Figura 4.30 se observa que el indicador Resistencia real estimada del hormigón presenta un 98% para la suma de las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente, es decir, el indicador presentado resulta conocido y coherentes para la gran mayoría de los encuestados. Dicho lo anterior, el indicador propuesto para la etapa de Aceptación del hormigón colocado queda validado.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.31 que sigue, se presenta la distribución

de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

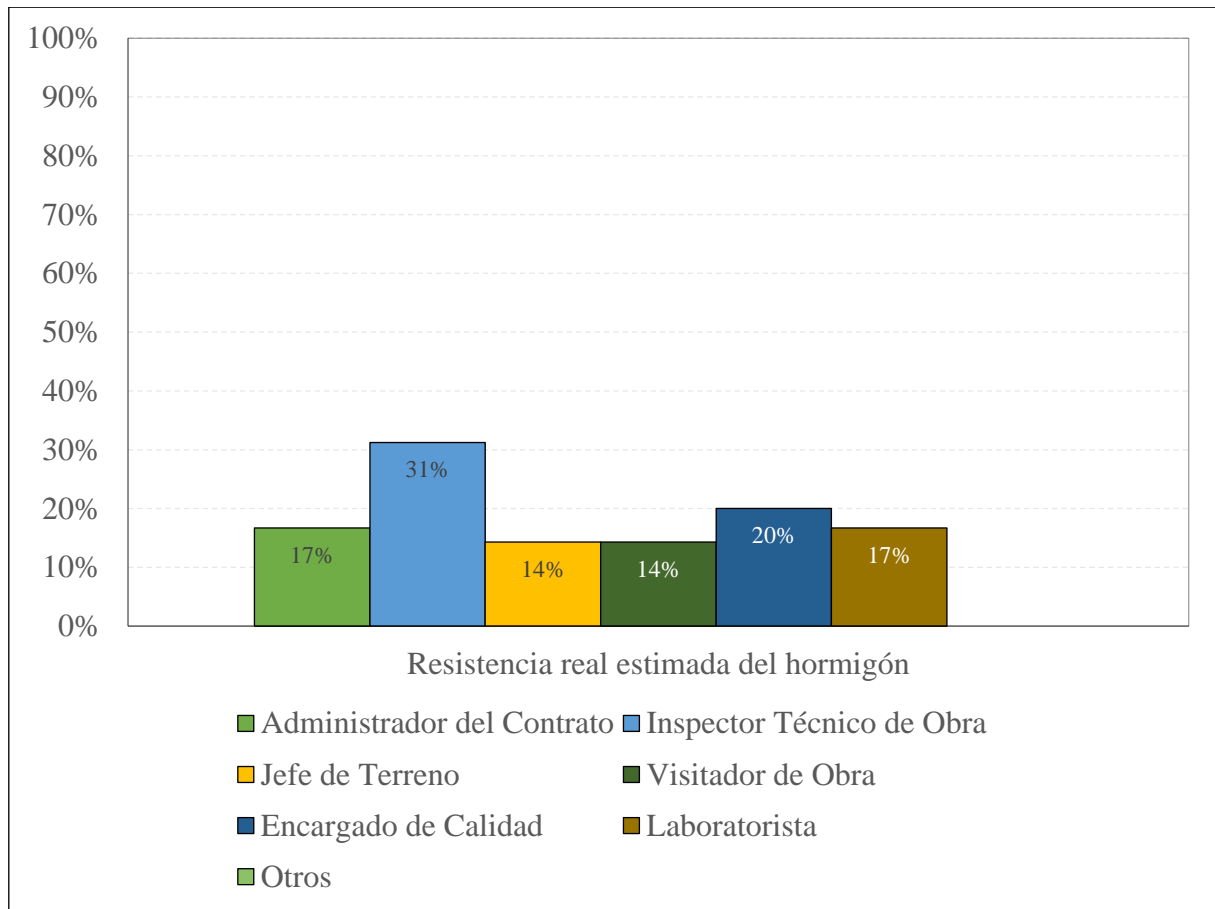


Figura 4.31: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según cargo de mayor experiencia de los encuestados

De la Figura 4.31 se observa que para los cargos Otros no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. Además, se observa que, en general, el indicador en cuestión presenta un bajo porcentaje de respuestas para todos los cargos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en las labores de hormigonado, siendo los Inspectores Técnicos de Obra quienes registran el mayor porcentaje de respuestas, con un 31% de su total.

#### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.32 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

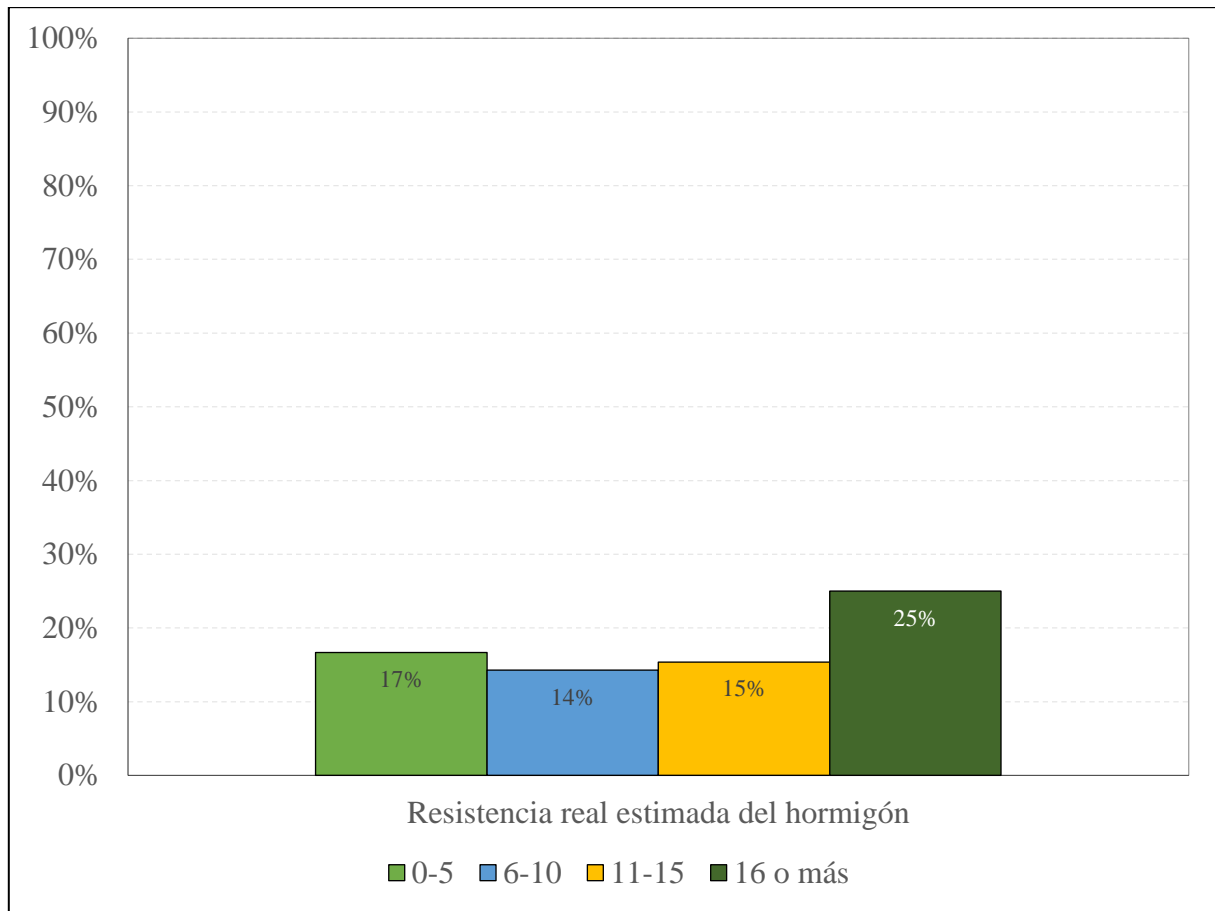


Figura 4.32: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para todos los años de experiencia encuestados se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para el indicador de la calidad del hormigón en cuestión, sin embargo, todos presentan porcentajes bajo de respuestas, siendo los profesionales que dicen tener 16 o más años de experiencia los que presentan el mayor porcentaje de respuestas, con un 25% de su total.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.33 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

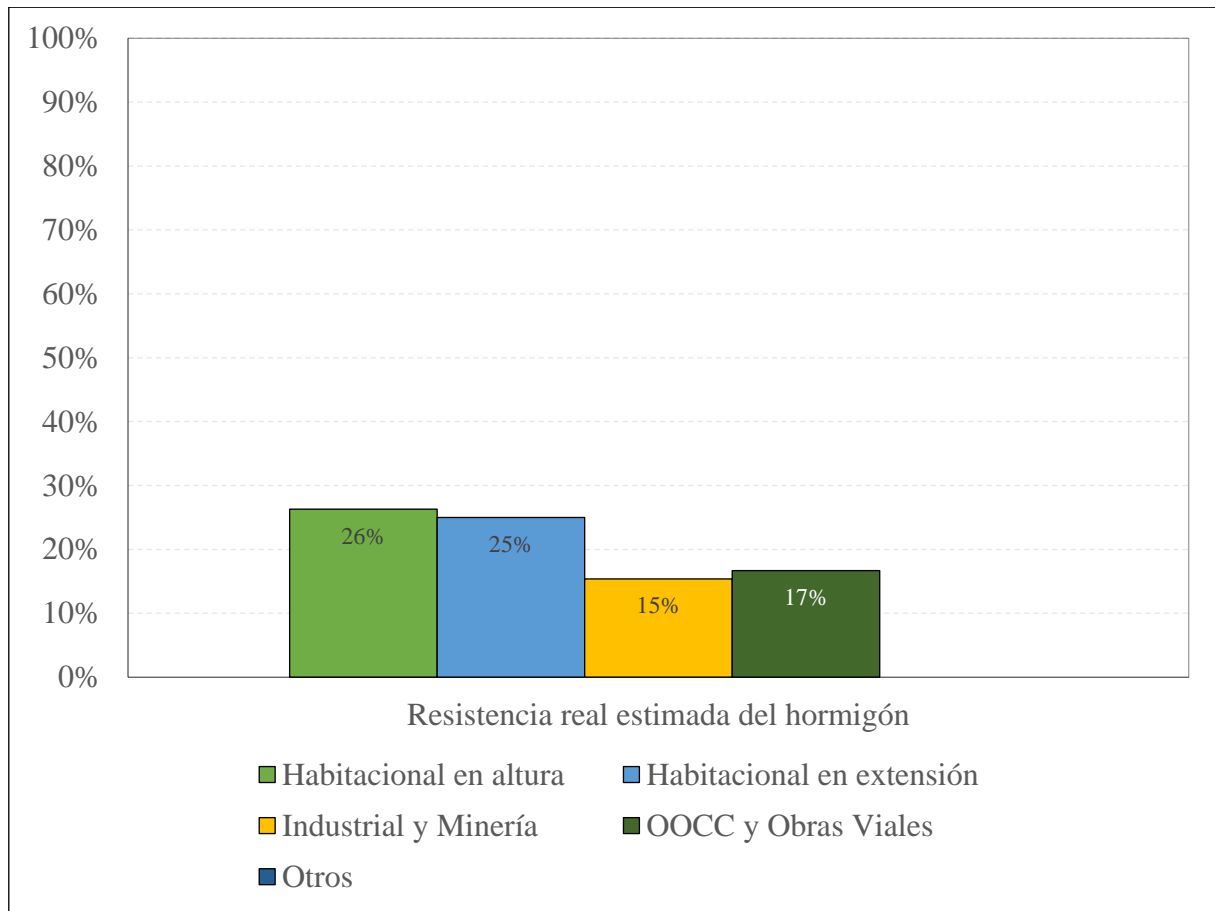


Figura 4.33: Indicadores asociados a la Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística según los proyectos más relevantes de los encuestados

En primer lugar, se observa que para los proyectos Otros no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para el indicador de la calidad del hormigón en cuestión. Por otra parte y en línea con las otras 2 variables analizadas, todos los proyectos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en el proceso de hormigonado se presentan porcentajes de respuestas bajas, siendo los proyectos Habitacionales en altura y Habitacionales en extensión los que presentan los porcentajes más altos de respuestas con un 26% y un 25% de su total, respectivamente.

#### 4.2.2. Indicadores especiales de la calidad del hormigón

Se definen indicadores de la calidad del hormigón para casos especiales en donde las especificaciones técnicas exijan requisitos adicionales sobre sus propiedades, su colocación, su grado de terminación, etc. Dichos indicadores se encasillan según las etapas de hormigonado ya descritas. Del total de 52 encuestados 23, correspondientes 44% de la muestra, respondieron que en los proyectos en donde adquirieron experiencia en las labores de hormigonado existieron especificaciones técnicas adicionales que no se hayan mencionado a través de los indicadores ya propuestos, mientras que 29, correspondientes al 56% de la muestra respondieron negativamente.

En la Figura 4.34 que sigue, se muestra la distribución de las respuestas respecto a la utilización o no de indicadores especiales de la calidad del hormigón por parte de los encuestados.

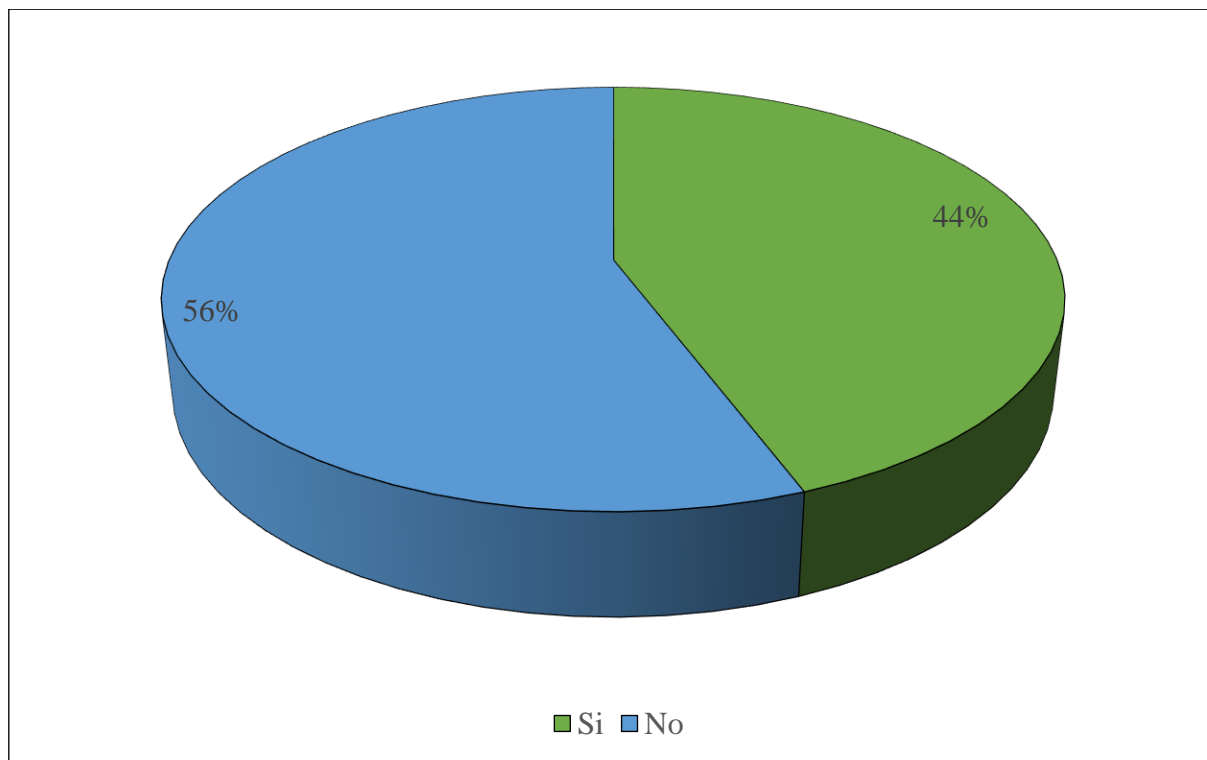


Figura 4.34: Utilización de indicadores especiales de la calidad del hormigón por parte de los encuestados

Dicho lo anterior, es importante mencionar que según lo planteado en el capítulo 3.2 Validación estadística del Instrumento a utilizar no se reúne el número mínimo de respuestas, 30, para que la muestra sea válida, por lo que solo se realiza el análisis de los resultados con fines pedagógicos e investigativos, no pudiendo ser validados los indicadores especiales propuestos.

- 1) Recepción del hormigón
  - a) Indicadores del hormigón que deba cumplir con requisitos de durabilidad

En primer lugar, se le pregunta a los encuestados si en el o los proyectos en donde hayan adquirido más experiencia en las labores de hormigonado trabajaron con indicadores de la calidad del hormigón asociados a su durabilidad. Del total de 23 respuestas posibles 10, correspondientes al 43% de la muestra, respondieron afirmativamente, mientras que 13, correspondientes al 57% del total de la muestra, indicaron nunca haberlos utilizado. En la Figura 4.35 que sigue, se muestra la distribución de las respuestas respecto a la utilización o no de indicadores de la calidad del hormigón asociados a su durabilidad.

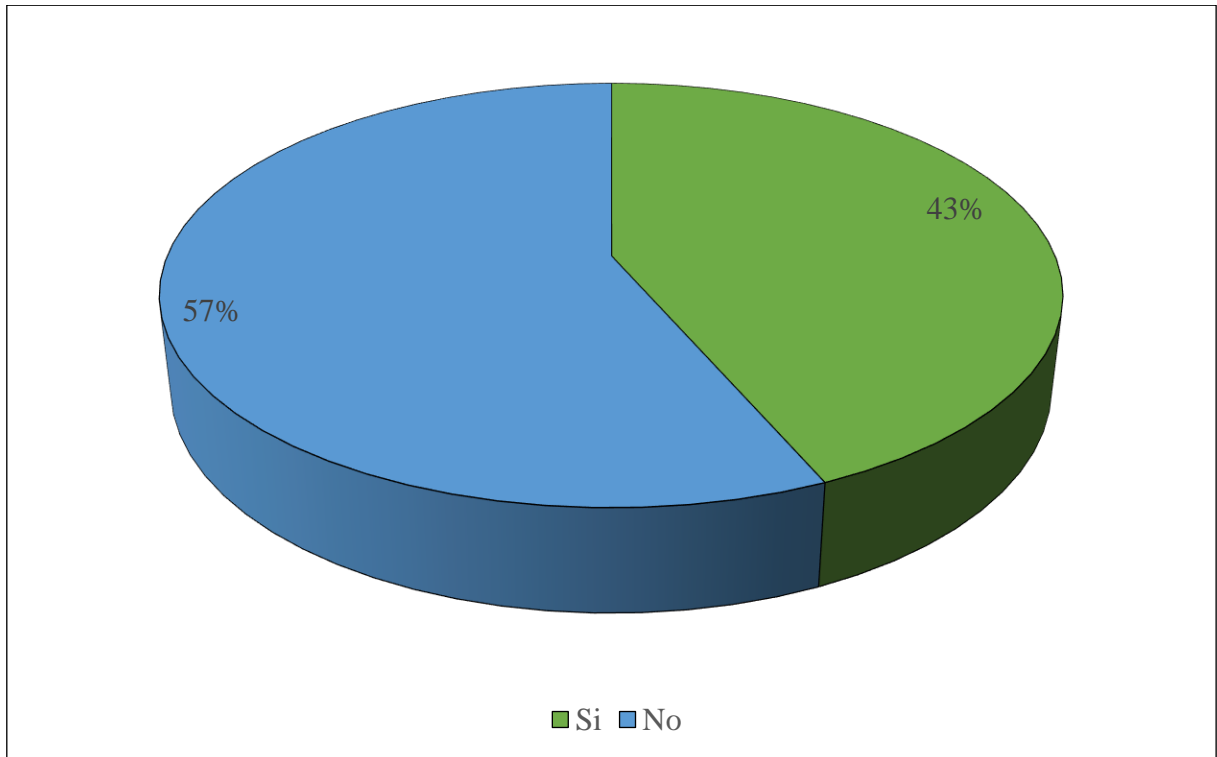


Figura 4.35: Utilización de indicadores especiales de la calidad del hormigón que deba cumplir con requisitos de durabilidad por parte de los encuestados

Para la etapa de Recepción del hormigón y para el hormigón que deba cumplir con requisitos de durabilidad, se plantea únicamente el indicador Contenido de aire. En la Figura 4.36 que sigue se presenta la percepción general de los encuestados respecto al indicador especial de la calidad del hormigón recién mencionado.

