

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y  
CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA  
MECÁNICA DEL CONCRETO  
AUTO-CONSTRUIDO Y PRE-MEZCLADO EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS -  
CIUDAD DE AYACUCHO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:  
ABNER CURI VEGA

AYACUCHO - PERÚ

2017

# Presentación

Esta tesis es presentada como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y no ha sido presentado anteladamente para la obtención de grado alguno o título en esta universidad u otra. La misma que contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo el año 2016.

Abner Curi Vega

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Ayacucho, febrero de 2017.

# Dedicatoria

*A mi madre y hermanos.*

*A mi familia.*

*A todos los que me han ayudado a llegar hasta aquí.*

# Agradecimientos

*A mi madre por su apoyo incondicional.*

*A mi asesor el Ing. M.Sc. José E. Estrada Cárdenas por su paciencia y cooperación.*

*A Karina.*

*A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su acogida.*

# Resumen

La tesis presente constituye una investigación en el ámbito de la construcción de viviendas auto-construidas de concreto y ladrillo en nuestro medio urbano, específicamente en la ciudad de Ayacucho. Concretamente es realizar un estudio del valor de la resistencia mecánica del concreto utilizado y colado en obra tipificándose de dos maneras: hecho a pie de obra por el maestro y realizado de manera pre-mezclada. Las muestras a utilizar son los especímenes cilíndricos de concreto obtenidos de acuerdo a la norma ASTM C31 que es el método de ensayo para la determinación y curado de probetas de concreto en obras.

La tesis involucra determinar la información relacionada al valor de la resistencia mecánica del concreto vaciado en las viviendas comunes teniendo como autor a los maestros de obra, y de manera pre-mezclada, teniendo como protagonista en la preparación y mezclado del concreto a las empresas concreteras.

La variable es el valor cuantitativo de la resistencia a la comprensión que se maneja en la construcción de viviendas, para lo cual tomaremos un número determinado de muestras en diferentes puntos de la ciudad de Ayacucho. Estos especímenes cilíndricos de concreto obtenidos se evaluará dentro de los 28 días siguientes, tal como la norma americana ASTM C39 lo establece, posteriormente se realizará una comparación del control estadístico del concreto, la variación, la desviación estándar y diferentes parámetros que involucra este tipo de estudios incluyendo la resistencia especificada de diseño.

# Índice general

Portada	I
Presentación	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Índice General	V
Índice de Cuadros	IX
Índice de Figuras	XI
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. Planteamiento del problema . . . . .	2
1.3. Justificación e importancia . . . . .	4
1.4. Problema principal de la investigación . . . . .	6
1.4.1. Problemas secundarios . . . . .	6
1.5. Objetivos de la investigación . . . . .	6
1.5.1. Objetivos generales . . . . .	6
1.5.2. Objetivos específicos . . . . .	7

1.6. Hipótesis principal de la investigación . . . . .	7
1.6.1. Subhipótesis . . . . .	7
<b>2. Situación de las Construcciones de las Viviendas y el Consumo de Cemento</b>	<b>8</b>
2.1. Mercado nacional del consumo de cemento según industria . . . . .	8
2.2. Situación de las viviendas informales . . . . .	10
2.3. Cifras de las viviendas según material predominante en su construcción	11
2.3.1. Viviendas, perspectiva nacional . . . . .	11
2.3.2. Viviendas por tipo de material en la región de Ayacucho . . .	12
2.3.3. Viviendas por tipo de material-ciudad Ayacucho . . . . .	12
2.4. Etapas de la construcción de viviendas de manera formal y auto- construido . . . . .	13
2.4.1. Etapas de la construcción formal . . . . .	13
2.5. Etapas de la auto-construcción de viviendas . . . . .	15
2.6. Distribución de fallas en las etapas de la construcción de viviendas . .	16
2.6.1. Distribución de las fallas propias del maestro de obra . . . . .	17
2.7. El concreto hecho a pie de obra y el concreto pre-mezclado . . . . .	18
2.7.1. El concreto hecho a pie de obra . . . . .	18
2.7.2. El concreto pre-mezclado . . . . .	19
<b>3. Definiciones del Análisis de los Especímenes Cilíndricos de Concre- to</b>	<b>21</b>
3.1. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilín- dricas de concreto - ASTM C39/NTP 339.034-1999 . . . . .	21
3.1.1. Aparatos . . . . .	21
3.1.2. Procedimiento . . . . .	21
3.1.3. Expresión de resultados . . . . .	22
3.1.4. Factor de corrección por altura y diámetro . . . . .	23
3.1.5. Control estadístico de las resistencias en compresión del concreto	23