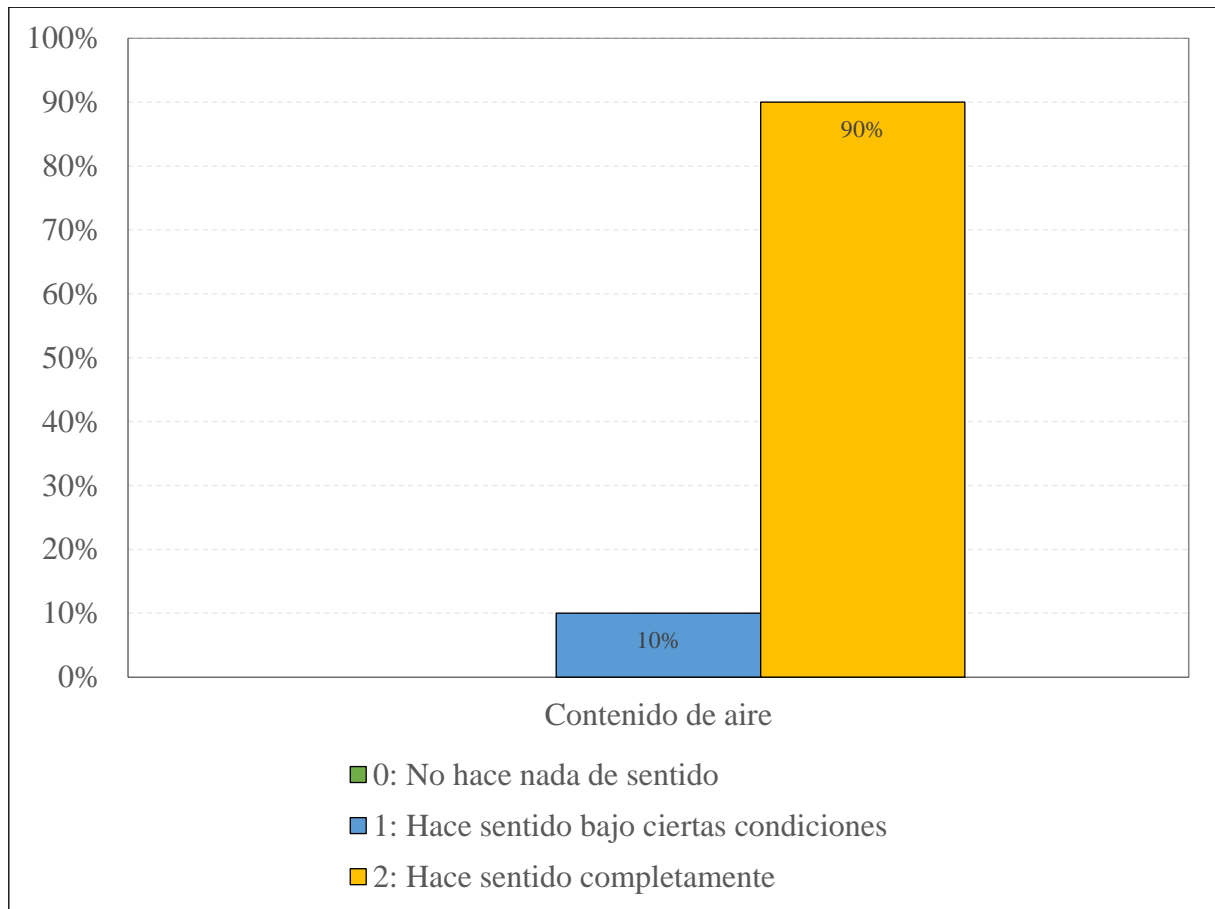


Figura 4.36: Percepción de los encuestados sobre el indicador especial de la calidad del hormigón perteneciente a la etapa de Recepción del hormigón

De la Figura 4.36 se observa que el indicador Contenido de aire no presenta respuestas 0: No hace nada de sentido, es decir, para todos los profesionales encuestados el indicador en cuestión es conocido y coherente.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para el indicador especial asociado a la etapa de Recepción del hormigón es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.37 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para el indicador de la etapa de hormigonado en cuestión.

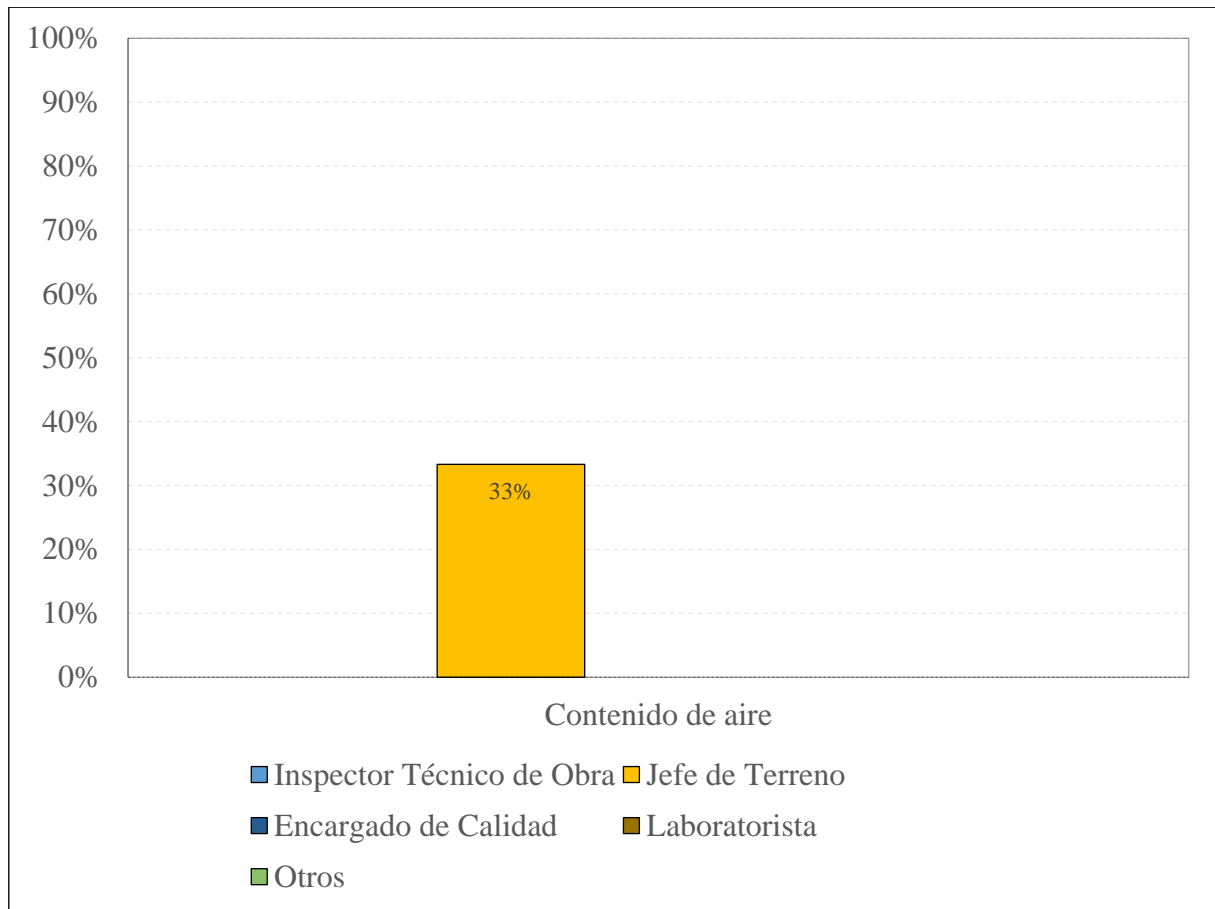


Figura 4.37: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según cargo de mayor experiencia de los encuestados

De la Figura 4.37 se observa que, en primer lugar, los cargos Administrador del Contrato y Visitador de Obra no presentan respuestas para el indicador Contenido de aire. Además, se observa que solo los Jefes de Terreno presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para el indicador en cuestión con un 33% de su total. Inspectores Técnicos de Obra, Encargados de Calidad, Laboratoristas y Otros no registraron esta respuesta para el indicador especial asociado a la etapa de Recepción del hormigón.

#### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para el indicador especial asociado a la etapa de Recepción del hormigón es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.38 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para el indicador de la etapa de hormigonado en cuestión.



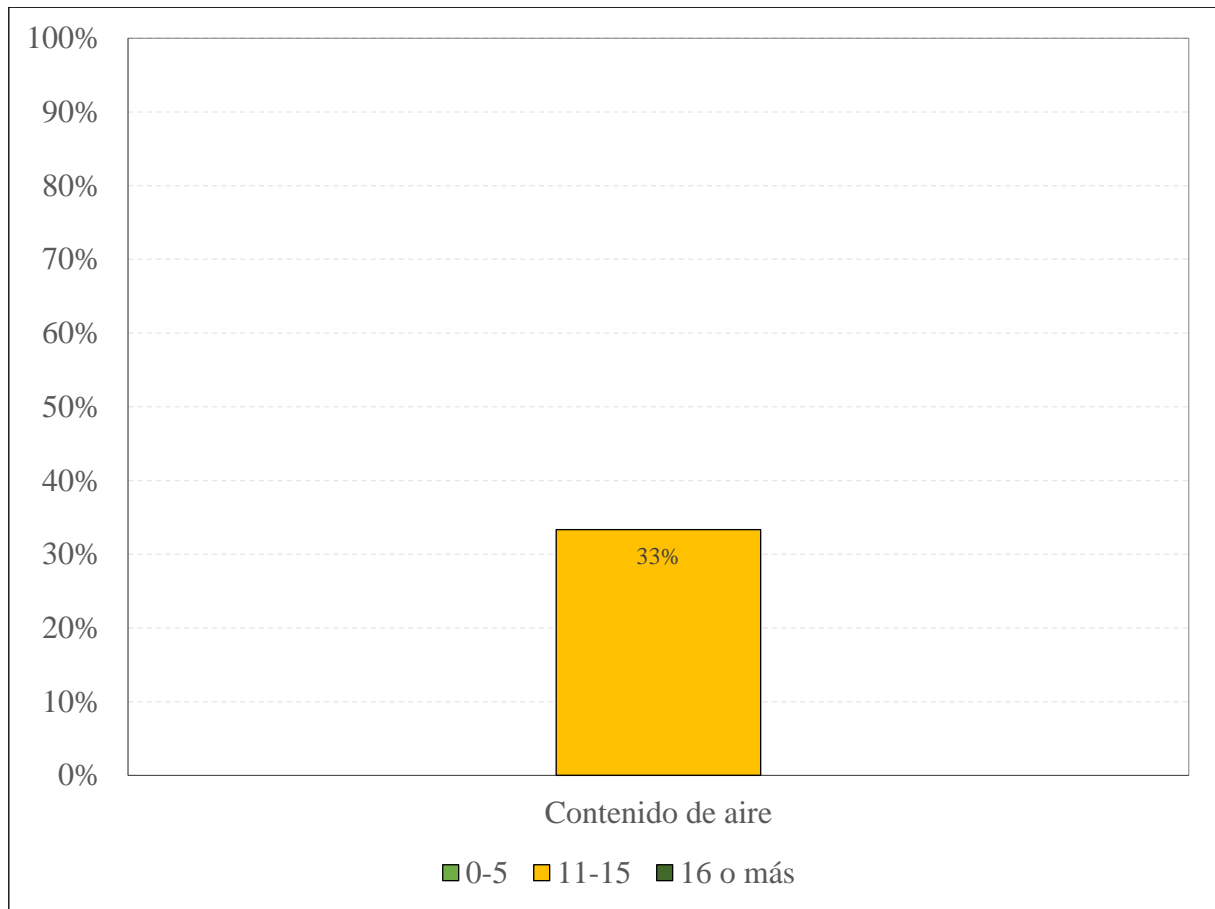


Figura 4.38: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según los años de experiencia de los encuestados

De la Figura 4.38 es importante observar que los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia en las labores de hormigonado, no presentan respuestas para el indicador Contenido de aire. Además, solo los encuestados que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia registran respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones con un 33% de su total.

#### Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para el indicador especial asociado a la etapa de Recepción del hormigón es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.39 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para el indicador de la etapa de hormigonado en cuestión.

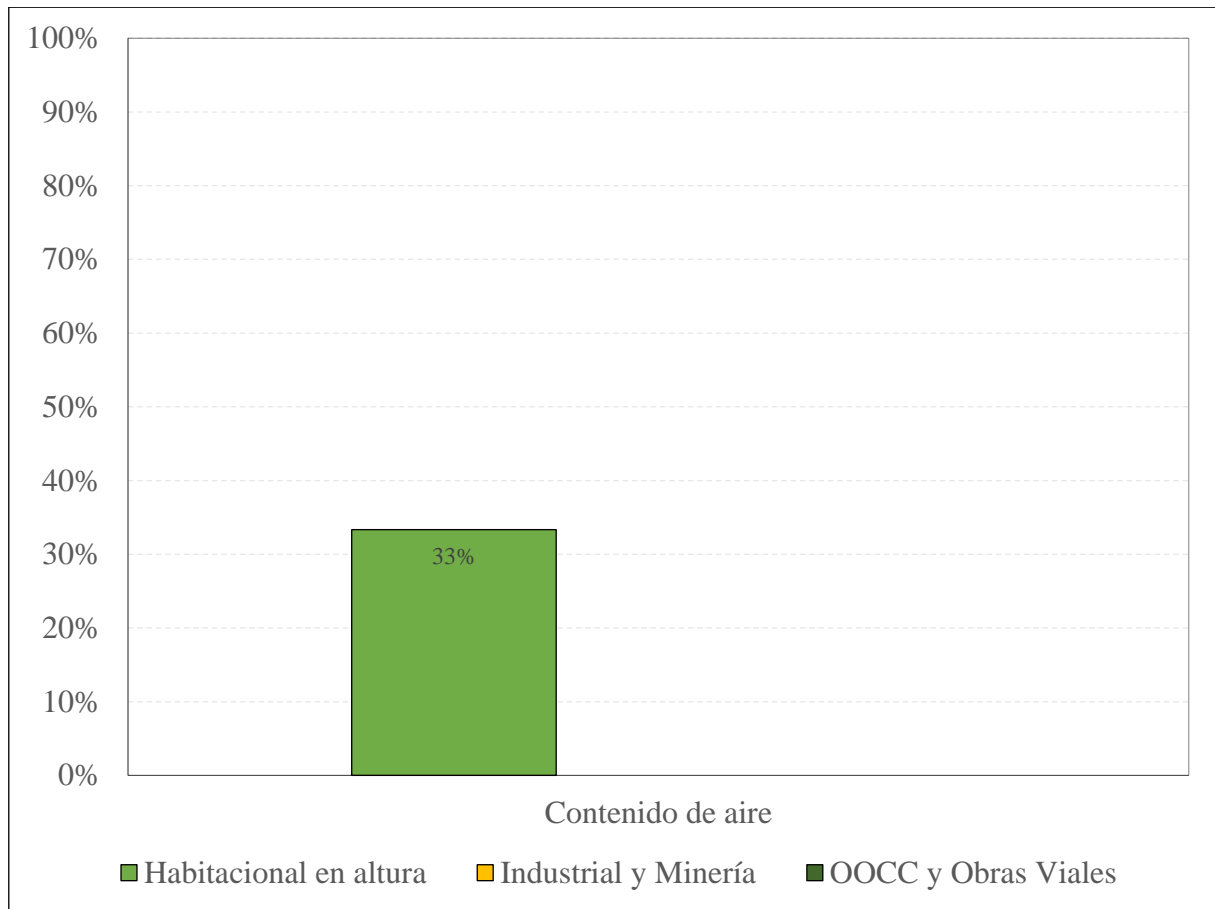


Figura 4.39: Indicadores especiales asociados a la Recepción del hormigón según los proyectos más relevantes de los encuestados

De la Figura 4.39 se observa que no se registran respuestas para el indicador Contenido de aire por parte de los encuestados que dicen haber obtenido su mayor experiencia profesional en proyectos Habitacionales en extensión y Otros. Además, solo los proyectos Habitacionales en altura registran respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para el indicador en cuestión, no registrando esta respuestas los proyectos Industriales y Mineros y Obras Civiles y Viales.

## 2) Colocación del hormigón

### a) Indicadores del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación

En primer lugar, se le pregunta a los encuestados si en el o los proyectos en donde hayan adquirido mayor experiencia en las labores de hormigonado trabajaron hormigones que hayan tenido que cumplir con algún grado de terminación. Del total de 23 respuestas posibles 18, correspondientes al 78% de la muestra, respondieron afirmativamente, mientras que 5, correspondientes al 22% del total de la muestra, indicaron nunca haberlos utilizado. En la Figura 4.40 que sigue, se muestra la distribución de las respuestas respecto al trabajo o no con hormigones a la vista.

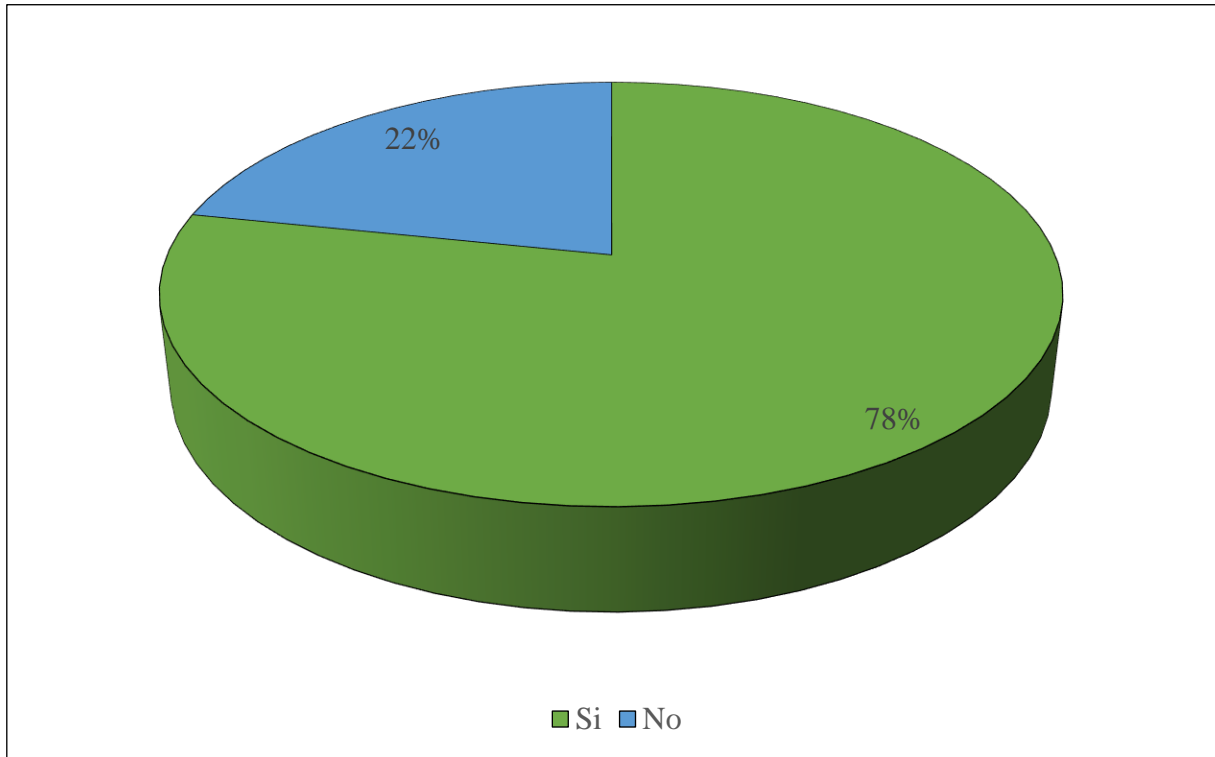


Figura 4.40: Trabajo con hormigones que deban cumplir con algún grado de terminación por parte de los encuestados

Los indicadores que se presentan a continuación corresponden a una serie de imperfecciones por la colocación del hormigón en superficies que han sido hormigonadas contra moldajes fijos y de elementos que han sido construidos in situ con procedimientos tradicionales aceptados para la colocación del hormigón. Dichos indicadores son exigibles para elementos cuya superficie de hormigón quede a la vista, aunque para casos en que el hormigón esté recubierto estos indicadores son propuestos para cuidar el efecto de eventuales patologías que puedan afectar la durabilidad del hormigón. En la Figura 4.41 que sigue, se presentan los indicadores en cuestión y la percepción general de los encuestados respecto a ellos.