3.2.	Elaboración y curado en obras de especímenes de concreto para pruebas de compresión. ASTM C31 . . . . .	25
3.2.1.	Alcance . . . . .	25
3.2.2.	Equipos . . . . .	25
3.2.3.	Requerimientos de prueba . . . . .	26
3.2.4.	Procedimiento . . . . .	26
3.3.	Evaluación del grado de control del concreto . . . . .	27
3.3.1.	Desviación estándar . . . . .	27
3.3.2.	Coeficiente de variación . . . . .	28
3.3.3.	Criterios del reglamento ACI 318 . . . . .	29
<b>4.</b>	<b> Materiales y Métodos</b>	<b>31</b>
4.1.	Preliminar . . . . .	31
4.2.	Tipo de investigación . . . . .	31
4.3.	Diseño de la investigación . . . . .	32
4.4.	Definición de las variables de estudio . . . . .	33
4.5.	Definición de las unidades de estudio . . . . .	34
4.6.	Población y tamaño de la muestra de estudio . . . . .	36
4.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos . . . . .	37
4.7.1.	Ficha de registro de datos . . . . .	38
4.8.	Procesamiento y análisis de las muestras obtenidas . . . . .	40
4.8.1.	Procesamiento de datos . . . . .	40
4.8.2.	Criterios de inclusión y exclusión de la población . . . . .	41
4.8.3.	Equipos . . . . .	41
4.9.	Dificultades encontradas . . . . .	42
<b>5.</b>	<b> Discusión de Resultados</b>	<b>43</b>
5.1.	Consideraciones previas de la toma de muestras . . . . .	43
5.2.	Ubicación de las viviendas muestreadas . . . . .	44
5.3.	Curado de las probetas muestreadas . . . . .	47

5.4. Características y valores de las muestras obtenidas . . . . .	47
5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio . . . . .	52
5.5.1. Análisis de datos correspondiente al concreto colado a pie de obra . . . . .	52
5.5.2. Análisis de los especímenes cilíndricos muestreados del con- creto pre-mezclado . . . . .	56
5.6. Resumen de gráficos y cuadros comparativos . . . . .	59
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>61</b>
6.1. Conclusiones . . . . .	61
6.2. Recomendaciones . . . . .	63
6.3. Temas afines por investigar . . . . .	64
<b>Referencias</b>	<b>65</b>
<b>A. Ficha para la obtención de datos de campo</b>	<b>67</b>
<b>B. Ubicación de los lugares donde se obtuvo los especímenes cilíndricos     de concreto</b>	<b>69</b>
<b>C. PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>72</b>
C.1. Toma de muestras y ruptura de las probetas estudiadas . . . . .	73

# Índice de cuadros

3.1. Expresión de resultados. <i>Fuente:</i> Referenciado en [1]. . . . .	22
3.2. Factor de corrección por altura y diámetro en las probetas. <i>Fuente:</i> Adaptado desde [1]. . . . .	23
3.3. Principales fuentes de variación de la resistencia del concreto. <i>Fuente:</i> Adaptado desde [2]. . . . .	24
3.4. Cuadro de fórmulas entorno a la desviación estándar <i>Fuente:</i> Referenciado en [3]. . . . .	28
3.5. Expresión para la obtención del coeficiente de variación. <i>Fuente:</i> Adaptado desde [3]. . . . .	28
3.6. Valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación. <i>Fuente:</i> Referenciado en [3]. . . . .	29
3.7. Expresiones para la determinación de la resistencia promedio de diseño. <i>Fuente:</i> Reglamento ACI 318. . . . .	29
3.8. Tabla de corrección para ensayos menores a 15. <i>Fuente:</i> Reglamento ACI 318. . . . .	30
3.9. Tabla para la obtención de la resistencia promedio requerida. <i>Fuente:</i> Reglamento ACI 318. . . . .	30
4.1. Resumen de los criterios de metodología de investigación propuesta en este estudio. . . . .	33
4.2. <i>Variables e indicadores</i> . . . . .	34
4.3. Definición de las unidades de estudio. . . . .	35

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados. . . . .	38
4.5. Ficha utilizada en la obtención y determinación de los datos requeridos.	39
4.6. Criterios de inclusión y exclusión de la población en estudio. . . . .	41
4.7. Materiales y equipos utilizados en esta investigación. . . . .	41
5.1. Ubicación de viviendas muestreadas en torno al concreto hecho a pie de obra. . . . .	45
5.2. Ubicación de las viviendas muestreadas en torno al concreto pre- mezclado. . . . .	46
5.3. Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto hecho a pie de obra. . . . .	48
5.4. Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto artesanal.	49
5.5. Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto pre- mezclado. . . . .	50
5.6. Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto pre- mezclado. . . . .	51
5.7. Resistencias mecánicas obtenidas en el concreto hecho por el maestro de obra. . . . .	53
5.8. Datos utilizados para la obtención de la desviación estándar. . . . .	54
5.9. Resumen de los valores de las resistencias obtenidas en el concreto colado de manera pre-mezclada. . . . .	56
5.10. Datos utilizados para hallar la desviación estándar. . . . .	57
5.11. Cuadro comparativo de los valores obtenidos en los dos casos de estudio.	60