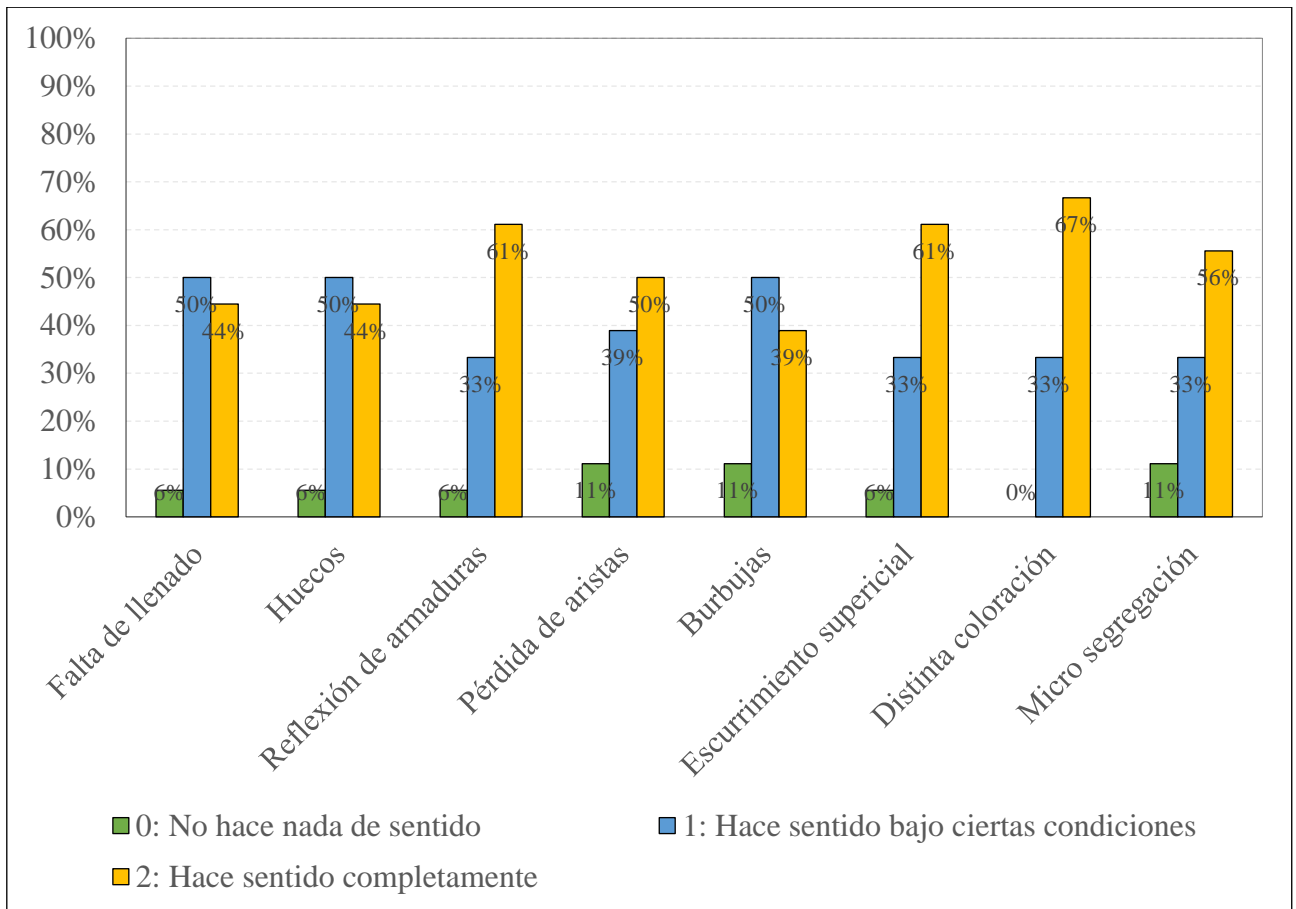


Figura 4.41: Percepción de los encuestados sobre los indicadores especiales del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación, perteneciente a la etapa de Colocación del hormigón

De la Figura 4.41 se observa que para los indicadores especiales del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación pertenecientes a la etapa de Colocación del hormigón se registra, como máximo, un 11% de respuestas 0: No hace nada de sentido, es decir, para el grueso de los encuestados los indicadores especiales propuestos resultan conocidos o coherentes. Además, se observa que todos los indicadores propuestos presentan al menos un 33% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones, lo que indica que, si bien los indicadores resultan conocidos, para 1/3 o más de los encuestados se requieren condiciones adicionales para su completa validación.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores especiales asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.42 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los

cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

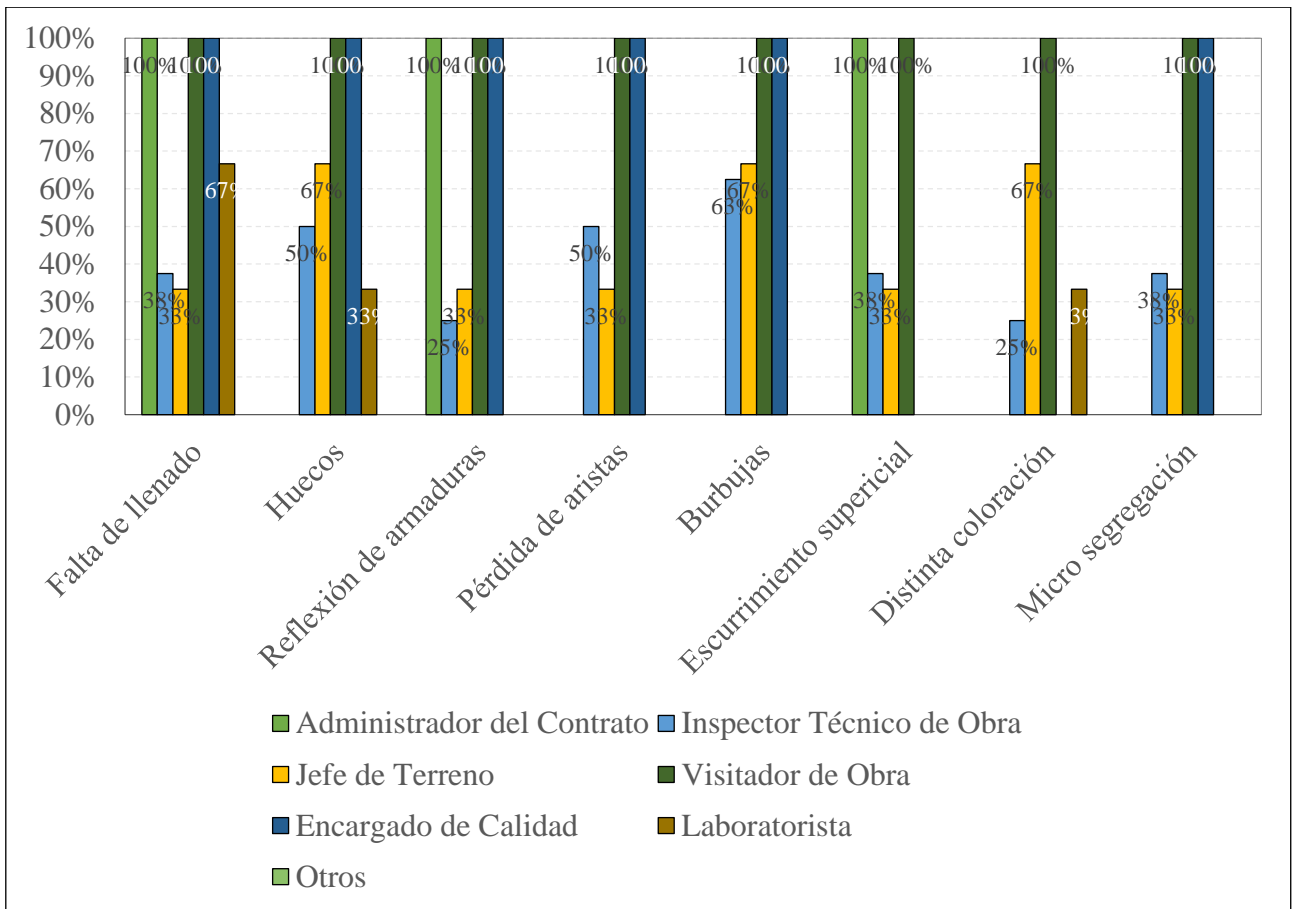


Figura 4.42: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según cargo de mayor experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que todos los cargos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia profesional en las labores de hormigonado registran respuestas para los indicadores especiales propuestos. Luego, se observa que los cargos Administrador del Contrato, Visitador de Obra, Encargado de Calidad y Otros solo registran una respuesta, por lo que presentan un 0% o un 100% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. Por último, de la Figura 4.42 se observa una gran dispersión de las respuestas para cada uno de los indicadores especiales propuestos y para cada uno de los cargos de los profesionales encuestados, por lo que no se pueden obtener mayores conclusiones al respecto.

#### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación es los años de experiencia de los

encuestados. En la Figura 4.43 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

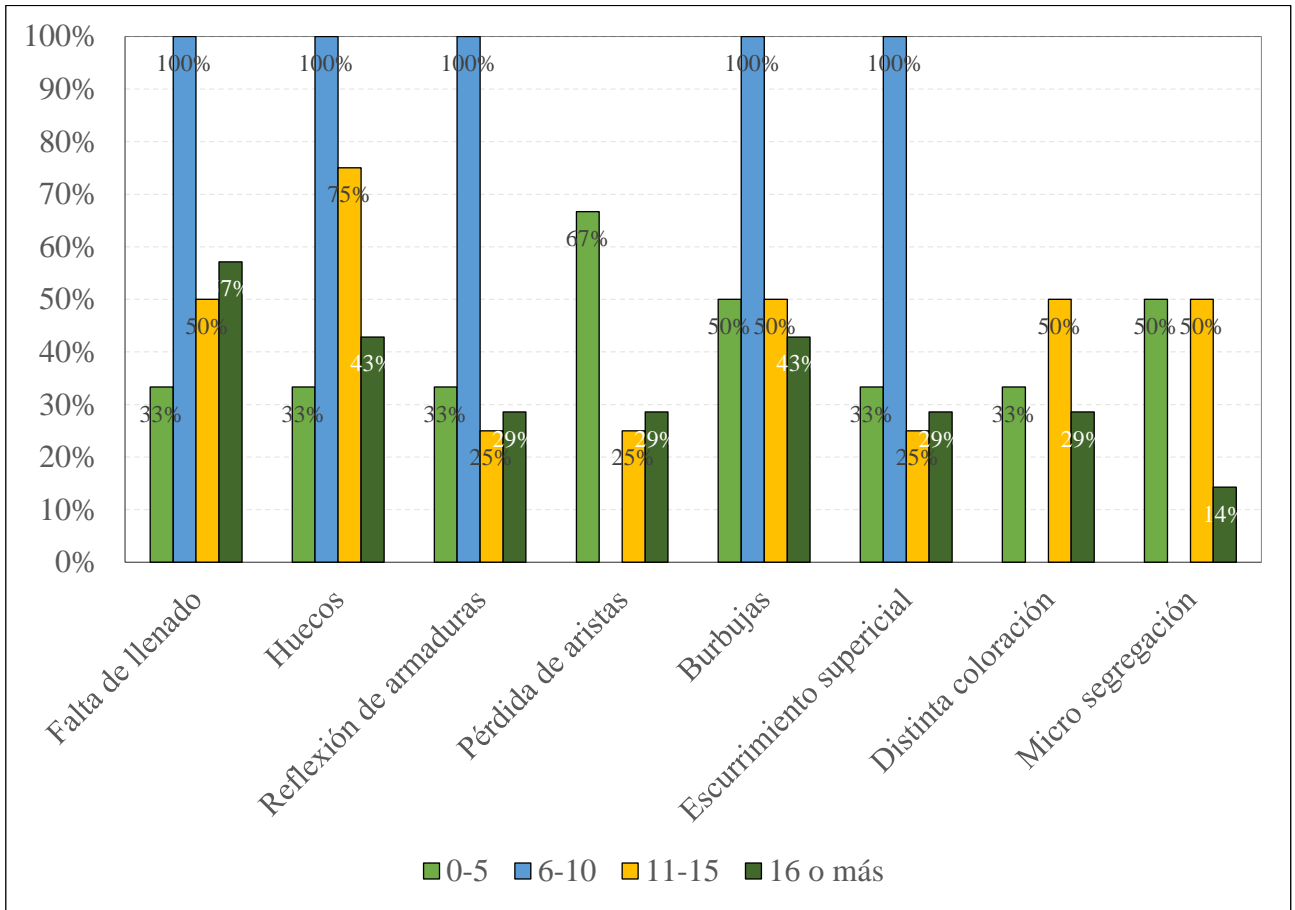


Figura 4.43: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según los años de experiencia de los encuestados

De la Figura 4.43 lo primero a observar es que los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia profesional solo registran una respuesta 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones, por lo que sus respuestas varían entre un 0% o un 100% para los indicadores especiales presentados. Por último, de la Figura 4.43 se observa una gran dispersión de respuestas para cada uno de los indicadores y para cada uno de los rangos de experiencia de los encuestados, por lo que no se pueden obtener mayores conclusiones.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.44 que se presenta a

continuación, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

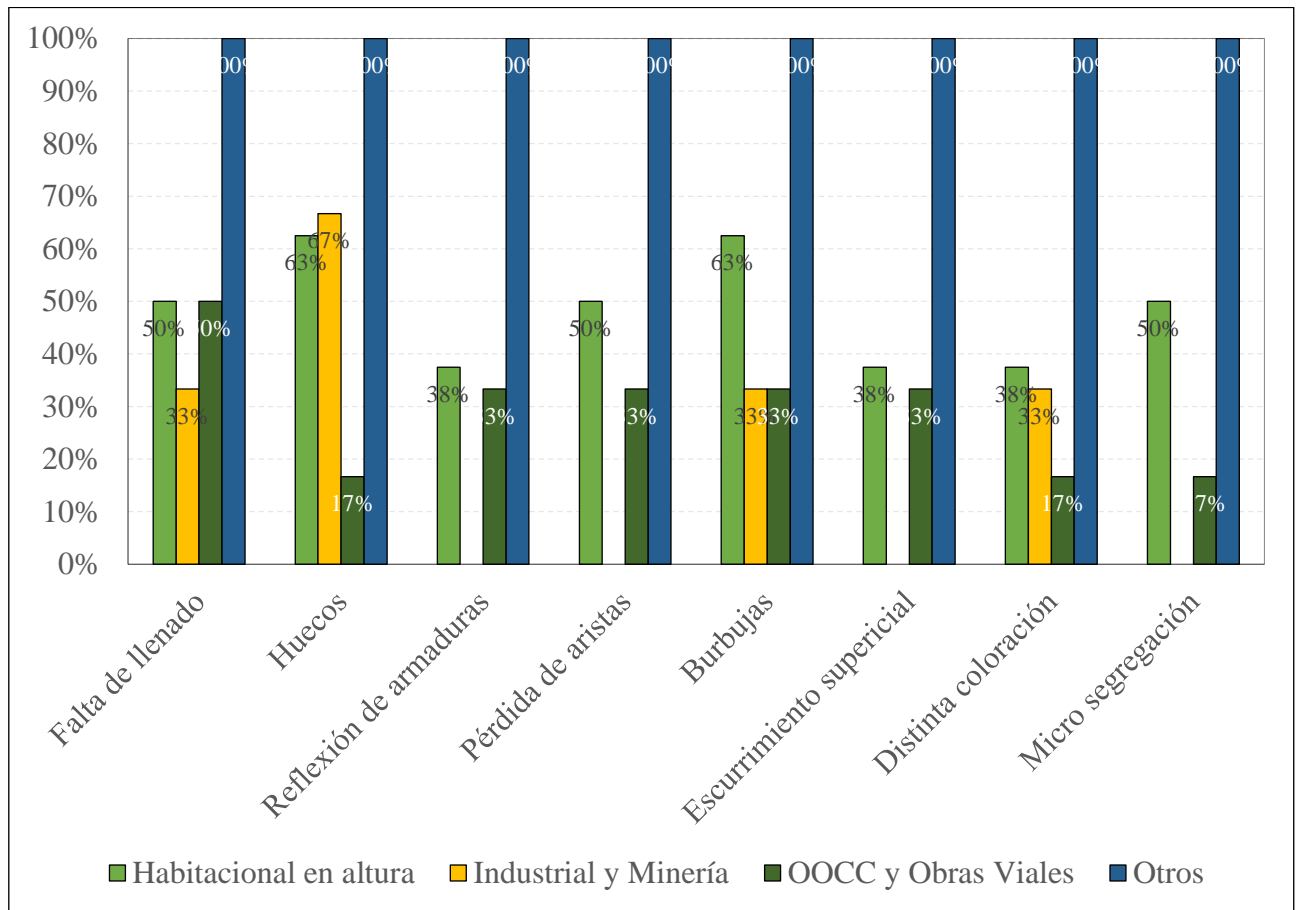


Figura 4.44: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con algún grado de terminación según los proyectos más relevantes de los encuestados

De la Figura 4.44 lo primero a observar es que los encuestados que dicen haber obtenido su mayor experiencia profesional en proyectos Habitacionales en extensión no presentan respuestas para el set de indicadores especiales propuestos. Luego, se observa que para los proyectos Otros solo se registra una respuesta, respuesta que para todos los indicadores especiales propuestos es 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. Al igual que para las variables anteriormente analizadas, se presenta una gran dispersión en la respuesta de los encuestados por lo que no se pueden obtener mayores conclusiones al respecto.

- b) Indicadores de la calidad del hormigón que deban cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje

En primer lugar, se le pregunta a los encuestados si en el o los proyectos en donde hayan adquirido mayor experiencia en las labores de hormigonado trabajaron con hormigones que hayan tenido que cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje. Del total de 23 respuestas posibles 14, correspondientes al 61% de la muestra, respondieron afirmativamente, mientras que 9, correspondientes al 39% del total de la muestra, indicaron nunca haberlos utilizado. En la Figura 4.45 que sigue, se muestra la distribución de las respuestas respecto al trabajo con dichos hormigones.

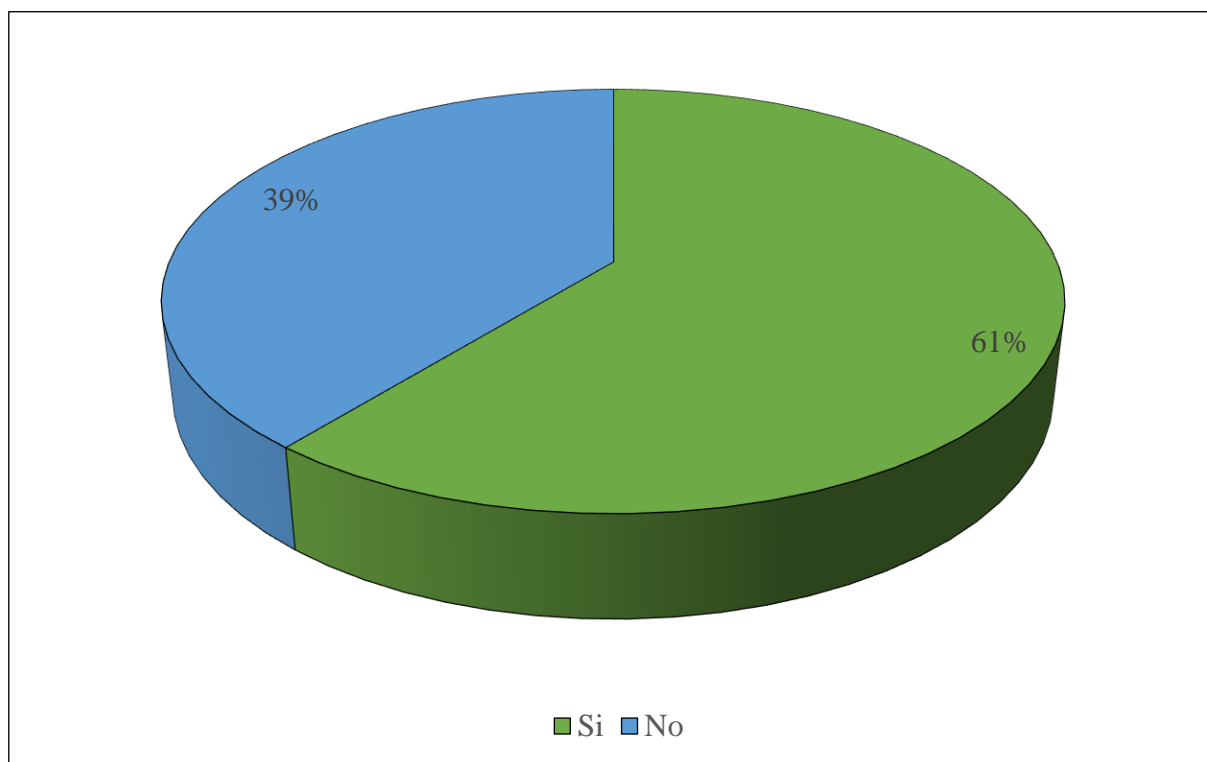


Figura 4.45: Trabajo con hormigones que deban cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje

Los indicadores que se presentan a continuación tienen como finalidad establecer valores de tolerancias dimensionales sobre los elementos de hormigón armado, definidos considerando límites máximos admisibles. Dichos valores están referidos al elemento de hormigón desmoldado y sin revestimiento en su etapa de construcción producidos únicamente por deformaciones del sistema de moldajes, sin considerar deformaciones estructurales. En la Figura 4.46 que sigue, se presentan los indicadores en cuestión y la percepción general de los encuestados respecto a ellos.