# Índice de figuras

1.1. La auto-construcción informal representa el 60 % de las viviendas existentes en el país equivalente a 3.6 % del PBI, o US\$ 2,000 millones de dólares. <i>Fuente:</i> SENCICO. Lima - 2013. . . . .	2
1.2. Distribución del consumo de cemento en el país. <i>Fuente:</i> Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM) - 2017. . . . .	4
1.3. Distribución del consumo de cemento en el mercado peruano. <i>Fuente:</i> Referenciado en [2]. . . . .	5
2.1. Distribución aproximada del consumo de cemento nacional. <i>Fuente:</i> Adaptado de [2]. . . . .	9
2.2. Consumo de cemento nacional por rubros. <i>Fuente:</i> Referenciado en [2].	9
2.3. Porcentaje de viviendas peruanas según el tipo de pared. <i>Fuente:</i> INEI. Cuadro estadístico - 2015. . . . .	11
2.4. Porcentaje viviendas en la región Ayacucho por tipo de pared. <i>Fuente:</i> INEI - Censo población y vivienda 2007. . . . .	12
2.5. Porcentaje viviendas en el distrito de Ayacucho por tipo de pared. <i>Fuente:</i> INEI - Censo población y vivienda 2007. . . . .	13
2.6. Etapas logísticas en la construcción formal. <i>Fuente:</i> Referenciado desde [2]. . . . .	14
2.7. Etapas logísticas en la auto-construcción. <i>Fuente:</i> Referenciado en [2].	15
2.8. Distribución de las fallas según las etapas del proceso constructivo. <i>Fuente:</i> Referencia [4]. . . . .	17

2.9. Responsabilidad del maestro de obra en las fallas constructivas. <i>Fuente:</i> Referenciado en [2]. . . . .	17
2.10. Responsabilidad del maestro de obra en un resumen general. <i>Fuente:</i> Adaptado desde [2]. . . . .	18
2.11. Vaciado de losa con concreto artesanal en el distrito de Jesús Nazareno. Octubre - 2016. . . . .	19
2.12. Detalle del proceso de colado utilizando el concreto pre-mezclado. <i>Fuente:</i> Empresa concretera UNICON. Lima - 2010. . . . .	20
2.13. Proceso de vaciado de una empresa concretera local. <i>Fuente:</i> Empresa concretera TECNYCON - 2016. . . . .	20
3.1. Equipo de ruptura de probetas de concreto marca Tecnotest. . . . .	22
4.1. Detalle de la población y muestra de estudio. . . . .	37
4.2. Obtención de muestras de concreto en diferentes viviendas. . . . .	42
5.1. Detalle del curado de los especímenes cilíndricos de concreto. . . . .	47
5.2. Resistencias obtenidas en el concreto hecho a pie de obra. . . . .	53
5.3. Resistencias obtenidas en el pre-mezclado. . . . .	57
5.4. Valores límites de las resistencias obtenidas en viviendas auto-construidas. . . . .	59
5.5. Valores máximos, mínimos y promedio de las resistencias en el concreto pre-mezclado. . . . .	59
5.6. Gráfico comparativo de las resistencias obtenidas. . . . .	60
C.1. Vista de plena toma de muestras . . . . .	73
C.2. Fotografía donde se aprecia la utilización del hormigón para el vaciado de la losa. . . . .	73
C.3. Se observa la obtención de muestras en el concreto pre-mezclado. . . . .	74
C.4. Vista de los especímenes de concreto acondicionadas y listas para su ruptura. . . . .	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

C.5. Detalle de algunos especímenes de concreto para su posterior ruptura en el laboratorio de la E.P. de Ingeniería Civil - UNSCH. . . . .	75
C.6. Fotografía del equipo en plena ruptura de los especímenes de concreto.	75

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

En el ámbito nacional se hallaron algunas publicaciones que referencian un estudio relacionado al concreto hecho y colado a pie de obra<sup>1</sup> y el pre-mezclado realizado en los alrededores de la ciudad de Lima, mas no así un estudio detallado incursionado en la realidad de nuestra región de Ayacucho, en contraposición mencionamos algunos autores:

Jesús Quispe R. (2005) [5], en el Perú, la necesidad de mejoramiento de la vivienda, el llamado déficit cualitativo, es un elemento sustancial del problema de la vivienda, afectando al 74% de la población. Es decir, en una gran mayoría de casos las viviendas ya existen pero las condiciones de habitabilidad son inadecuadas.

Enrique Pasquel (2011) [2], en una publicación sobre la situación de las construcciones realizadas de manera completa en los conos de la capital Lima, demuestra que el concreto utilizado en el vaciado de las viviendas no cumple con los requisitos establecidos en la norma vinculado a la resistencia del concreto y realiza un análisis

---

<sup>1</sup>En esta investigación el concreto auto-construido tendrá las siguientes terminologías: concreto hecho a pie de obra, concreto artesanal, concreto hecho por el maestro de obra, concreto fabricado a pie de obra y concreto informal.

## 1.2. Planteamiento del problema

detallado e interesante de la informalidad existente en la construcción en el Perú, explícitamente los conos limeños. Ciertamente este estudio nos sirvió de base para realizar esta investigación.

Hernando Carpio Montoya, ex Gerente General del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) declaró a la Agencia Andina que la auto-construcción constituye el 60 % de las viviendas que hay en el país, lo que equivale a 3.6 % del PBI o 7200 millones de soles, que es una suma considerable. Precisó también que más del 50 % de las unidades habitacionales están edificadas con esa modalidad, sin planos y con maestros de obras no capacitados<sup>2</sup>.



Figura 1.1: La auto-construcción informal representa el 60 % de las viviendas existentes en el país equivalente a 3.6 % del PBI, o US\$ 2,000 millones de dólares. *Fuente:* SENCICO. Lima - 2013.

## 1.2. Planteamiento del problema

La tasa de crecimiento de la población ayacuchana es alrededor del 1,89 %<sup>3</sup> lo que origina un incremento en la demanda de viviendas familiares que se van formando

<sup>2</sup>Diario Gestión. 3 de agosto 2013. <http://gestion.pe/inmobiliaria/sencico-60-viviendas-son-autoconstruidas-peru-2073005>.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Estadística e Informática - 2015.

## 1.2. Planteamiento del problema

cada año. La mampostería de ladrillos de arcilla confinada por elementos de concreto armado es denominada erróneamente como “material noble” por muchos pobladores, y es por tanto un material de preferencia para la construcción de viviendas en el país y nuestra región. Lo que significa que actualmente el material predominante es el ladrillo y cemento (sea albañilería confinada, concreto armado o mixta), para mejor explicación se adjunta el cuadro 2.5.

Debido a la precaria situación económica, muchos pobladores ayacuchanos optan por no contratar profesionales y recurren a la construcción informal dejando en manos del maestro constructor para proyectar sus viviendas, el problema principal de la mayoría de estas edificaciones es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente vulnerables frente a eventos telúricos que tarde o temprano se apreciarán.

Respecto al consumo de cemento en los últimos años tuvo un crecimiento sustancial, caso contrario ocurrido el 2014, 2015 y 2016; donde decayeron en rangos menores<sup>4</sup>. En general el consumo actual del cemento es alrededor del 10.5 millones de toneladas, tal como se muestra en la figura 1.2.

Las empresas cementeras poseen un mercado definido donde su producción total es producto, en su mayoría, del consumo de los sectores emergentes ubicados en las zonas periféricas de las ciudades peruanas, abarcando el 78 % de la producción de cemento en el país, tal como se muestra en el gráfico de resumen 2.2, contraponiéndose al hecho de que el gran mercado son las empresas de producción del concreto pre-mezclado o las construcciones formales [2].

En nuestra ciudad de Ayacucho el material con mayor demanda es el ladrillo y cemento, tal como lo muestra el gráfico 2.5, lo cual consideramos debe ser un asunto de estudio frecuente, por tanto siguiendo esta línea nos enmarcamos en la investigación de este tema.

Con estos puntos llegamos a la decisión de realizar una investigación relacionado a

---

<sup>4</sup>*Fuente:* Asociación de Productores de Cemento - 2017.

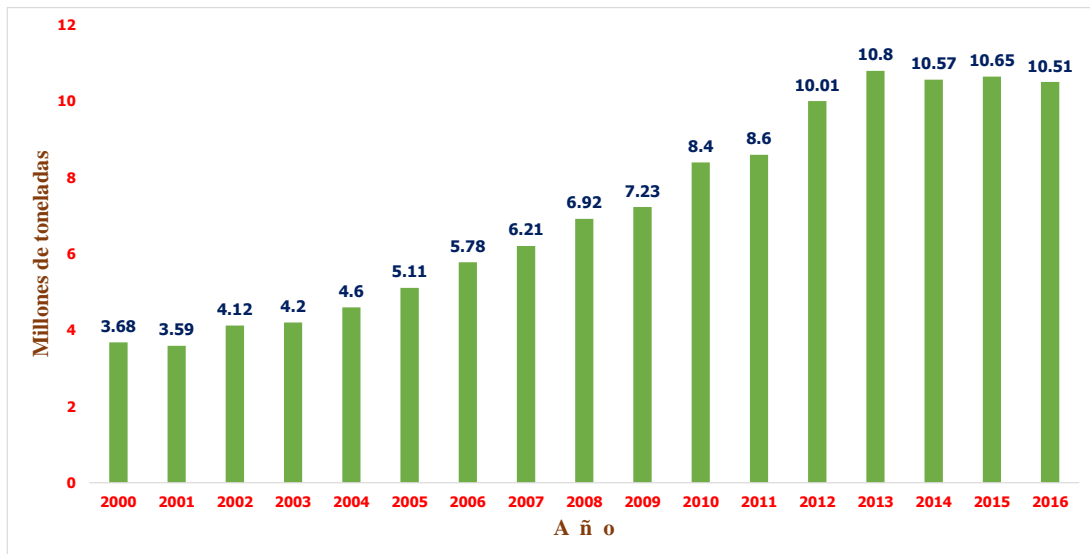


Figura 1.2: Distribución del consumo de cemento en el país. *Fuente:* Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM) - 2017.

ese gran mercado de consumo de cemento que se ubican en los alrededores de nuestra ciudad de Ayacucho, específicamente en los sectores emergentes que buscando oportunidades se asientan en los conos y barrios marginales.