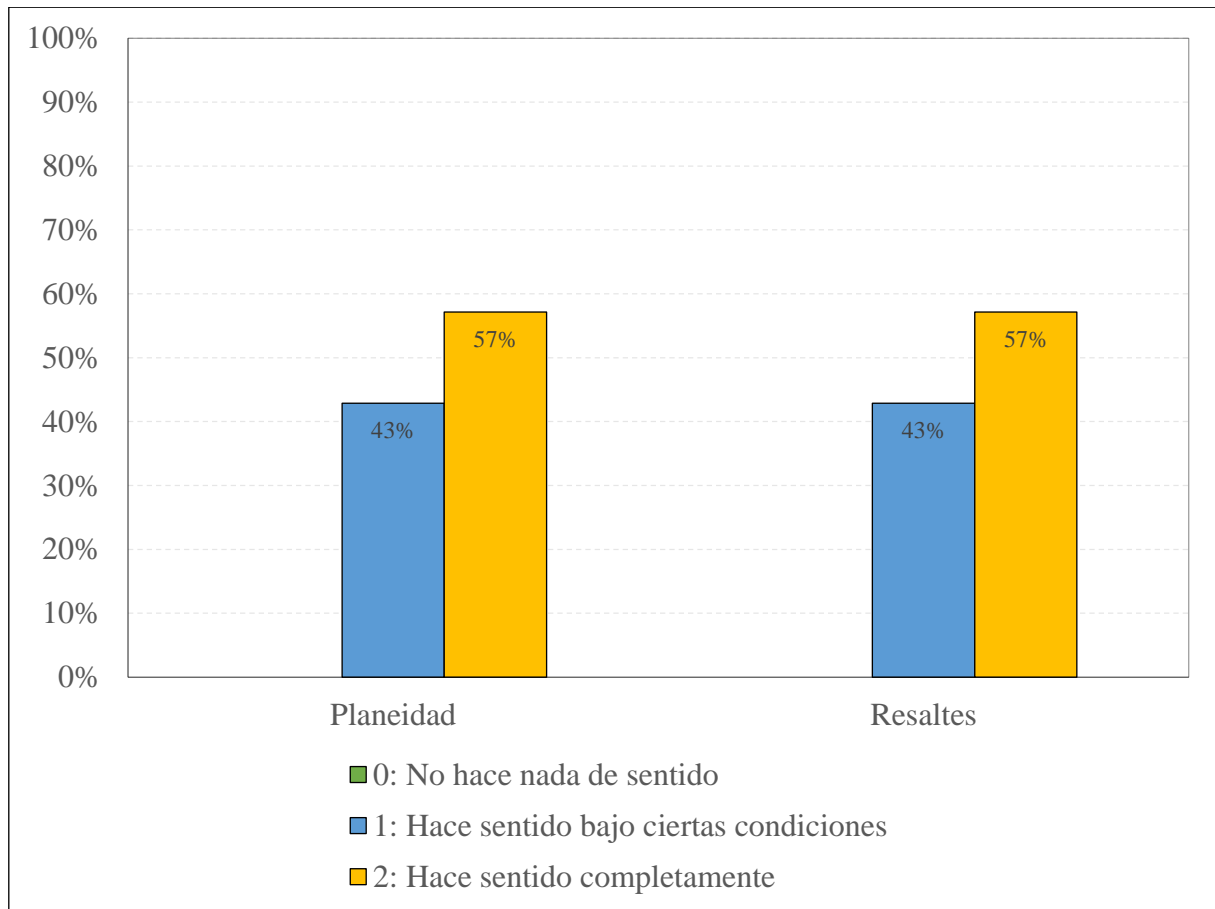


Figura 4.46: Percepción de los encuestados sobre los indicadores especiales del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales, perteneciente a la etapa de Colocación del hormigón

De la Figura 4.46 se observa que, en primer lugar, para ambos indicadores propuestos se presenta la misma distribución de respuestas, no registrándose la respuesta 0: No hace nada de sentido, es decir, para todos los encuestados los indicadores resultan conocidos o coherentes. Por otra parte, se observa que las respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente registran un porcentaje de respuesta similares, 43% para la primera opción y 57% para la segunda.

#### Cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La primera variable a analizar para los indicadores especiales asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales es los cargos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.47 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los cargos de mayor experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

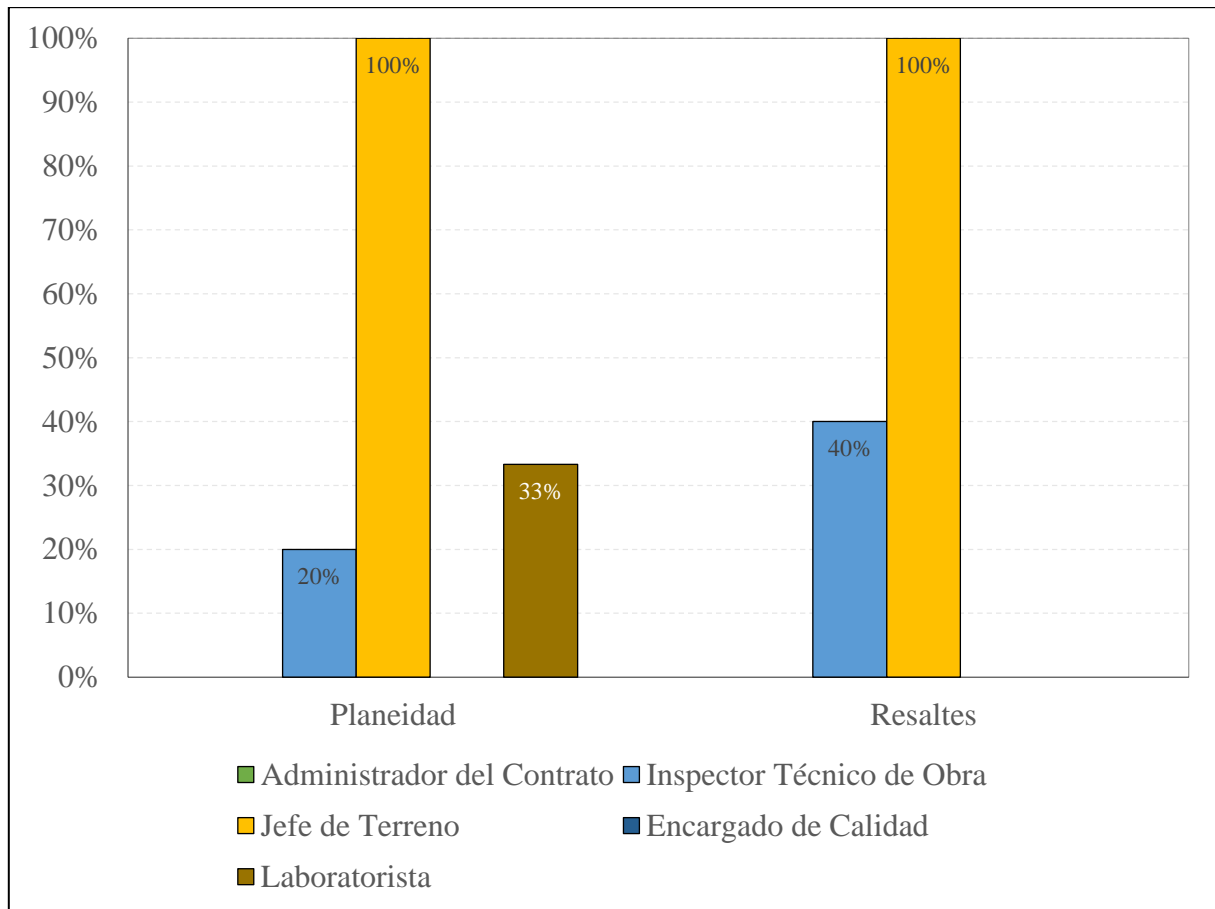


Figura 4.47: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según cargo de mayor experiencia de los encuestados

De la Figura 4.47 se observa que no se presentan respuestas para los cargos Otros. Luego, se observa que para los 2 indicadores propuestos no se presentan respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones para los cargos Administrador del Contrato y Encargado de Calidad, los que en total presentan solo una respuesta cada uno, mientras que para el indicador Resaltes no se presentan respuestas por parte de Laboratoristas. Por último, se observa que para ambos indicadores los Jefes de Terreno presentan un 100% de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones, es decir, el indicador les parece válido pero bajo condiciones adicionales que no fueron consultadas y escapan del alcance del presente Trabajo de Título.

#### Años de experiencia de los encuestados

La segunda variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales es los años de experiencia de los encuestados. En la Figura 4.48 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los años de experiencia de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

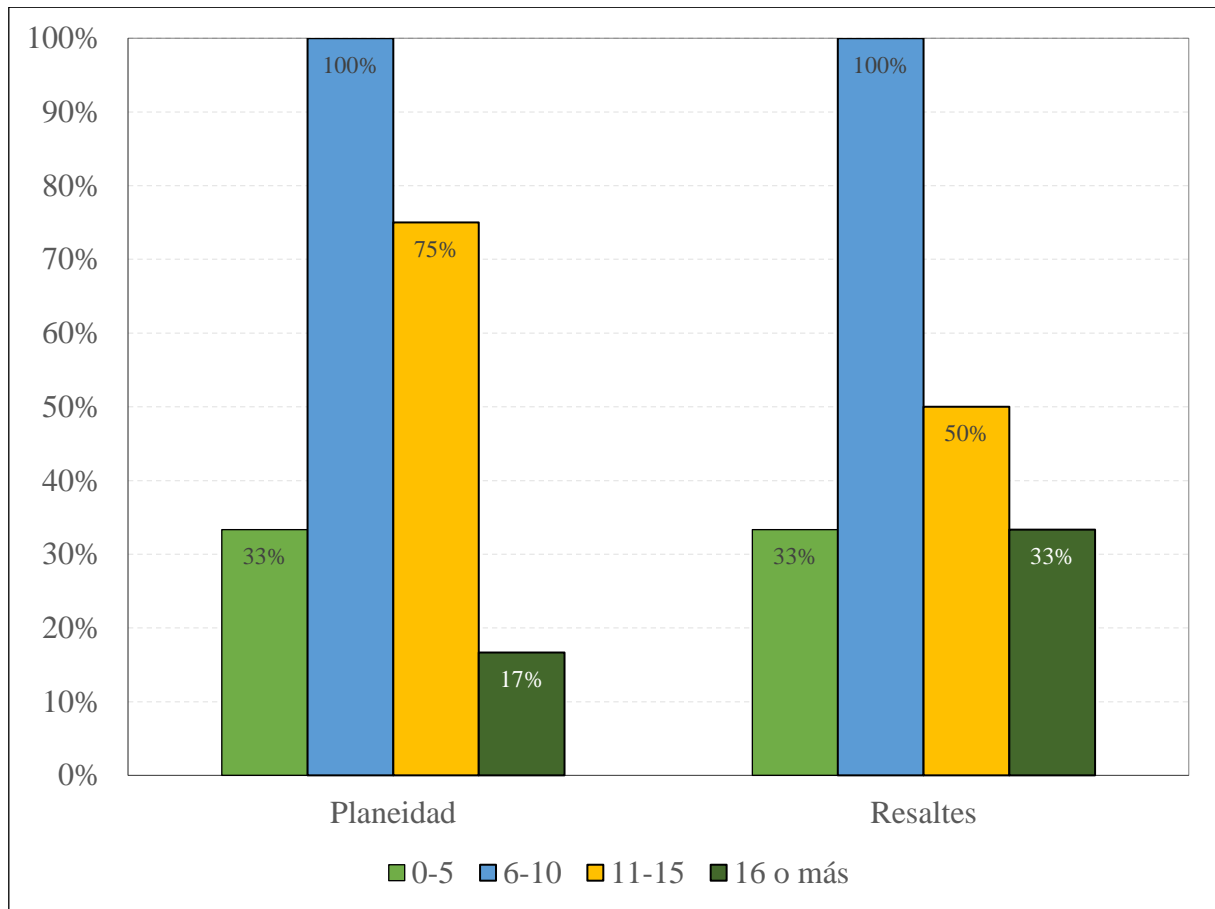


Figura 4.48: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según los años de experiencia de los encuestados

En primer lugar, se observa que para ambos indicadores propuestos y para todos los de años de experiencia encuestados se registran respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. Además, se observa que para los encuestados que dicen tener entre 6 y 10 años de experiencia solo se registra una respuesta, la que para ambos indicadores es 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones. Por último, los encuestados que dicen tener entre 11 y 15 años de experiencia profesional registran un porcentaje considerable de dicha respuesta, 75% de su total para el indicador Planeidad y 50% de su total para el indicador Resaltes.

Proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado

La tercera variable a analizar para los indicadores asociados a la etapa de Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales es los proyectos en donde los encuestados obtuvieron mayor experiencia en las labores de hormigonado. En la Figura 4.49 que sigue, se presenta la distribución de respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones según los proyectos más relevantes de los encuestados para cada uno de los indicadores de la etapa de hormigonado en cuestión.

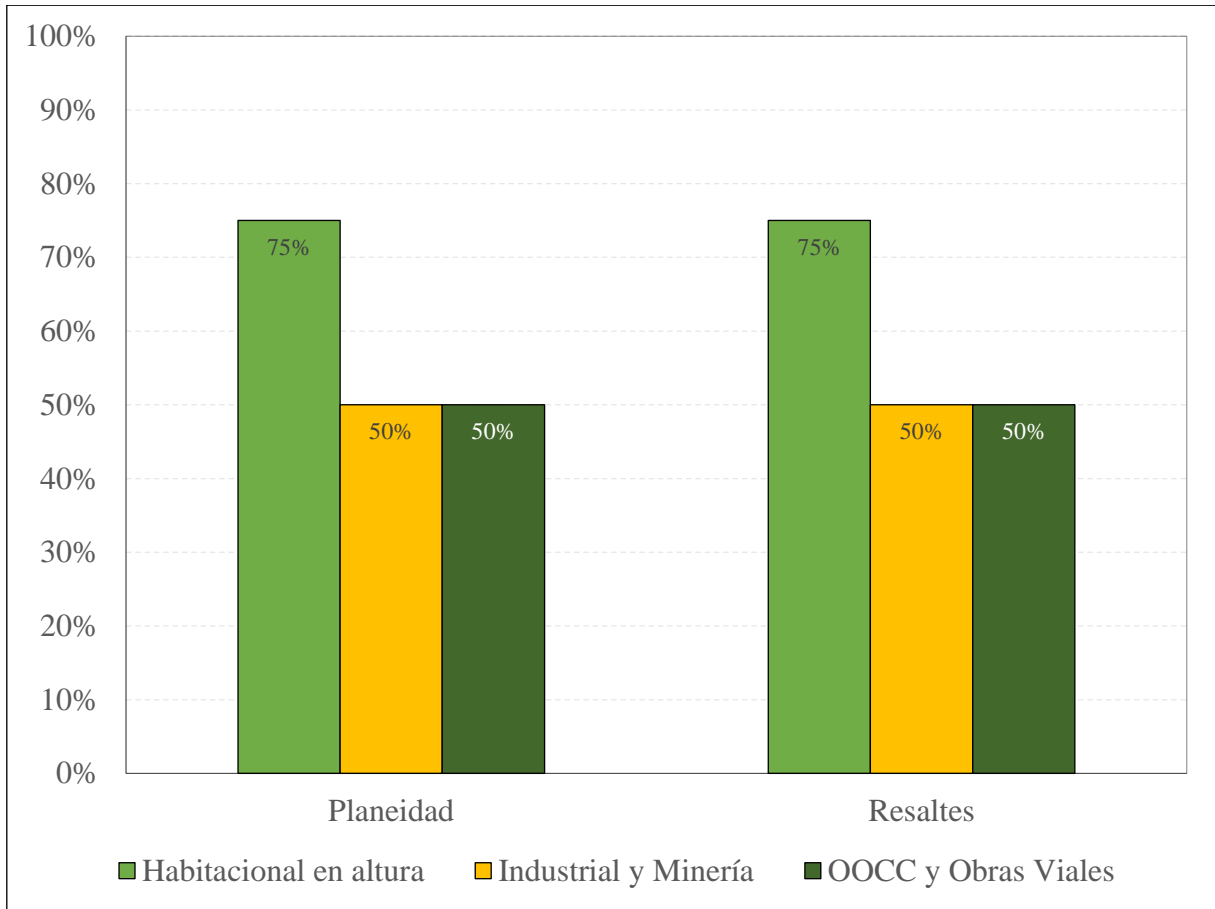


Figura 4.49: Indicadores especiales asociados a la Colocación del hormigón que deba cumplir con tolerancias dimensionales según los proyectos más relevantes de los encuestados

En primer lugar, se observa que para ambos indicadores no se registran respuestas para los proyectos Habitacionales en extensión y Otros. Luego, es notable observar que para ambos indicadores especiales propuestos se presenta la misma distribución de respuestas, presentando ambos un elevado porcentaje de respuestas para cada uno de los proyectos en donde los encuestados dicen haber obtenido su mayor experiencia en las labores de hormigonado: 50% de su total para Obras Civiles y Viales y proyectos Industriales y Mineros y 75% de su total para proyectos Habitacionales en altura.

## 5. PROPUESTA DE INDICADORES

Finalmente, tras la aplicación del instrumento por parte de los profesionales colaboradores y el posterior análisis de los resultados obtenidos por parte del estudiante, se propone un set de indicadores de la calidad del hormigón, con la finalidad que este sea incorporado por los especificadores en etapas tempranas de Ingeniería.

Como ya se indicó en el capítulo 4.2, el criterio para la validación de cada indicador definido en conjunto con la Profesora Guía del presente Trabajo de Título y los profesionales expertos Milenko Ogaz Carrasco y Carlos Gálvez Lillo es que cada indicador, por sí solo, presente en la suma de sus respuestas 1: Hace sentido bajo ciertas condiciones y 2: Hace sentido completamente un porcentaje superior al 80% de las respuestas.

En la Tabla 0.1: Indicadores de la Calidad del Hormigón definitivos y en la Figuras que se muestran a continuación se presentan los indicadores de la calidad del hormigón definitivos según las etapas del proceso de hormigonado ya descritas. Es importante mencionar que no se propone un set de indicadores especiales de la calidad del hormigón puesto que no pueden ser validados debido al bajo número de respuestas obtenidas para ellos.