### 1.3. Justificación e importancia

- Esta investigación realizada es necesaria para comprender la situación actual de las construcciones en nuestra región, en razón a que el 78 % del consumo del concreto nacional es utilizado en la auto-construcción de viviendas, ver figura 2.2, y nuestra región no es ajena a ella, cada día se observa que las familias optan por este tipo de material, que es sinónimo de prestigio y de progreso en la idiosincrasia ayacuchana.
- Este proyecto es fundamental para su investigación debido a que se obtiene *In situ* y de manera directa cuál es la resistencia del concreto a los 28 días después de colado el concreto en los elementos estructurales en las diferentes viviendas tomadas como muestra, con la condición del tipo de albañilería confinada, concreto armado o mixto.

### 1.3. Justificación e importancia

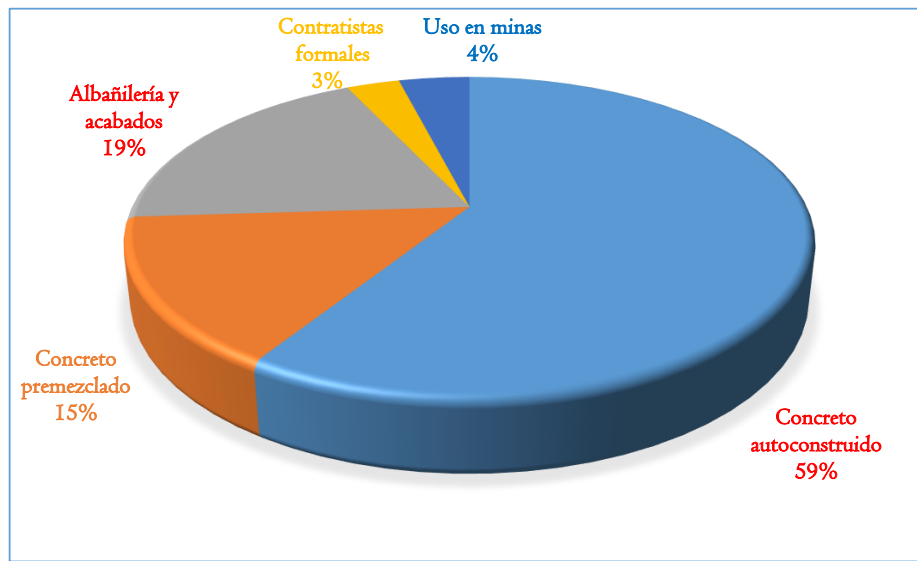


Figura 1.3: Distribución del consumo de cemento en el mercado peruano. *Fuente:* Referenciado en [2].

- Según la Norma E-060 de Concreto Armado: ningún ensayo individual de resistencia, estará por debajo de la resistencia de diseño por más de 35 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual significa que si se desea un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, tendrán que diseñarse para un concreto de 245 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente de acuerdo a la desviación estándar prevista, con esta premisa normada podemos verificar para qué valor se diseñó el concreto, justificando de esta manera la trascendencia de esta investigación.
- Es preciso este estudio en el sentido de que en nuestro medio hace mucha falta la investigación en los diferentes sectores vinculados al desarrollo y crecimiento de nuestra sociedad, convirtiéndonos década tras década en un país meramente importador de conocimiento, muchas veces esperando equivocadamente que las instituciones cumplan su rol investigativo. En este caso tomamos un asunto problema netamente local que se suscita a diario en nuestra región.
- Esta investigación es necesaria para cambiar el paradigma de algunos maestros de obra que dejados por la experiencia muchas veces mal adquirida construyen viviendas sin sustento técnico ni asidero de orden en sus estimaciones de una construcción común en nuestra región.

#### 1.4. Problema principal de la investigación

- Es necesaria en el sentido de que será prueba del reflejo de la calidad del concreto utilizado a lo largo de varios años<sup>5</sup> en las viviendas construidas en la ciudad de Ayacucho.

### 1.4. Problema principal de la investigación

El problema gira en torno a la siguiente cuestión:

¿Cuál es la resistencia mecánica ( $f'c$ ) del concreto pre mezclado y el auto-construido utilizado en el vaciado de los elementos estructurales de las viviendas en la ciudad de Ayacucho?