### a) Recepción del hormigón

Para la etapa de Recepción del hormigón se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.1, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

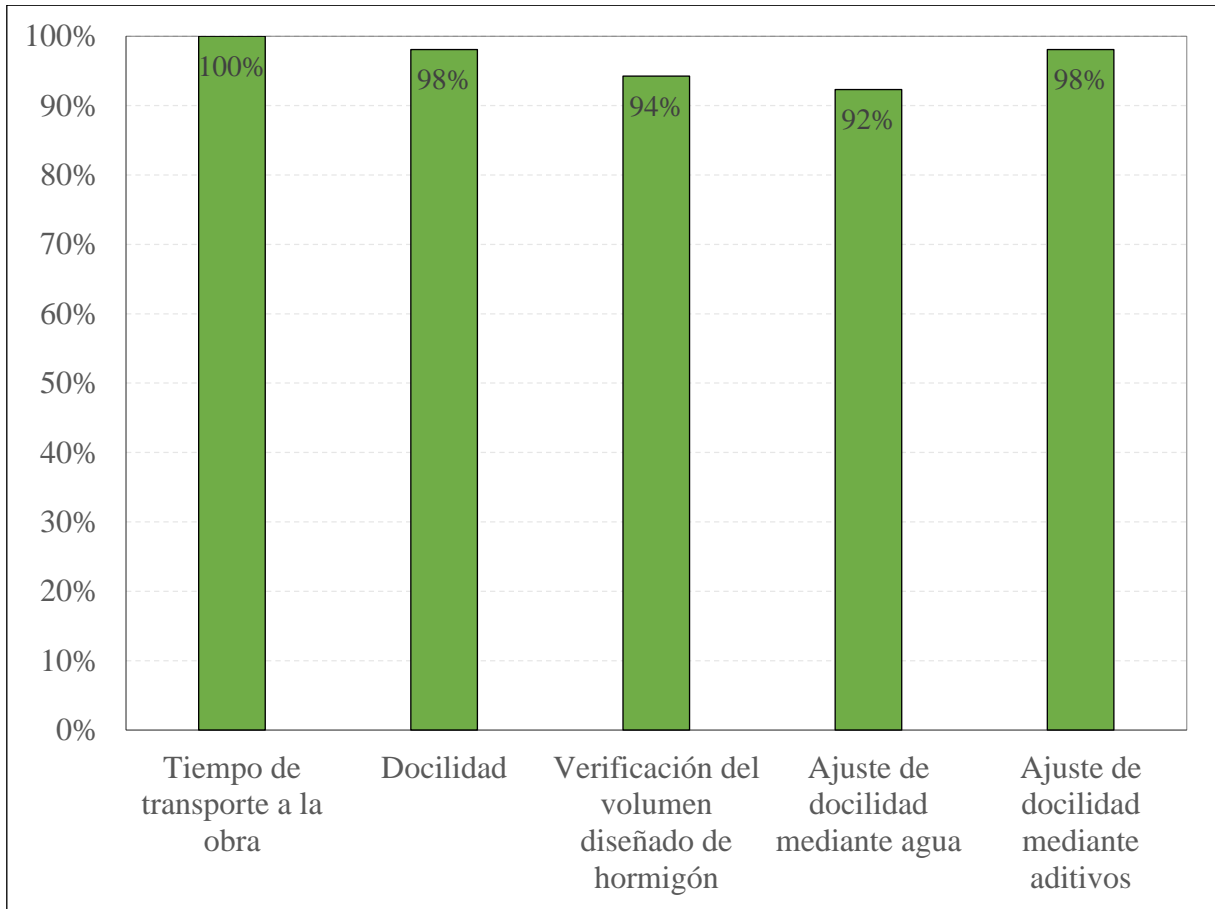


Figura 5.1: Indicadores definitivos para la etapa Recepción del hormigón

b) Distribución del hormigón en obra

Para la etapa de Distribución del hormigón en obra se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.2, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

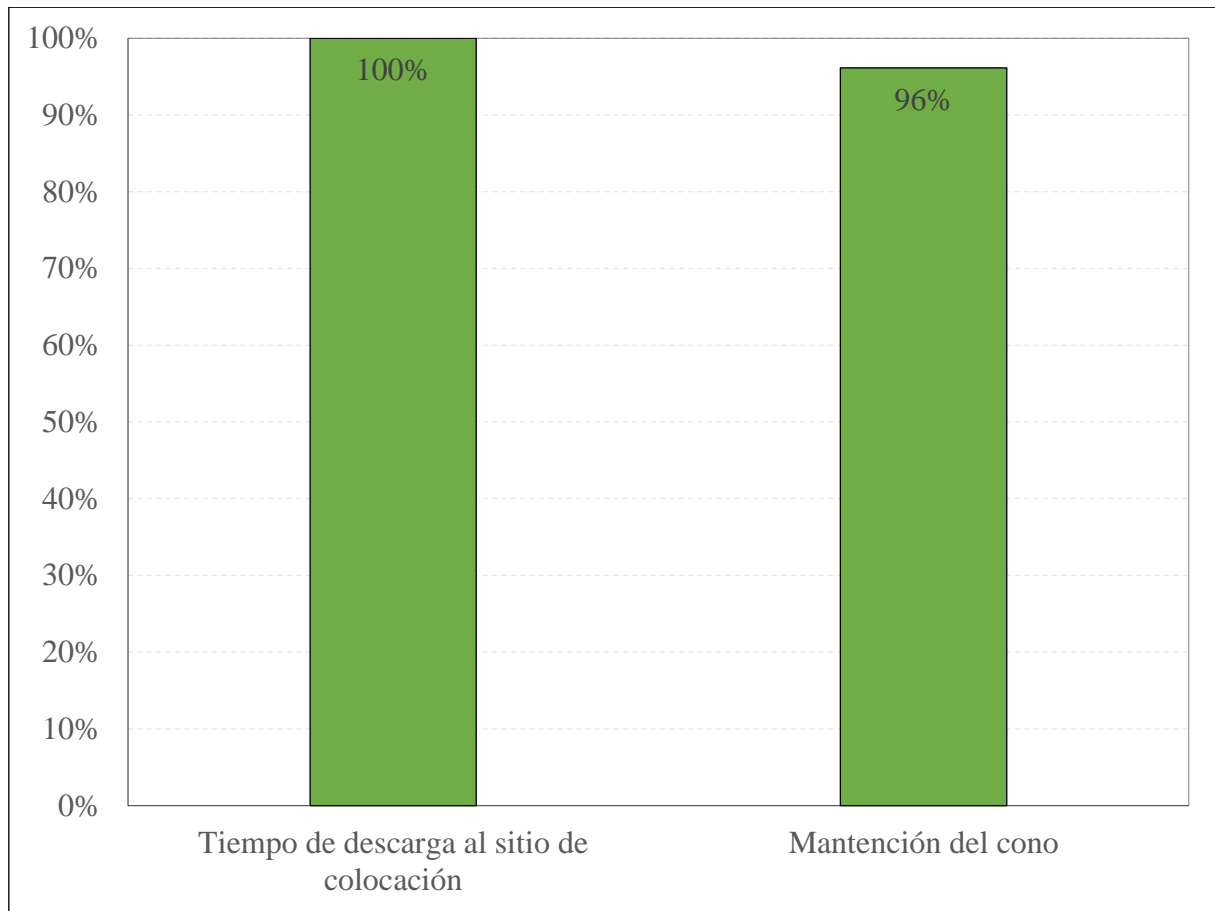


Figura 5.2: Indicadores definitivos para la etapa de Distribución del hormigón en obra

c) Colocación del hormigón

Para la etapa de Colocación del hormigón se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.3, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

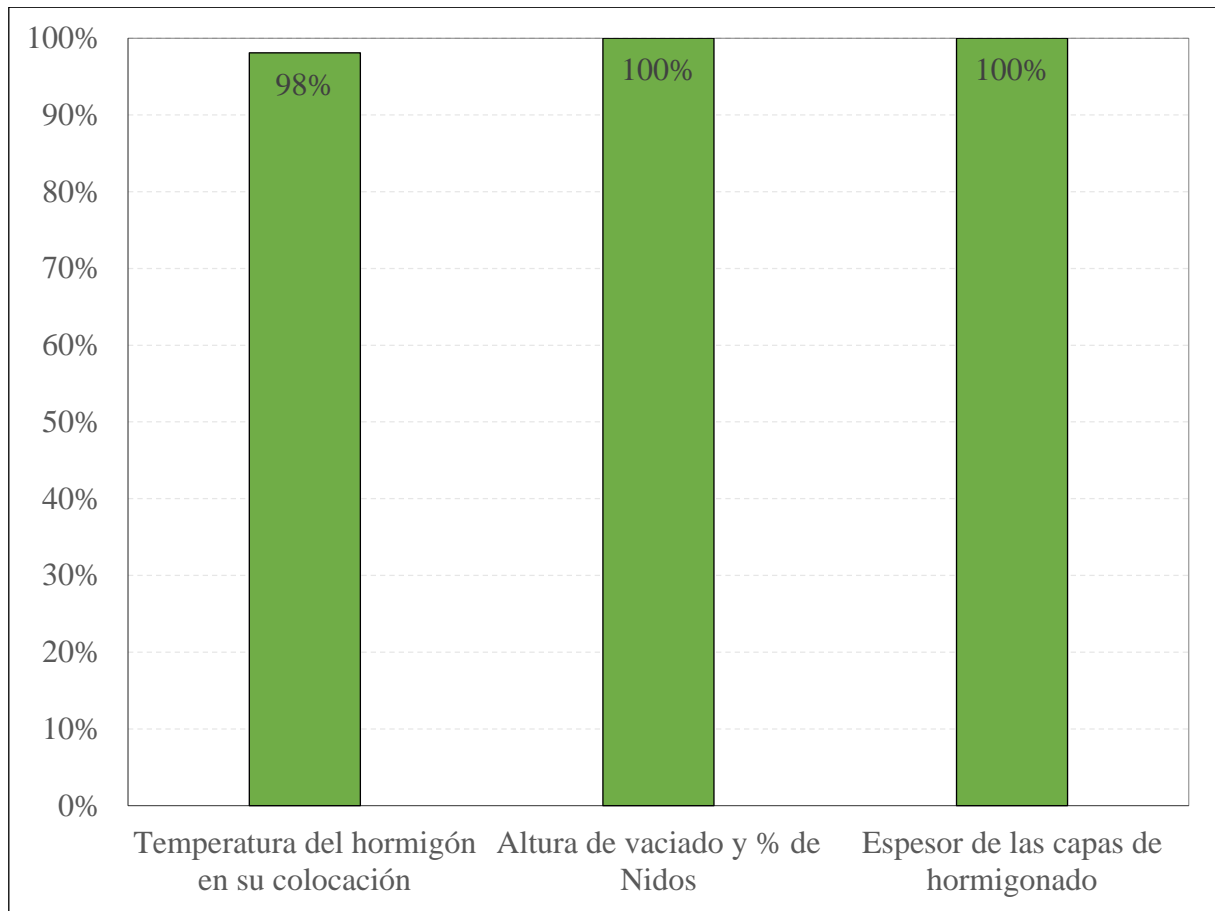


Figura 5.3: Indicadores definitivos para la etapa Colocación del hormigón

d) Compactación del hormigón

Para la etapa de Compactación del hormigón se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.4, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.



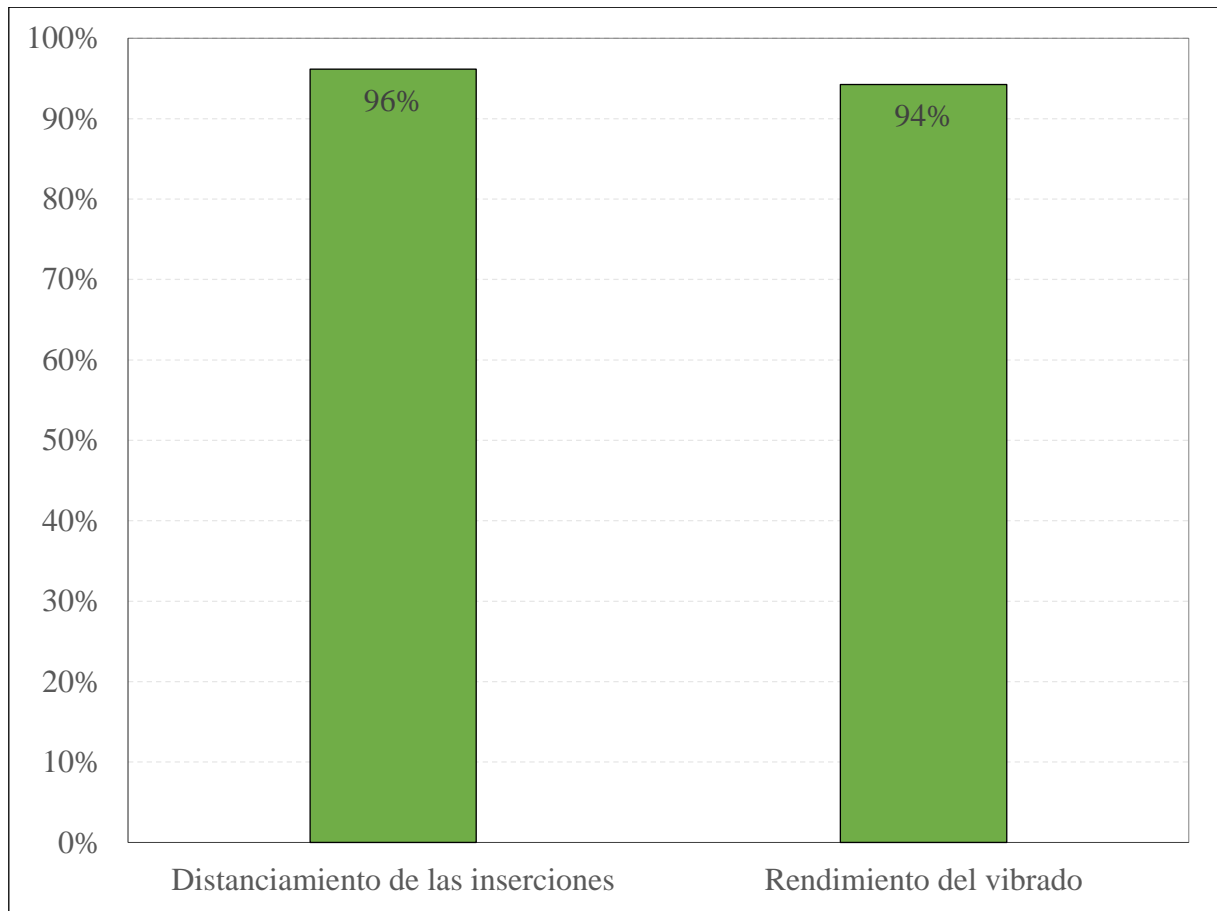


Figura 5.4: Indicadores definitivos para la etapa de Compactación del hormigón

e) Curado y Protección del hormigón

Para la etapa de Curado y Protección del hormigón se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.5, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

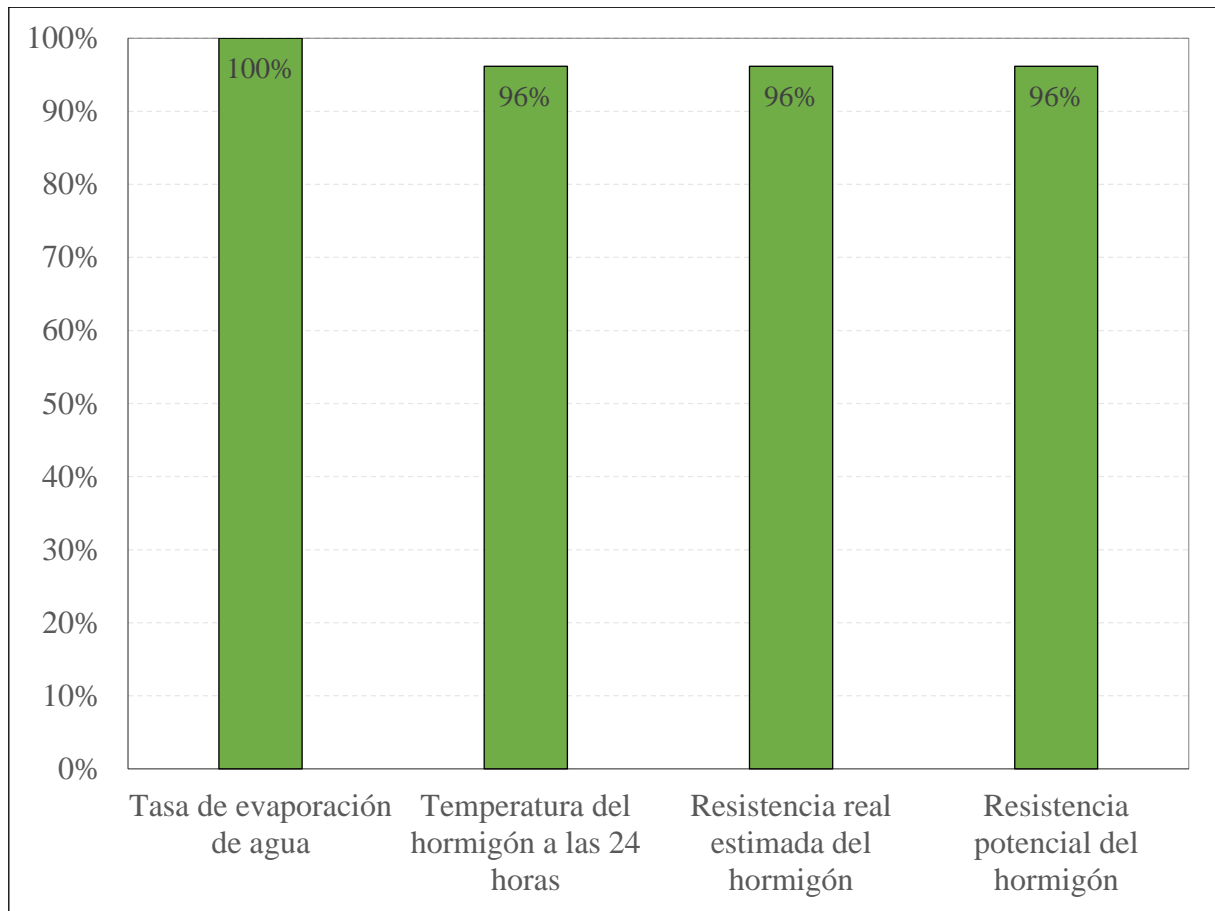


Figura 5.5: Indicadores definitivos para la etapa de Curado y Protección del hormigón

f) Desmolde y Descimbre

Para la etapa de Desmolde y Descimbre se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.6, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

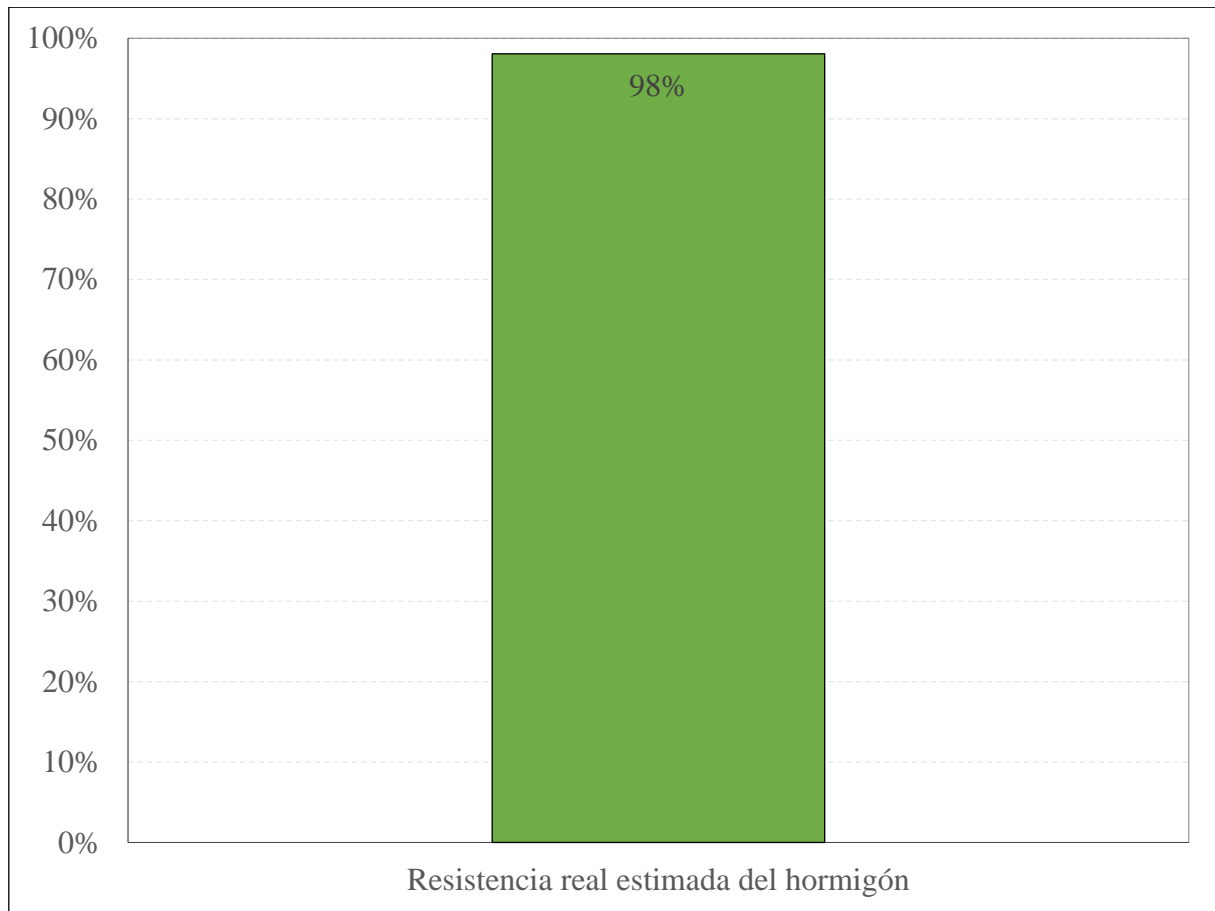


Figura 5.6: Indicadores definitivos para la etapa de Desmolde y Descimbre

g) Aceptación del hormigón colocado de Evaluación Estadística

Para la etapa de Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística se validó el set de indicadores de la calidad del hormigón que se presenta en la Figura 5.7, figura en donde también se puede observar el porcentaje de validación de cada uno de los indicadores pertenecientes a la etapa respectiva.

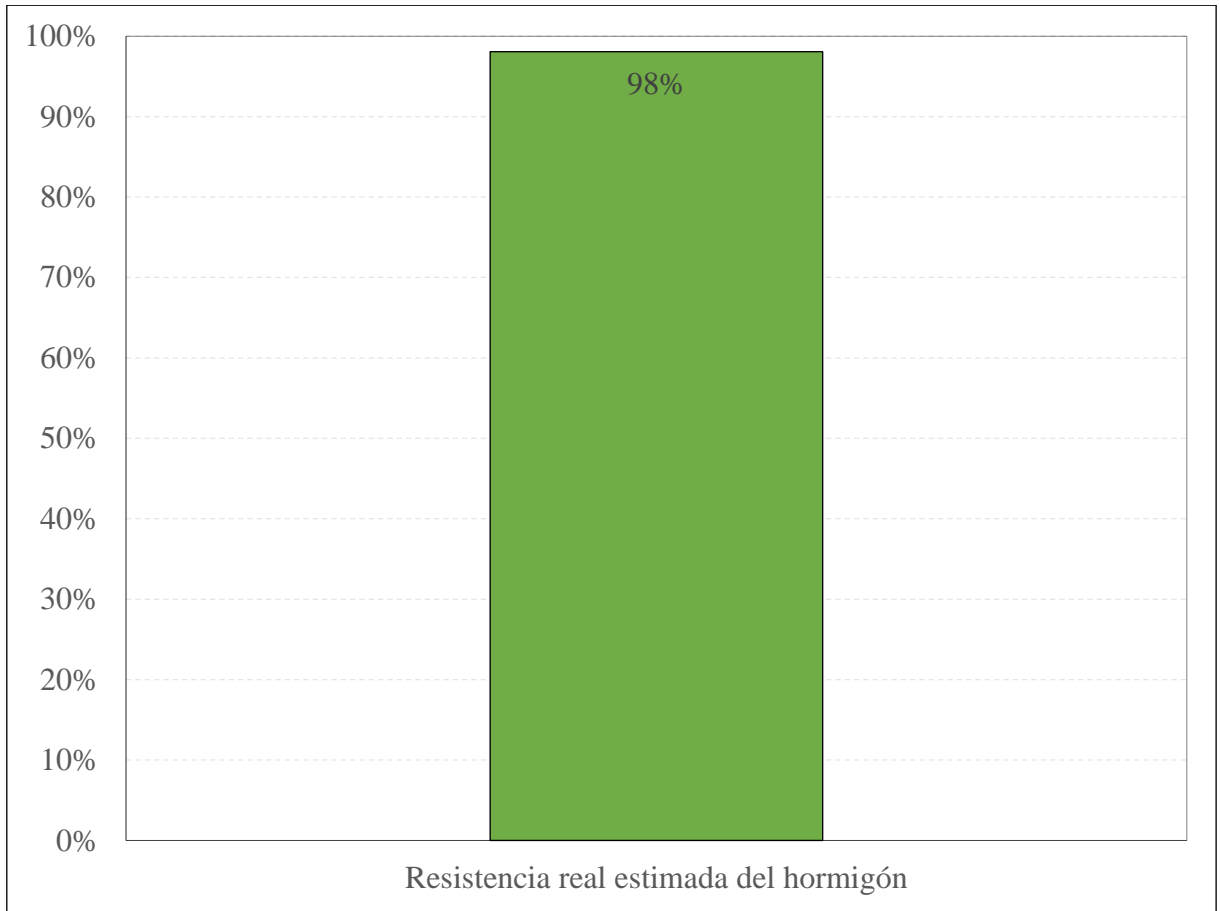


Figura 5.7: Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística

## 6. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se establecen procesos junto a indicadores de la calidad del hormigón de acuerdo con las normativas nacionales vigentes, los códigos ACI pertinentes y diversas especificaciones técnicas del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. De esta primera revisión bibliográfica se establecen las siguientes 7 etapas críticas del proceso de hormigonado: 1) Recepción del hormigón, 2) Distribución del hormigón en obra, 3) Colocación del hormigón, 4) Compactación del hormigón, 5) Curado y Protección del hormigón, 6) Desmolde y Descimbre y 7) Aceptación del hormigón colocado por Evaluación Estadística, etapas en las cuales primeramente se identifica y se encasilla un set de 18 indicadores generales y un set de 11 indicadores especiales mediante los cuales es posible establecer la calidad del hormigón en las diferentes etapas ya descritas, indicadores que posteriormente serán validados.

Para la validación de los indicadores de la calidad del hormigón se diseñó una encuesta, la que fue confeccionada por el estudiante según las etapas del hormigonado ya descritas pues de esta manera es posible lograr una secuencia ordenada del proceso. La encuesta constaba de 7 preguntas en donde los profesionales se individualizaban y se caracterizaban, seguido por 18 preguntas de validación de indicadores generales de la construcción con hormigón. Finalmente, la encuesta constaba de 11 preguntas de validación de indicadores especiales de la calidad del hormigón asociados a especificaciones técnicas particulares, tales como durabilidad del hormigón, terminación del hormigón y tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldajes, además de 4 respuestas de filtro para estos últimos indicadores. Dichas preguntas ofrecían 3 posibles respuestas: “No hace nada de sentido”, “Hace sentido bajo ciertas condiciones” y “Hace sentido completamente”, respuestas mediante las cuales los encuestados indicaban su conocimiento, percepción y la validez de cada uno de los indicadores presentados. Esta encuesta fue validada por los profesionales expertos Carmen Paz Muñoz Effa, Milenko Ogaz Carrasco y Carlos Gálvez Lillo quienes presentaron, principalmente, comentarios de forma al respecto y con los cuales se generó una encuesta definitiva, encuesta que fue elaborada en la plataforma Formularios de Google y la que fue difundida mayoritariamente mediante la red social LinkedIn y redes de contacto personales.

Se estableció que el número mínimo de respuestas para considerar la muestra válida es 30 o más respuestas, puesto que, si la muestra no está muy sesgada, la teoría de muestreo garantiza buenos resultados. Dicho lo anterior, el instrumento fue respondido por 52 profesionales del sector de la construcción, de los cuales el cargo que más respuestas obtuvo fue Inspector Técnico de Obra con 16 respuestas, equivalentes al 30,8% del total de la muestra. Los años de experiencia de los profesionales que más respuestas obtuvo fue 16 o más años de experiencia con 20 respuestas, equivalentes al 38% de la muestra. Finalmente, los proyectos en donde los profesionales colaboradores indican haber obtenido su mayor experiencia en las labores de hormigonado que más respuestas obtuvo fueron los proyectos del tipo Habitacional en altura con 19 respuestas, equivalentes a un 37% del total de la muestra.

Junto con los profesionales expertos se llegó al consenso de que cada indicador quedaría validado si la suma de las respuestas “Hace sentido bajo ciertas condiciones” y “Hace sentido completamente” fuese superior al 80% de su total. Dicho esto y tras la aplicación de la Encuesta y el posterior análisis de los datos obtenidos mediante esta, se valida un set de 18 indicadores generales de la calidad del hormigón, correspondientes al mismo set propuesto, es decir, se logra la validación de cada uno de los indicadores generales planteados. El porcentaje de validación por parte de los encuestados fue superior al 92% para cada uno de los indicadores, en donde los indicadores Tiempo de transporte a la obra, Tiempo de descarga al sitio de colocación, Altura de vaciado y % de Nidos, Espesor de las capas de hormigonado y Tasa de evaporación de agua obtuvieron un 100% de validación. Además, los indicadores Docilidad, Ajuste de docilidad mediante aditivos, Temperatura del hormigón en su colocación y Resistencia real estimada del hormigón obtuvieron un 98% de validación, es decir, solo un encuestado indicó que dichos indicadores no le hacían nada de sentido. Resulta interesante observar que esta es una gama amplia de indicadores pertenecientes a cada una de las etapas de hormigonado descritas, salvo la etapa de Compactación del hormigón, lo que demuestra un avance significativo a lo tradicionalmente observado en cuanto a la gestión del hormigonado en donde por las mismas especificaciones técnicas de los proyectos solo se manejan indicadores asociados a los tiempos de transporte del hormigón, la resistencia a la compresión y la docilidad de este. La alta validación de indicadores como la Altura de Vaciado y % de Nidos o Tasa de evaporación de agua demuestran que en las obras cada vez se están considerando aspectos más técnicos, puesto que la medición de ellos implica una metodología de trabajo que requiere conocimiento e incluso instrumentación para ello.

Respecto a los indicadores especiales de la calidad del hormigón asociados a especificaciones técnicas adicionales, como la durabilidad del hormigón o tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldaje, no se obtuvo el número de respuestas mínimas necesarias de 30 para considerar la muestra válida por lo que no es posible validar ninguno de ellos. Del análisis de resultados también se observa que, según los parámetros establecidos por los profesionales expertos, todos los indicadores propuestos debiesen quedar validados si se hubiese obtenido el mínimo de respuestas necesarias puesto que todos obtuvieron porcentajes de validación superior al 89% de su total, sin embargo, esta es una conclusión que debe ponerse en contexto puesto que el bajo número de respuestas hace que no se obtengan tendencias y se presente una alta dispersión de los datos, por lo que no es posible obtener conclusiones con sustento.

Por último, se concluye que el objetivo principal del presente Trabajo de Título se cumple a cabalidad ya que se logra proponer y validar un set de indicadores de la construcción con hormigón, el que se obtiene bajo una encuesta con una muestra acorde y representativa y desde donde se levanta información directamente desde terreno por parte de profesionales de diversas áreas del rubro. Por último, se espera que este set de indicadores propuesto sea incorporado en etapas tempranas de ingeniería para que de esta manera se logre una mejor gestión del proceso de

hormigonado en las obras desde las especificaciones técnicas de los proyectos hacia adelante y no solamente desde lo que se hace en terreno.

Es importante mencionar que el estudio realizado en el presente Trabajo de Título se enmarca en un contexto exclusivamente académico. En esta misma línea, profesionales que colaboraron en el estudio hacen mención de que éste está orientado a experiencias profesionales posteriores al año 2016, año en que se actualizó la Norma Chilena NCh170 por lo que se puede producir un sesgo debido al desconocimiento de la Norma actual o bien, a la abstención de responder por el mismo motivo. Dichos profesionales colaboradores relatan que el desconocimiento de la normativa actual por parte del mundo profesional alcanza niveles preocupantes puesto que de su implementación hasta la fecha, han transcurrido 7 años. Un ejemplo claro de esto es la denominación del hormigón, la que hace algunos años cambió desde H a G y que sin embargo en la actualidad, sigue estando muy presente en las especificaciones técnicas y los planos de los proyectos.

Para estudios futuros y a modo de recomendación sería importante conocer las condiciones bajo las cuales el set de indicadores propuestos quedaría completamente validado, es decir, que los encuestados puedan indicar cuales son las condiciones bajo las cuales los indicadores les haría sentido completamente. La elaboración de un manual en donde se presenten los indicadores de manera más detallada, en donde se explique su forma de medición y en donde se presenten ejemplos de aplicación resultaría útil para ello, ya que de esa manera los profesionales que colaboren con dicho estudio lograrían una mayor interiorización de cada uno de los indicadores y de esa manera obtener respuestas más concluyentes dado el nivel de información que se manejaría. En esta misma línea, también sería interesante realizar una primera prueba del instrumento con los mismos profesionales colaboradores de tal manera de obtener un primer feedback de ellos mediante el cual se pueda generar un instrumento más cercano a ellos y a lo que se hace en terreno, obteniéndose de esta manera respuestas definitivas con mayor sustento, estandarización e información.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, L., Grillo, A., Freire, J., & Diethelm, S. (2001). Learning from Collaborative Benchmarking in the Construction Industry. *Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- American Concrete Institute. (2000). *ACI 304R-00 Guía para la Medición, Mezcla, Transporte y Colocación de Hormigón*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2000). *Guía para la Medición, Mezcla, Transporte y Colocación de Hormigón*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2005). *ACI 309R-05 Guía de Consolidación del Concreto*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2007). *ACI 311-07 Manual para Supervisar Obras de Concreto*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2010). *ACI 117-10 Especificación de Tolerancias para Materiales y Construcciones de Hormigón*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2010). *ACI 301S-10 Especificaciones para Concreto Estructural*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2014). *ACI 318SUS-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Farmington Hills.
- American Concrete Institute. (2014). *ACI 347R-14 Guía de Encofrados para Hormigón*. Farmington Hills.
- Banco Central de Chile. (2021). *Cuentas Nacionales de Chile 2018-2021*. Santiago.
- Bloom, N., & Van Reenen, J. (Mayo de 2010). New Approaches to Surveying Organizations. *American Economic Review*, 100(2), 105-109.
- Cámara Chilena de la Construcción. (2022). *Informe MACH 61: Macroeconomía y Construcción*. Santiago: Gerencia de Estudios Cámara Chilena de la Construcción.
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538.



- Cea D'Ancona, M. Á. (1996). *Metodología Cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: Síntesis.
- Centro Sismológico Nacional. (17 de Enero de 2022). 7436 sismos registró el CSN en Chile durante el 2021. Santiago, Región Metropolitana, Chile.
- García Ferrando, M., Ibáñez, J., & Alvira, F. (1993). *El análisis de la realidad social: Métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Holmberg, A. (Diciembre de 2008). *Revista EMB Construcción*. Obtenido de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=964&ni=augusto-holmberg-chile-esta-en-una-coyuntura-donde-es-necesario-abrir-mayores-espacios-para-mejorar-la-productividad>
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2005). *DTE 002-05: Altura de Vaciado del Hormigón en Elementos Verticales*. Comité de Colocación del Hormigón, Santiago.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2006). *ET 004-06: Tolerancias Dimensionales en Elementos de Hormigón Armado*. Santiago.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (2007). *ET 005-07: Criterios de Aceptación de Superficies Moldeadas en Elementos de Hormigón*. Santiago.
- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (1 de Agosto de 2022). *ICH*. Obtenido de <https://ich.cl/estadisticas/material-muros-superficie-total-y-participacion/>
- Instituto Nacional de Normalización. (1989). *NCh1998 Hormigón - Evaluación estadística de la resistencia mecánica*. Santiago.
- Instituto Nacional de Normalización. (1992). *NCh1934 Hormigón preparado en central hormigonera*. Santiago.
- Instituto Nacional de Normalización. (2009). *NCh1019 Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams*. Santiago.
- Instituto Nacional de Normalización. (2016). *NCh170 Hormigón - Requisitos generales*. Santiago.
- Madariaga, R. (1998). Sismicidad de Chile. *Física de la Tierra*, 222.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2022). *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*. Santiago.

- OCDE. (2002). Glosario de los principales términos sobre evaluación y gestión basada en resultados. *Evaluation and Aid Effectiveness*, 6.
- Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs* (Segunda ed.). Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Polpaico. (2021). *Manual del Constructor*. Santiago.
- Saragoni, R. (2011). El mega terremoto del Maule de 2010: Una lección de buena Ingeniería, pero con sorpresa y nuevos desafíos. *Revista Anales*, 37.
- Sierra Bravo, R. (1994). *Técnicas de Investigación Social*. Madrid: Paraninfo.
- Souza, R., Mekbekian, G., Silva, M., Leitao, A., & Santos, M. (1994). Indicadores da qualidade e produtividade.
- Wapole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena ed.). México: Pearson Education.

# ANEXOS

## Anexo A. Bosquejo de la encuesta

La siguiente Encuesta se desarrolla en el contexto de una Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Con ella, se busca la validación de un set de Indicadores de la Calidad del Hormigón que fueron levantados desde diversas normas nacionales e internacionales, además de especificaciones técnicas y manuales de construcción afines.

### 1. Caracterización del encuestado

**Nombre:**

**Cargo:**

Administrador del Contrato	Inspector Técnico de Obra	Jefe de Terreno	Visitador de Obra	Otro (¿Cuál?)
----------------------------	---------------------------	-----------------	-------------------	---------------

**Años experiencia:**

### 2. Caracterización de la obra

**Nombre:**

**Tipo:**

Habitacional en altura	Habitacional en extensión	Industrial	OOCC y Obras Viales
------------------------	---------------------------	------------	---------------------

**Indicadores:**

¿Se utilizan indicadores de la Calidad del Hormigón?, ¿Cuáles?

La encuesta consiste en una serie de preguntas sobre los Indicadores de la Calidad del hormigón propuestos, clasificadas según las etapas de hormigonado: Distribución del hormigón, Colocación del hormigón, Compactación del hormigón, Curado y protección del hormigón, Desmolde y descimbre y Aceptación del hormigón colocado. En ella, se solicita al encuestado entregar su percepción de los indicadores propuestos, calificando con un 0 si no le hace nada de sentido, 1 si le hace sentido bajo ciertas condiciones y 2 si le hace sentido completamente.