#### 1.4.1. Problemas secundarios

- ¿Que parámetros estadísticos y su variabilidad se utiliza en el diseño de las resistencia mecánica ( $f'c$ ) del concreto pre-mezclado y auto-construido?
- ¿Cumplirá la resistencia mecánica ( $f'c$ ) establecida como parámetro mínimo en el Reglamento Nacional de Edificaciones los ambos casos de estudio?
- ¿La resistencia de diseño especificado del concreto utilizado en el colado de las viviendas en estudio será superior a lo requerido?

### 1.5. Objetivos de la investigación

Los objetivos son guías de desarrollo trazados en la presente investigación y se detallan a continuación:

#### 1.5.1. Objetivos generales

Evaluar la resistencia mecánica ( $f'c$ ) del concreto auto-construido y el pre-mezclado en el vaciado de los elementos estructurales en viviendas de la ciudad de Ayacucho.

---

<sup>5</sup>A partir del año 2000, el crecimiento de viviendas urbanas en el Perú fue sustancial.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar una comparación estadística de la resistencia mecánica ( $f'c$ ) del concreto vaciado de manera auto-construida y pre-mezclado en viviendas de la ciudad de Ayacucho.
- Verificar si el concreto cumple con los parámetros de resistencia mecánica establecidos en la norma E.060 Concreto armado y E.070 Albañilería, en sus dos casos de estudio.
- Analizar los valores promedio de las resistencias mecánicas obtenidas, los parámetros y controles estadísticos del concreto como la media, las variaciones, la desviación estándar y el valor del diseño especificado.

## 1.6. Hipótesis principal de la investigación

La resistencia mecánica ( $f'c$ ) en el caso del concreto pre-mezclado posee valores mayores en comparación al concreto hecho en obra.

### 1.6.1. Subhipótesis

- Las resistencias mecánicas obtenidas en el concreto pre-mezclado y el auto-construido poseen parámetros de rango estadístico variable y diferente en rangos mayores.
- La resistencia mecánica del concreto auto-construido no cumple con los valores mínimos requeridos en las normas peruanas.
- Las resistencias de diseño especificado en los dos caso de estudio son diferentes siendo opuestos numéricamente.

## Capítulo 2

# Situación de las Construcciones de las Viviendas y el Consumo de Cemento

### 2.1. Mercado nacional del consumo de cemento según industria

El 2016 en cuestiones de crecimiento del consumo de cemento se observa una tendencia que se mantiene aunque con algunos altibajos respecto al año 2016<sup>1</sup>, lo que se mantendrá el 2017 y esperamos que siga ese rumbo los años posteriores.

La demanda de cemento contrariamente a lo que se cree, recae en gran cantidad en el sector de las construcciones informales de viviendas que existe en los asentamientos, asociaciones, conjuntos habitacionales y demás; los cuales se ubican en la parte periférica de las ciudades peruanas. La ciudad de Ayacucho no es ajena a este suceso se observa que las construcciones de adobe se van reemplazando por el concreto, significando un potencial fuente de trabajo para maestros de obra.

Contrariamente a lo que comúnmente se cree, el sector formal no abarca el gran

---

<sup>1</sup> Fuente: Asociación de Productores de Cemento.

## 2.1. Mercado nacional del consumo de cemento según industria

mercado nacional del consumo de cemento como mostrado en el gráfico 2.1.

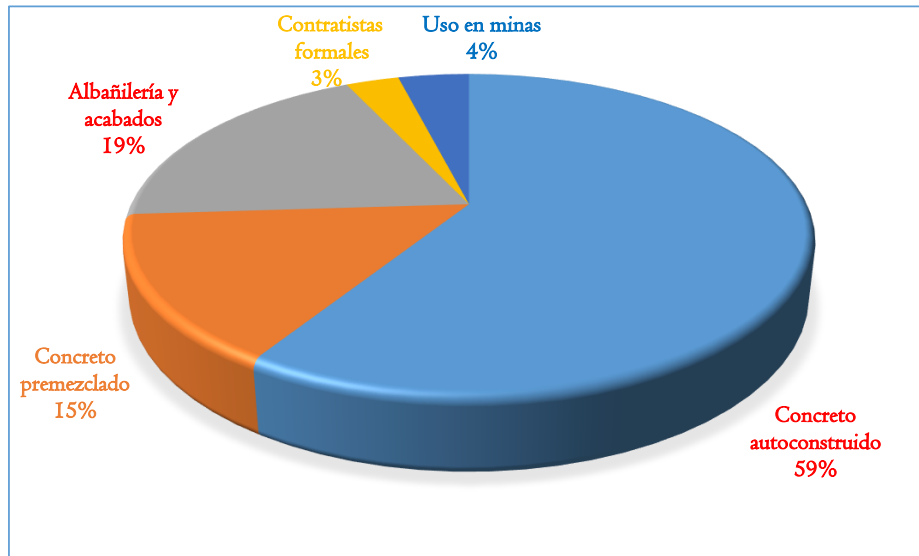


Figura 2.1: Distribución aproximada del consumo de cemento nacional. *Fuente:* Adaptado de [2].