### **3. Indicadores corrientes de la Calidad del Hormigón**

#### **3.1. Recepción del hormigón**

En la Recepción del hormigón se deben verificar diferentes parámetros propios del hormigón y otros asociados a su manipulación, tales como tiempo de transporte a obra, volumen de hormigón, docilidad, entre otros. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón

##### **3.1.1. Tiempo de transporte a la obra**

Según la norma NCh170:2016, a menos que se especifique lo contrario, el tiempo de transporte a la obra no deberá exceder las dos horas desde el inicio de la carga del hormigón hasta su descarga completa, es decir, incluyendo los tiempos de transporte en obra y los tiempos de colocación

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.1.2. Docilidad

La docilidad es la facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación. Debe ser medida mediante el Cono de Abrams como se especifica en la norma NCh1019:2009

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.1.3. Verificación del volumen diseñado de hormigón

La verificación del volumen de hormigón diseñado se realiza, en caso de no presentarse algún método propio, como el cociente entre el peso total de los materiales utilizados y la densidad aparente del hormigón según la norma NCh1564:2009. El margen es  $\pm 3\%$  entre lo diseñado y lo confeccionado

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.1.4. Ajuste de docilidad

Según la NCh170:2016 y solo si es que el hormigón cumple con las tolerancias, el ajuste de docilidad se debe realizar mediante la adición de agua o aditivos. En el primer caso, se debe realizar solo una vez previo al inicio de la descarga y en un plazo máximo de 15 minutos, debiendo el equipo mezclador girar hasta lograr la homogeneidad de la mezcla. En el segundo caso, el diseñador de la mezcla debe indicar tipo, dosis y modo de empleo del aditivo

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### **3.2. Distribución del hormigón en obra**

El hormigón debe ser transportado rápidamente desde la mezcladora hasta su sitio de colocación mediante métodos que eviten su segregación o pérdida de materiales y aseguren la calidad requerida del concreto. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón

#### 3.2.1. Tiempo de descarga al sitio de colocación

Como se especifica en la norma NCh170:2016 y siempre que no se especifique lo contrario, cualquiera sea el método de transporte en la obra, el volumen de hormigón se debe colocar en un plazo no mayor a 30 minutos desde que sale del equipo agitador o mezclador. Este tiempo debe estar incluido en las dos horas del ciclo de carga y descarga

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 3.2.2. Mantenimiento del cono

Es importante cuantificar la pérdida de docilidad que el hormigón pueda experimentar durante el proceso de colocación, ya sea por su transporte, tiempo de hormigonado o condiciones climáticas adversas, debiendo este cumplir siempre con las tolerancias de docilidad y/o mantenga sus condiciones de colocación. Se calcula como la diferencia

entre la docilidad en la recepción del hormigón con la docilidad en cualquier otro punto de la descarga

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.3. Colocación del hormigón

La colocación del hormigón se debe realizar mediante métodos que mantengan el hormigón uniforme y libre de imperfecciones, evitando la segregación y la formación de áreas porosas y alveoladas, además de evitar el desplazamiento de moldajes y enfierraduras, garantizando así una correcta adherencia entre capas. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores

#### 3.3.1. Temperatura del hormigón en su colocación

La norma NCh170:2016 especifica que en el momento de la colocación del hormigón y salvo se especifique lo contrario, su temperatura debe estar entre los 5° y 35°. En caso de que el hormigonado se realice en casos especiales de exposición, se deben tomar las medidas necesarias especificadas en la misma norma para evitar congelamiento o fisuración del hormigón

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 3.3.2. Altura de vaciado y Porcentaje de Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales

La altura de vaciado corresponde a la distancia de caída libre que debe recorrer el hormigón sin manga ni tubo. Los nidos se definen como las zonas con áridos expuestos con escasa presencia de pasta de cemento. La altura de vaciado debe ser tal que se produzca la mínima o nula segregación del hormigón en la base del elemento vertical hormigonado, es decir, que en cada cara del elemento la cantidad de nidos no sobrepase el 10% de la superficie de los 20 cm inferiores

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.3.3. Espesor de las capas de hormigonado

Como establece la norma NCh170:2016, el hormigón debe ser colocado en franjas o capas de acuerdo con el elemento estructural y los equipos seleccionados para su compactación. El espesor de las capas de hormigonado debe ser tal que los elementos de inmersión penetren la capa subyacente de hormigón, que no se generen nidos en su colocación ni se generen líneas de hormigonado

Percepción:

0	1	2
---	---	---

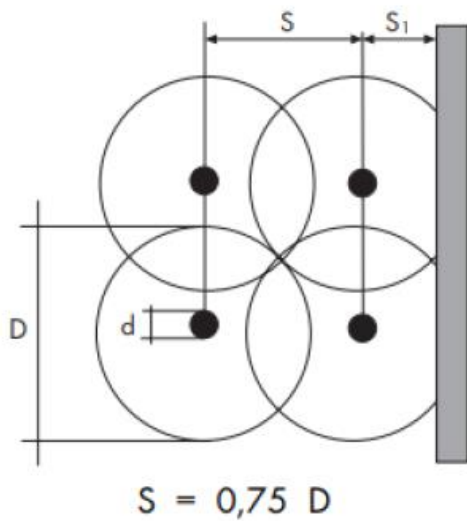
### 3.4. Compactación del hormigón

Como establece la norma NCh170:2016, la compactación del hormigón se debe realizar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se obtenga la máxima compactación eliminando el exceso de aire atrapado, asegurando que las armaduras queden completamente embebidas en el hormigón y se logre la terminación superficial requerida. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón



### 3.4.1. Distanciamiento de las inserciones

A menos que se especifique lo contrario, se deben utilizar los vibradores de mayor tamaño y potencia, procurando que las separaciones entre las inmersiones del vibrador no excedan 1,5 el radio de acción dentro del hormigón a consolidar, tal como se observa en el siguiente esquema



Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.4.2. Rendimiento del vibrado

La velocidad de llenado del hormigón está estrechamente relacionada con el rendimiento del vibrado. Si se quiere verter hormigón a una tasa mayor, serán necesarios más elementos de vibrado. Dicho lo anterior, se propone medir la tasa de vibrado según la capacidad de vibrado disponible vs. la tasa de llenado del hormigón sobre los elementos.

$$\frac{\text{Rendimiento teórico de vibrado}}{\text{Rendimiento real}} = \frac{\text{Capacidad de vibrado disponible}}{\text{Velocidad de llenado del hormigón}}$$

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.5. Curado y protección del hormigón

El curado corresponde al proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado, de modo que pueda desarrollar sus propiedades, por el periodo de tiempo que se requiera. La protección del hormigón tiene como propósito evitar que el hormigón, a temprana edad, se encuentre expuesto a acciones externas que puedan afectar sus propiedades

#### 3.5.1. Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración

La temperatura ambiental, la humedad relativa del aire, la velocidad del viento y la temperatura del hormigón propician condiciones para una alta evaporación de agua en el hormigón. Se estima que la tasa de pérdida de agua no debe superar los 1,0 kg/m<sup>2</sup>/h, puesto que aumenta el riesgo de fisuración del hormigón. El procedimiento se explica en detalle en el Anexo A de la norma NCh170:2016

$$E = 5 \cdot [(T_c + 18)^{2,5} - r \cdot (T_a + 18)^{2,5}] \cdot [V + 4] \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$E$ : Tasa de evaporación de agua,  $kg/m^2/h$

$T_c$ : Temperatura del hormigón en la superficie, °C

$T_a$ : Temperatura ambiente, °C

$r$ : Humedad relativa/100

$V$ : Velocidad del viento,  $km/h$

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.5.2. Temperatura del hormigón a las 24 horas

Inmediatamente después de la colocación del hormigón, este se debe proteger contra el secado prematuro, el calor excesivo, las bajas temperaturas y el daño mecánico, debiendo mantenerse la protección para prevenir el congelamiento del concreto y asegurar el desarrollo de la resistencia necesaria para la seguridad estructural. La protección puede removerse si la máxima reducción en la temperatura superficial en un periodo de 24 horas no excede:

- 28°C para elementos cuya menor dimensión sea inferior a 300 mm.
- 22°C para elementos cuya menor dimensión esté entre 300 y 900 mm.
- 17°C para elementos cuya menor dimensión está entre 900 mm y 1,8 m.
- 11°C para elementos cuya menor dimensión es superior a 1,8 m.

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.5.3. Resistencia real estimada del hormigón

Medida mediante métodos como madurez, probetas curadas bajo condiciones de obra, testigos u otros. Una vez alcanzado el 70% de la resistencia especificada se permitirá discontinuar el curado del hormigón

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 3.5.4. Resistencia potencial del hormigón

Medida mediante probetas moldeadas y probadas en laboratorio, probetas extraídas, confeccionadas, curadas y ensayadas según las normas chilenas pertinentes. Una vez el hormigón haya alcanzado una resistencia de al menos un 85% de la resistencia especificada, se permitirá discontinuar el curado del hormigón

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 3.6. Desmolde y descimbre

Según la norma NCh170:2016, el desmolde corresponde al proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón, mientras que el descimbre corresponde al proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón. El inicio del desmolde y descimbre depende de las resistencias que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores

##### 3.6.1. Resistencia real estimada del hormigón

Se debe estimar preferentemente por medio de métodos de madurez o en su defecto, por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado, debiendo cumplir dichas resistencias estimadas con lo estipulado en la norma NCh170:2016 capítulo 15

Percepción:

0	1	2
---	---	---

### 3.7. Aceptación del hormigón colocado mediante Evaluación estadística

Una vez colocado el hormigón, se debe verificar que cumpla con la resistencia especificada del proyecto. Si la resistencia a la compresión es la base de aceptación del hormigón, la norma NCh1998:1989 Evaluación estadística establece procedimientos de la calidad del hormigón de tal manera de determinar la conformidad de los resultados de la resistencia a la compresión con respecto a la especificada. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón

#### 3.7.1. Resistencia potencial del hormigón

Medida mediante probetas moldeadas probadas en laboratorio, probetas extraídas, confeccionadas, curadas y ensayadas según las normas chilenas pertinentes. Las resistencias obtenidas mediante estos ensayos posteriormente serán sometidas a su Evaluación estadística con lo que se determinará si se acepta o no el lote de hormigón colocado

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4. Indicadores especiales de la Calidad del Hormigón

Adicionalmente, se definen indicadores de la calidad del hormigón para casos especiales en donde las especificaciones técnicas exijan requisitos adicionales sobre sus propiedades, su colocación, su grado de terminación, etc. Dichos indicadores se encasillan según las etapas de hormigonado ya descritas

## 4.1. Recepción del hormigón

### 4.1.1. Contenido de aire

El aire total corresponde al aire contenido en el hormigón, considerado para ello el aire atrapado durante el mezclado y el aire incorporado intencionalmente durante el amasado mediante el uso de aditivos. Si el hormigón estará sometido a ciclos de congelación y deshielo, se debe cumplir con un cierto % de aire total según el grado de exposición del hormigón y el tamaño máximo de áridos (Tabla 4 NCh170:2016), con una tolerancia de  $\pm 1,5\%$

Percepción:

0	1	2
---	---	---

## 4.2. Colocación del hormigón

### 4.2.1. Indicadores para el hormigón colocado que deba cumplir con algún grado de terminación

Los indicadores que se presentan a continuación corresponden a una serie de imperfecciones por la colocación del hormigón en superficies que han sido hormigonadas contra moldajes fijos y de elementos que han sido construidos in situ con procedimientos tradicionales aceptados para la colocación del hormigón. Dichos indicadores son exigibles para elementos cuya superficie de hormigón quede a la vista, aunque para casos en que el hormigón esté recubierto estos indicadores son propuestos para cuidar el efecto de eventuales patologías que puedan afectar la durabilidad del hormigón

#### 4.2.1.1. Falta llenado

Corresponde a zonas sin hormigón bajo ventanas o pasadas. La falta de llenado, expresada en cm, se determina mediante la siguiente expresión

$$Fll = h_T - h_{Ll}$$

Donde:

$h_T$ : altura a la que debió haber llegado el hormigón (altura de proyecto), medido desde la base del elemento hasta el borde de la ventana o pasada, medido en centímetros

$h_{Ll}$ : altura medida desde la base del elemento hasta el punto más desfavorable o bajo que alcanzó el hormigón, medido en centímetros

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.2. Huecos

$$\%H = \frac{\sum S_H}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$S_H$ : superficie de cada zona con Huecos, existentes en la cara visible de la superficie del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_T$ ; área total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de las superficies ocupadas por vanos

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.3. Reflexión de armaduras

Corresponde a una imperfección que se manifiesta mediante fisuración o decoloración superficial, siguiendo la ubicación de las armaduras bajo el recubrimiento. En particular, la reflexión de armaduras que se menciona se trata de una imperfección superficial por un espesor insuficiente del recubrimiento. Se determina mediante la siguiente expresión

$$\%RA = \frac{\sum(a \cdot b)}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

*a* y *b*: longitudes de los lados del rectángulo circunscrito a los bordes de las armaduras que se reflejan, expresadas en metros

$S_T$ ; área total de la cara visible del elemento de hormigón expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ ; sumatoria de superficies ocupadas por vanos

#### 4.2.1.4. Pérdida de aristas

Corresponde a la rotura de bordes, esquinas, canterías, etc. Se determina mediante la siguiente expresión

$$\%PA = \frac{L}{L_T} \cdot 100$$

Donde:

*L*: longitud de la pérdida de arista o borde, expresada en metros

$L_T$ : longitud total de la arista o borde del elemento de hormigón, expresado en metros



Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.5. Burbujas

Cavidades de diámetro menor o igual a 1 cm, que pueden deberse a procedimientos de colocación o sistemas de compactación inadecuados, cantidad y calidad de desmoldante y textura del moldaje. Para determinar la zona afectada por esta imperfección superficial, se deberá tomar como criterio el área donde exista la mayor concentración de burbujas y que estas sean observables a una distancia de al menos 5 m

$$\%B = \frac{\sum A}{S_T - S_{vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$A$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara del elemento de hormigón expresado en  $m^2$

$S_{vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.6. Escurrimiento superficial

Corresponde a derrames de lechada de hormigón, producidos por el hormigonado superior o lateral sobre un hormigón anterior, producido generalmente por la falta de sujeción o sellado de los moldajes nuevos contra la etapa de hormigón anterior. Se debe realizar la medición antes

de escariar o remover la lechada u hormigón proveniente del escurrimiento. Se determina mediante la siguiente expresión

$$\%ES = \frac{\sum E_S}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$E_S$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.7. Distinta coloración

Corresponde a tonalidades de colores notoriamente diferentes en una misma superficie, producida principalmente por las características del hormigón, tipo de desmoldante utilizado, tipo de placas en los moldajes, etc. Se debe definir el criterio de aceptación antes de la ejecución de la obra

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.1.8. Micro segregación

Corresponde al defecto que se produce en la unión entre las placas de los moldajes debido a la pérdida de lechada de cemento, produciendo así una superficie rugosa con el árido fino a la vista. Se determina mediante la siguiente expresión

$$\%Mg = \sum (LMg/LM) \cdot 100$$

Donde:

*LMg*; longitud parcial que manifiesta esta imperfección expresada en metros

*LM*: longitud total de encuentros de moldajes

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.2. Indicadores del hormigón para elementos de hormigón armado que deban cumplir con tolerancias dimensionales

Los indicadores que se presentan a continuación tienen como finalidad establecer valores de tolerancias dimensionales sobre los elementos de hormigón armado, definidos considerando límites máximos admisibles. Dichos valores están referidos al elemento de hormigón desmoldado y sin revestimiento en su etapa de construcción producidos únicamente por deformaciones del sistema de moldajes, sin considerar deformaciones estructurales

##### 4.2.2.1. Planeidad

Corresponde a la diferencia de distancias entre un plano teórico de referencia (vertical, horizontal o inclinado) y la superficie del elemento en cuestión. Dicho lo anterior, se define verticalidad como la planeidad de un elemento vertical y horizontalidad como la planeidad de un elemento horizontal. Los valores admisibles para la planeidad se definen en la ET 004-06 del ICh, valores sujetos al grado de terminación y la longitud de referencia de medición escogida

Percepción:

0	1	2
---	---	---

#### 4.2.2.2. Resaltes

Corresponden a irregularidades producidas en la superficie del elemento que se forma en las uniones de placas o de módulos de moldajes o entre paneles de muros. También pueden producirse durante el proceso de terminaciones superficiales de una losa o radier, midiéndose en ambos casos en dirección perpendicular desde una superficie teórica paralela a la superficie correspondiente. Los valores admisibles para la planeidad se definen en la ET 004-06 del ICh, valores sujetos al grado de terminación y la longitud de referencia de medición escogida

Percepción:

0	1	2
---	---	---

## Anexo B. Encuesta Definitiva

14/11/22, 15:30

Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

### Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

La siguiente Encuesta se desarrolla en el contexto de una Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Con ella, se busca la validación de un set de Indicadores de la Calidad del Hormigón que fueron levantados desde diversas normas nacionales e internacionales, además de especificaciones técnicas y manuales de construcción afines.

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

Correo electrónico \*

Tu dirección de correo electrónico

Nombre: \*

Tu respuesta

Cargo en donde obtuvo más experiencia en las labores de hormigonado: \*

- Administrador del Contrato
- Inspector Técnico de Obra
- Jefe de Terreno
- Visitador de Obra
- Otros:



<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLStU3JePcJRdJN-R4gySIOAhILV0-HC4Cd5BsFI2WjKqJZcilQ/viewform>

1/3

Figura 0.1: Encuesta definitiva 1

**Años de experiencia: \***

0-5

6-10

11-15

16 o más

**Tipo de proyecto en donde obtuvo más experiencia en las labores de hormigonado: \***

Habitacional en altura

Habitacional en extensión

Industrial y Minería

OCCC y Obras Viales

Otros:

**¿Se utilizaron indicadores de la calidad del hormigón en el o los proyectos en donde obtuvo más experiencia en las labores de hormigonado? \***

Si

No



Figura 0.2: Encuesta definitiva 2

**En caso de que su respuesta anterior haya sido afirmativa, ¿Reconoce algún indicador de los que se exponen en las siguientes alternativas? Puede seleccionar más de una alternativa**

- Recepción del hormigón: Tiempo de transporte a la obra, Docilidad, Verificación del volumen diseñado de hormigón, Ajuste de docilidad
- Distribución del hormigón en obra: Tiempo de descarga al sitio de colocación, Mantención del cono
- Colocación del hormigón: Temperatura del hormigón en su colocación, Altura de vaciado y Nidos en los 20 cm inferiores, Velocidad de llenado, Espesor de las capas
- Compactación del hormigón: Distanciamiento inserciones, Rendimiento del vibrado
- Curado y protección del hormigón: Tasa de evaporación de agua, Temperatura del hormigón a las 24 hrs, Resistencia real estimada del hormigón, Resistencia potencial del hormigón
- Desmolde y descimbre: Resistencia real estimada del hormigón
- Aceptación del hormigón colocado por Evaluación estadística: Resistencia potencial del hormigón
- Indicadores especiales según requerimientos adicionales en las especificaciones técnicas
- Otros:

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíe contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLStU3JePcRdJN-R4gySIOAhILV0-HC4Cd5BsFI2WjKqJZcilQ/viewform>

3/3

Figura 0.3: Encuesta definitiva 3

# Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

## Formato de la encuesta

La encuesta consiste en una serie de preguntas sobre los Indicadores de la Calidad del hormigón propuestos, clasificadas según las etapas de hormigonado:

- Distribución del hormigón
- Colocación del hormigón
- Compactación del hormigón
- Curado y protección del hormigón
- Desmolde y descimbre
- Aceptación del hormigón colocado

Se solicita al encuestado entregar su percepción de los indicadores propuestos calificándolos como se muestra a continuación:

Valoración	Percepción del indicador
0	No hace nada de sentido
1	Hace sentido bajo ciertas condiciones
2	Hace sentido completamente

## Recepción del hormigón

En la Recepción del hormigón se deben verificar diferentes parámetros propios del hormigón y otros asociados a su manipulación, tales como tiempo de transporte a obra, volumen de hormigón, docilidad, entre otros. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón.

Figura 0.4: Encuesta definitiva 4



**Recepción del hormigón: Tiempo de transporte a la obra \***

Según la norma NCh170:2016, a menos que se especifique lo contrario, el tiempo de transporte a la obra no deberá exceder las 2 horas desde el inicio de la carga del hormigón hasta su descarga completa, es decir, incluyendo los tiempos de transporte en obra y los tiempos de colocación.

- 0
- 1
- 2

**Recepción del hormigón: Docilidad \***

La docilidad es la facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación. Debe ser medida mediante el Cono de Abrams como se especifica en la norma NCh1019:2009.

- 0
- 1
- 2

**Recepción del hormigón: Verificación del volumen diseñado de hormigón \***

La verificación del volumen de hormigón diseñado se realiza, en caso de no presentarse algún método propio, como el cociente entre el peso total de los materiales utilizados y la densidad aparente del hormigón según la norma NCh1564:2009. El margen es  $\pm 3\%$  entre lo diseñado y lo confeccionado.

- 0
- 1
- 2



Figura 0.5: Encuesta definitiva 5

**Recepción del hormigón: Ajuste de docilidad mediante agua \***

Según la norma NCh170:2016 y solo si es que el hormigón cumple con las tolerancias de docilidad (Tabla 11 NCh170:2016), el ajuste de docilidad se debe realizar mediante la adición de agua o aditivos. En el primer caso, se debe realizar solo una vez previo al inicio de la descarga y en un plazo máximo de 15 minutos, debiendo el equipo mezclador girar hasta lograr la homogeneidad de la mezcla.

- 0
- 1
- 2

**Recepción del hormigón: Ajuste de docilidad mediante aditivos \***

Según la norma NCh170:2016 y solo si es que el hormigón cumple con las tolerancias de docilidad (Tabla 11 NCh170:2016), el ajuste de docilidad se debe realizar mediante la adición de agua o aditivos. En el segundo caso, el diseñador de la mezcla debe indicar tipo, dosis y modo de empleo del aditivo.

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)[Siguiente](#)[Borrar formulario](#)

Nunca envíe contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.6: Encuesta definitiva 6

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Distribución del hormigón en obra

El hormigón debe ser distribuido rápidamente desde los equipos de transporte hasta su sitio de colocación mediante métodos que eviten su segregación o pérdida de materiales y aseguren la calidad requerida del concreto. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón.

#### Distribución del hormigón en obra: Tiempo de descarga al sitio de colocación \*

Según la norma NCh170:2016 y siempre que no se especifique lo contrario, cualquiera sea el método de transporte en la obra, el volumen de hormigón se debe colocar en un plazo no mayor a 30 minutos desde que sale del equipo agitador o mezclador. Este tiempo debe estar incluido en las dos horas del ciclo de carga y descarga.

- 0
- 1
- 2



Figura 0.7: Encuesta definitiva 7

**Distribución del hormigón en obra: Mantenimiento del cono \***

Es importante cuantificar la pérdida de docilidad que el hormigón pueda experimentar durante el proceso de colocación, ya sea por su transporte, tiempo de hormigonado o condiciones climáticas adversas, debiendo este cumplir siempre con las tolerancias de docilidad y/o mantenga sus condiciones de colocación. Se calcula como la diferencia entre la docilidad en la recepción del hormigón con la docilidad en cualquier otro punto de la descarga.

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)[Siguiente](#)[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.8: Encuesta definitiva 8

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Colocación del hormigón

La colocación del hormigón se debe realizar mediante métodos que mantengan el hormigón uniforme y libre de imperfecciones, evitando la segregación y la formación de áreas porosas y alveoladas, además de evitar el desplazamiento de moldajes y enfierraduras, garantizando así una correcta adherencia entre capas. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores.

#### Colocación del hormigón: Temperatura del hormigón en su colocación \*

La norma NCh170:2016 especifica que en el momento de la colocación del hormigón y salvo se especifique lo contrario, su temperatura debe estar entre los 5° y 35°. En caso de que el hormigonado se realice en casos especiales de exposición, se deben tomar las medidas necesarias especificadas en la misma norma para evitar congelamiento o fisuración del hormigón.

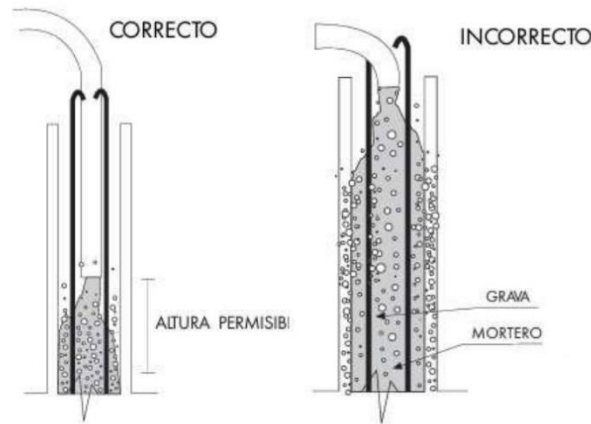
- 0
- 1
- 2



Figura 0.9: Encuesta definitiva 9

**Colocación del hormigón: Altura de vaciado y Porcentaje de Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales \***

La altura de vaciado debe ser tal que se produzca la mínima o nula segregación del hormigón en la base del elemento vertical hormigonado, es decir, que en cada cara del elemento la cantidad de nidos no sobrepase el 10% de la superficie de los 20 cm inferiores.



- 0
- 1
- 2

**Colocación del hormigón: Espesor de las capas de hormigonado \***

Como establece la norma NCh170:2016, el hormigón debe ser colocado en franjas o capas de acuerdo con el elemento estructural y los equipos seleccionados para su compactación. El espesor de las capas de hormigonado debe ser tal que los elementos de inmersión penetren la capa subyacente de hormigón, que no se generen nidos en su colocación ni se generen líneas de hormigonado.

- 0
- 1
- 2



Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Figura 0.10: Encuesta definitiva 10

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Compactación del hormigón

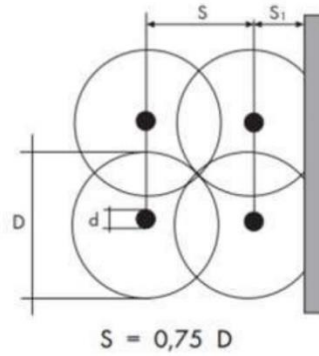
Como establece la norma NCh170:2016, la compactación del hormigón se debe realizar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se obtenga la máxima compactación eliminando el exceso de aire atrapado, asegurando que las armaduras queden completamente embebidas en el hormigón y se logre la terminación superficial requerida. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón.



Figura 0.11: Encuesta definitiva 11

**Compactación del hormigón: Distanciamiento de las inserciones \***

A menos que se especifique lo contrario, se deben utilizar los vibradores de mayor tamaño y potencia, procurando que las separaciones entre las inmersiones del vibrador no excedan 1,5 el radio de acción dentro del hormigón a consolidar, tal como se observa en el siguiente esquema:



- 0
- 1
- 2



Figura 0.12: Encuesta definitiva 12



**Compactación del hormigón: Rendimiento del vibrado \***

La velocidad de llenado del hormigón está estrechamente relacionada con el rendimiento del vibrado. Si se quiere verter hormigón a una tasa mayor, serán necesarios más elementos de vibrado. Dicho lo anterior, se propone medir la tasa de vibrado según la capacidad de vibrado disponible vs. la tasa de llenado del hormigón sobre los elementos.

$$\text{Rendimiento del vibrado} = \frac{\text{Capacidad de vibrado disponible}}{\text{Volumen de hormigón colocado por hora}}$$

Donde:

Capacidad de vibrado disponible: Sumatoria de los rendimientos teóricos de vibrado de los elementos de vibrado disponibles

- 0
- 1
- 2

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.13: Encuesta definitiva 13

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Curado y protección del hormigón

El curado corresponde al proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado, de modo que pueda desarrollar sus propiedades, por el periodo de tiempo que se requiera. La protección del hormigón tiene como propósito evitar que el hormigón, a temprana edad, se encuentre expuesto a acciones externas que puedan afectar sus propiedades.

### Curado y protección del hormigón: Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración \*

La temperatura ambiental, la humedad relativa del aire, la velocidad del viento y la temperatura del hormigón propician condiciones para una alta evaporación de agua en el hormigón. Se estima que la tasa de pérdida de agua no debe superar los 1,0 kg/m<sup>2</sup>/h, puesto que aumenta el riesgo de fisuración del hormigón. El procedimiento se explica en detalle en el Anexo A de la norma NCh170:2016.

$$E = 5 \cdot [(T_c + 18)^{2,5} - r \cdot (T_a + 18)^{2,5}] \cdot [V + 4] \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$E$ : Tasa de evaporación de agua,  $kg/m^2/h$

$T_c$ : Temperatura del hormigón en la superficie, °C

$T_a$ : Temperatura ambiente, °C

$r$ : Humedad relativa/100

$V$ : Velocidad del viento,  $km/h$

- 0
- 1
- 2

Figura 0.14: Encuesta definitiva 14

**Curado y protección del hormigón: Temperatura del hormigón a las 24 horas \***

Inmediatamente después de la colocación del hormigón, este se debe proteger contra el secado prematuro, el calor excesivo, las bajas temperaturas y el daño mecánico, debiendo mantenerse la protección para prevenir el congelamiento del concreto y asegurar el desarrollo de la resistencia necesaria para la seguridad estructural. La protección puede removerse si la máxima reducción en la temperatura superficial en un periodo de 24 horas no exceda:

- 28°C para elementos cuya menor dimensión sea inferior a 300 mm
- 22°C para elementos cuya menor dimensión esté entre 300 y 900 mm
- 17°C para elementos cuya menor dimensión esté entre 900 mm y 1,8 m
- 11°C para elementos cuya menor dimensión sea superior a 1,8 m

 0 1 2**Curado y protección del hormigón: Resistencia real estimada del hormigón \***

Medida mediante métodos como madurez, probetas curadas bajo condiciones de obra, testigos u otros. Una vez alcanzado el 70% de la resistencia especificada se permitirá discontinuar el curado del hormigón.

 0 1 2

Figura 0.15: Encuesta definitiva 15

**Curado y protección del hormigón: Resistencia potencial del hormigón \***

Medida mediante probetas moldeadas y probadas en laboratorio, probetas extraídas, confeccionadas, curadas y ensayadas según las normas chilenas pertinentes. Una vez el hormigón haya alcanzado una resistencia de al menos un 85% de la resistencia especificada, se permitirá discontinuar el curado del hormigón.

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)[Siguiente](#)[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.16: Encuesta definitiva 16

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Desmolde y descimbre del hormigón

Según la norma NCh170:2016, el desmolde corresponde al proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón, mientras que el descimbre corresponde al proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón. El inicio del desmolde y descimbre depende de las resistencias que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón.

#### **Desmolde y descimbre del hormigón: Resistencia real estimada del hormigón \***

El inicio del desmolde y descimbre depende de la resistencia del hormigón y de las características del elemento estructural. Dicha resistencia se debe estimar preferentemente por medio de métodos de madurez o en su defecto, por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado, debiendo cumplir dichas resistencias estimadas con lo estipulado en la norma NCh170:2016 capítulo 15.

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLStU3JePcJRdJN-R4gySIOAhILV0-HC4Cd5BsFI2WjKqJZcilQ/formResponse>

1/1

Figura 0.17: Encuesta definitiva 17

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Aceptación del hormigón colocado mediante Evaluación estadística

Una vez colocado el hormigón, se debe verificar que cumpla con la resistencia especificada del proyecto. Si la resistencia a la compresión es la base de aceptación del hormigón, la norma NCh1998:1989 Evaluación estadística establece procedimientos de la calidad del hormigón de tal manera de determinar la conformidad de los resultados de la resistencia a la compresión con respecto a la especificada. Dicho lo anterior, se plantean los siguientes indicadores de la calidad del hormigón.

#### **Aceptación del hormigón colocado mediante Evaluación estadística: Resistencia \* potencial del hormigón**

Medida mediante probetas moldeadas probadas en laboratorio, probetas extraídas, confeccionadas, curadas y ensayadas según las normas chilenas pertinentes. Las resistencias obtenidas mediante estos ensayos posteriormente serán sometidas a su Evaluación estadística con lo que se determinará si se acepta o no el lote de hormigón colocado.

- 0
- 1
- 2



Figura 0.18: Encuesta definitiva 18

En el o los proyectos en donde adquirió experiencia en las labores de hormigonado, ¿existieron especificaciones técnicas adicionales sobre las propiedades del hormigón, su colocación, grado de terminación, etc. que no se hayan mencionado en las preguntas anteriores?

- Si
- No

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.19: Encuesta definitiva 19

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Indicadores Especiales de la Calidad del Hormigón

Se definen indicadores de la calidad del hormigón para casos especiales en donde las especificaciones técnicas exijan requisitos adicionales sobre sus propiedades, su colocación, su grado de terminación, etc. Dichos indicadores se encasillan según las etapas de hormigonado ya descritas.

En el o los proyectos en donde adquirió experiencia en las labores de hormigonado, ¿trabajó con indicadores asociados a la durabilidad del hormigón? \*

- Sí
- No

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.20: Encuesta definitiva 20



## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Recepción del hormigón

#### Recepción del hormigón: Contenido de aire \*

Si el hormigón estará sometido a ciclos de congelación y deshielo, se debe cumplir con un cierto % de aire total según el grado de exposición del hormigón y el tamaño máximo de áridos (Tabla 4 NCh170:2016), con una tolerancia de  $\pm 1,5\%$ .

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.21: Encuesta definitiva 21

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

**\*Obligatorio**

### Colocación del hormigón

En el o los proyectos en donde adquirió experiencia en las labores de hormigonado, ¿trabajó con hormigones a la vista? \*

- Si
- No

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.22: Encuesta definitiva 22

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

### Indicadores del hormigón colocado que deba cumplir con algún grado de terminación

Los indicadores que se presentan a continuación corresponden a una serie de imperfecciones por la colocación del hormigón en superficies que han sido hormigonadas contra moldajes fijos y de elementos que han sido construidos in situ con procedimientos tradicionales aceptados para la colocación del hormigón. Dichos indicadores son exigibles para elementos cuya superficie de hormigón quede a la vista, aunque para casos en que el hormigón esté recubierto estos indicadores son propuestos para cuidar el efecto de eventuales patologías que puedan afectar la durabilidad del hormigón.

#### Colocación del hormigón: Falta de llenado \*

Corresponde a zonas sin hormigón bajo ventanas o pasadas. La falta de llenado, expresada en cm, se determina mediante la siguiente expresión:

$$FLI = h_T - h_{LI}$$

Donde:

$h_T$ : altura a la que debió haber llegado el hormigón (altura de proyecto), medido desde la base del elemento hasta el borde de la ventana o pasada, medido en centímetros

$h_{LI}$ : altura medida desde la base del elemento hasta el punto más desfavorable o bajo que alcanzó el hormigón, medido en centímetros

- 0
- 1
- 2



Figura 0.23: Encuesta definitiva 23

**Colocación del hormigón: Huecos \***

Corresponden a cavidades de diámetro entre 1 y 3 cm. Los Huecos se determinan mediante la siguiente expresión:

$$\%H = \frac{\sum S_H}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$S_H$ : superficie de cada zona con Huecos, existentes en la cara visible de la superficie del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_T$ : área total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de las superficies ocupadas por vanos

- 0
- 1
- 2



Figura 0.24: Encuesta definitiva 24

**Colocación del hormigón: Reflexión de armaduras \***

Corresponde a una imperfección que se manifiesta mediante fisuración o decoloración superficial, siguiendo la ubicación de las armaduras bajo el recubrimiento. En particular, la reflexión de armaduras que se menciona se trata de una imperfección superficial por un espesor insuficiente del recubrimiento. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\%RA = \frac{\sum(a \cdot b)}{S_T - S_{vanos}} \cdot 100$$

Donde:

*a y b*: longitudes de los lados del rectángulo circunscrito a los bordes de las armaduras que se reflejan, expresadas en metros

$S_T$ : área total de la cara visible del elemento de hormigón expresada en  $m^2$

$S_{vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

- 0
- 1
- 2

**Colocación del hormigón: Pérdida de aristas \***

Corresponde a la rotura de bordes, esquinas, canterías, etc. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\%PA = \frac{L}{L_T} \cdot 100$$

Donde:

*L*: longitud de la pérdida de arista o borde, expresada en metros

$L_T$ : longitud total de la arista o borde del elemento de hormigón, expresado en metros

- 0
- 1
- 2

Figura 0.25: Encuesta definitiva 25

**Colocación del hormigón: Burbujas \***

Cavidades de diámetro menor o igual a 1 cm, que pueden deberse a procedimientos de colocación o sistemas de compactación inadecuados, cantidad y calidad de desmoldante y textura del moldaje. Para determinar la zona afectada por esta imperfección superficial, se deberá tomar como criterio el área donde exista la mayor concentración de burbujas y que estas sean observables a una distancia de al menos 5 m. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%B = \frac{\sum A}{S_T - S_{vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$A$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara del elemento de hormigón expresado en  $m^2$

$S_{vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

- 0
- 1
- 2



Figura 0.26: Encuesta definitiva 26

**Colocación del hormigón: Esguerramiento superficial \***

Corresponde a derrames de lechada de hormigón, producidos por el hormigonado superior o lateral sobre un hormigón anterior, producido generalmente por la falta de sujeción o sellado de los moldajes nuevos contra la etapa de hormigón anterior. Se debe realizar la medición antes de escañar o remover la lechada u hormigón proveniente del esguerramiento. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\%ES = \frac{\sum E_S}{S_T - S_{Vanos}} \cdot 100$$

Donde:

$E_S$ : área parcial que manifiesta esta imperfección, expresada en  $m^2$

$S_T$ : superficie total de la cara visible del elemento de hormigón, expresada en  $m^2$

$S_{Vanos}$ : sumatoria de superficies ocupadas por vanos

- 0
- 1
- 2

**Colocación del hormigón: Distinta coloración \***

Corresponde a tonalidades de colores notoriamente diferentes en una misma superficie, producida principalmente por las características del hormigón, tipo de desmoldante utilizado, tipo de placas en los moldajes, etc. Se debe definir el criterio de aceptación antes de la ejecución de la obra.

- 0
- 1
- 2



Figura 0.27: Encuesta definitiva 27

**Colocación del hormigón: Micro segregación \***

Corresponde al defecto que se produce en la unión entre las placas de los moldajes debido a la pérdida de lechada de cemento, produciendo así una superficie rugosa con el árido fino a la vista. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\%Mg = \sum (LMg/LM) \cdot 100$$

Donde:

*LMg*; longitud parcial que manifiesta esta imperfección expresada en metros

*LM*: longitud total de encuentros de moldajes

- 0
- 1
- 2

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.28: Encuesta definitiva 28



## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

\*Obligatorio

Indicadores de la calidad del hormigón que deban cumplir con tolerancias dimensionales

En el o los proyectos en donde adquirió experiencia en las labores de hormigonado, ¿trabajó con hormigones que debían cumplir con tolerancias dimensionales debido a deformaciones por los sistemas de moldajes? \*

- Si
- No

[Atrás](#)

[Siguiente](#)

[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.29: Encuesta definitiva 29

## Validación Indicadores de la Calidad del Hormigón

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

**\*Obligatorio**

### Indicadores de la calidad del hormigón que deban cumplir con tolerancias dimensionales

Los indicadores que se presentan a continuación tienen como finalidad establecer valores de tolerancias dimensionales sobre los elementos de hormigón armado, definidos considerando límites máximos admisibles. Dichos valores están referidos al elemento de hormigón desmoldado y sin revestimiento en su etapa de construcción producidos únicamente por deformaciones del sistema de moldajes, sin considerar deformaciones estructurales.

#### **Colocación del hormigón: Planeidad \***

Corresponde a la diferencia de distancias entre un plano teórico de referencia (vertical, horizontal o inclinado) y la superficie del elemento en cuestión. Se define verticalidad como la planeidad de un elemento vertical y horizontalidad como la planeidad de un elemento horizontal. Los valores admisibles para la planeidad se definen en la ET 004-06 del ICh, valores sujetos al grado de terminación y la longitud de referencia de medición escogida.

- 0
- 1
- 2



Figura 0.30: Encuesta definitiva 30

**Colocación del hormigón: Resaltes \***

Corresponden a irregularidades producidas en la superficie del elemento que se forma en las uniones de placas o de módulos de moldajes o entre paneles de muros. También pueden producirse durante el proceso de terminaciones superficiales de una losa o radier. Los valores admisibles para la planeidad se definen en la ET 004-06 del ICh, valores sujetos al grado de terminación y la longitud de referencia de medición escogida.

- 0
- 1
- 2

[Atrás](#)[Enviar](#)[Borrar formulario](#)

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



Figura 0.31: Encuesta definitiva 31

## Anexo C. Propuesta de Indicadores

Tabla 0.1: Indicadores de la Calidad del Hormigón definitivos

Etapa	Indicadores	Porcentaje de validación	Capítulo
Recepción del hormigón	Tiempo de transporte a la obra	100%	2.1.2.2.1)b)i)
	Docilidad	98%	2.1.2.2.1)b)ii)
	Verificación del volumen diseñado de hormigón	94%	2.1.2.2.1)b)iii)
	Ajuste de docilidad mediante agua	92%	2.1.2.2.1)b)iv)
	Ajuste de docilidad mediante aditivos	98%	2.1.2.2.1)b)iv)
Distribución del Hormigón en Obra	Tiempo de descarga al sitio de colocación	100%	2.1.2.2.2)b)i)
	Mantenimiento del cono	96%	2.1.2.2.2)b)ii)
Colocación del hormigón	Temperatura del hormigón en su colocación	98%	2.1.2.2.3)b)i)
	Altura de vaciado y Nidos en los 20 cm inferiores de los elementos verticales	100%	2.1.2.2.3)b)ii)

	Espesor de las capas de hormigonado	100%	2.1.2.2.3)b)iii)
Compactación del Hormigón	Distanciamiento de las inserciones	96%	2.1.2.2.4)b)i)
	Rendimiento del vibrado	94%	2.1.2.2.4)b)ii)
Curado y Protección del Hormigón	Tasa de evaporación de agua o potencial de fisuración	100%	2.1.2.2.5)b)i)
	Temperatura del hormigón a las 24 horas	96%	2.1.2.2.5)b)ii)
	Resistencia real estimada del hormigón	96%	2.1.2.2.5)b)iii)
	Resistencia potencial del hormigón	96%	2.1.2.2.5)b)iv)
Desmolde y Descimbre	Resistencia real estimada del hormigón	98%	2.1.2.2.6)b)i)
Aceptación del hormigón colocado	Resistencia potencial del hormigón	98%	2.1.2.2.7)b)i)