El 59% del consumo se encuentra en el concreto auto-construido y un 19% en el consumo de albañilería y acabados, este último valor constituye un porcentaje meramente vinculado al concreto utilizado por el maestro de obra, en tal sentido consideramos que ese 19% está enmarcado en el concreto auto-construido, por tanto sumando estos valores el gráfico estadístico cambia incrementándose el concreto hecho a pie de obra a un 78% tal como se muestra en el gráfico 2.2.

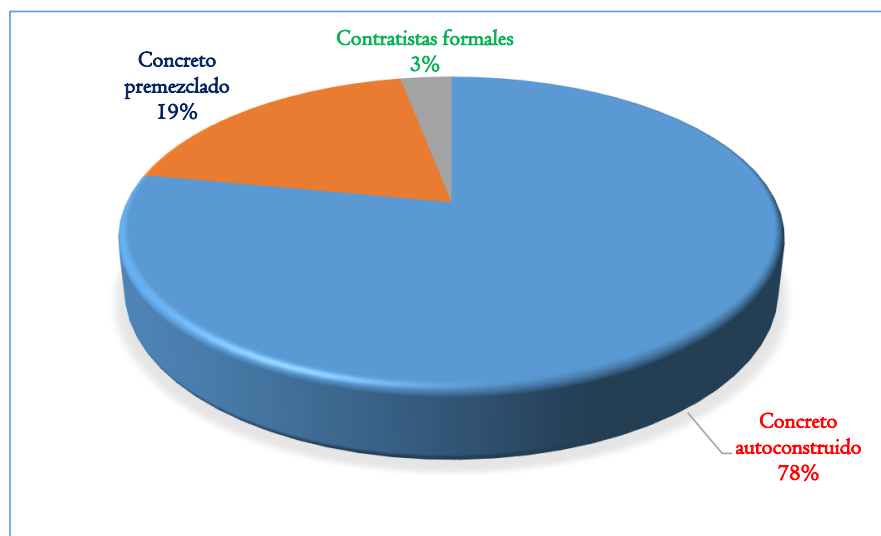


Figura 2.2: Consumo de cemento nacional por rubros. *Fuente:* Referenciado en [2].

## 2.2. Situación de las viviendas informales

En las últimas cuatro décadas el espacio urbano del distrito de Ayacucho tuvo un incremento considerable, este hecho no es ajeno al resto de capitales de cada región del país, lo que resalta en general es que el crecimiento ha sido fundamentalmente informal. En efecto, las personas han adquirido, habilitado y/o edificado sus vecindarios al margen o en contra de las disposiciones estatales, constituyendo asentamientos informales. Con el transcurso del tiempo estos asentamientos pueden gozar eventualmente de un régimen legal de excepción, que puede considerarse como una respuesta improvisada de las autoridades frente al problema, de tal manera que, si bien pueden recibir títulos de propiedad sobre el terreno que no comprenden el reconocimiento de la propiedad de las edificaciones, se les imponen además una serie de limitaciones en el ejercicio de sus atributos por un período de tiempo [6].

Algunos asentamientos pueden haber nacido inclusive por decisión política del gobierno local o regional, pero su desarrollo posterior no ha sido mayormente distinto que el del resto, excepto porque tal vez no han resultado los más prósperos. En los asentamientos informales las habilitaciones se producen precisamente a la inversa de lo que prescribe el urbanismo tradicional. Los informales ocupan primero el lote, después construyen, luego habilitan y solo al final obtienen la propiedad del terreno; exactamente a la inversa de lo que sucede en el mundo formal. Es por eso que estos asentamientos evolucionan de una manera distinta que la ciudad tradicional y dan la impresión de hallarse en edificación permanente [6].

## 2.3. Cifras de las viviendas según material predominante en su construcción

### 2.3.1. Viviendas, perspectiva nacional

Nuestro país en los últimos años viene atravesando un crecimiento de la demanda en el sector de la construcción, originada en gran medida, al constante repunte de la economía, a la estabilidad macro-económica e indicadores positivos en general. En su mayoría la necesidad de las familias de construir su vivienda con material predominantemente de albañilería confinada a llevado, en muchos casos, a realizar construcciones defectuosas sin respetar códigos y normas que más adelante detallaremos.

Según INEI<sup>2</sup>, a nivel nacional el material predominantemente para la construcción de viviendas es el ladrillo, que se traduce en la albañilería confinada, concreto armado o mixto, seguido del adobe y tapia que mostramos en el cuadro 2.3. La zona de la costa es la región con una alta densidad de viviendas de albañilería.

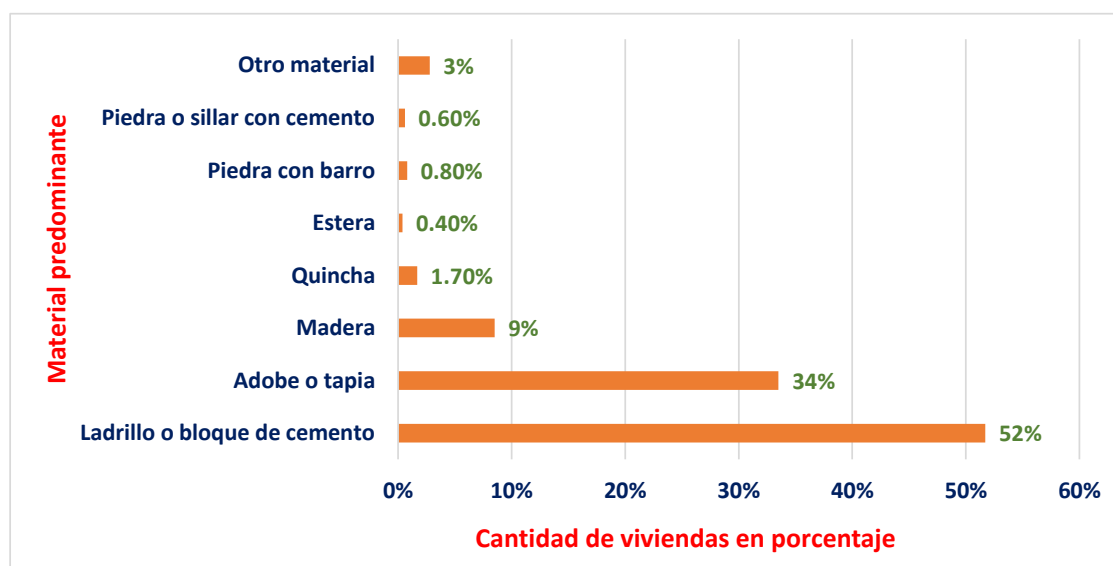


Figura 2.3: Porcentaje de viviendas peruanas según el tipo de pared. Fuente: INEI. Cuadro estadístico - 2015.

<sup>2</sup>Cuadro estadístico de vivienda. INEI - 2015.

### 2.3. Cifras de las viviendas según material predominante en su construcción

#### 2.3.2. Viviendas por tipo de material en la región de Ayacucho

Dentro de la región Ayacucho tomando en cuenta sus 11 provincias el material predominante en las paredes de las viviendas es el adobe como se muestra en el gráfico 2.4 teniendo en cuenta que la región de Ayacucho constituye lamentablemente una de las regiones con mayor índice de pobreza<sup>3</sup>. En pocos años esperemos cambie. A diferencia del promedio nacional que predomina el ladrillo, en nuestra región predomina el adobe.

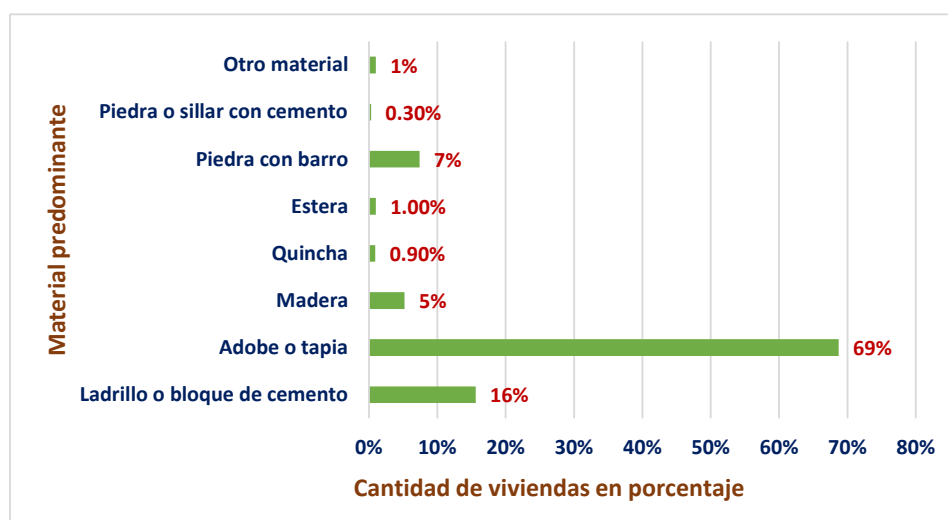


Figura 2.4: Porcentaje viviendas en la región Ayacucho por tipo de pared. *Fuente:* INEI - Censo población y vivienda 2007.

#### 2.3.3. Viviendas por tipo de material-ciudad Ayacucho

El distrito de Ayacucho, capital del región del mismo nombre, la situación de las viviendas constituye en mayor porcentaje de predominancia el material de ladrillo como se muestra en la figura 2.5 disminuyendo el adobe y tapia a comparación del cuadro anterior.

<sup>3</sup>En el 2016 Ayacucho fue considerado como la segunda región más pobre del Perú, después de la región de Cajamarca, con más del 50% de pobreza.

## 2.4. Etapas de la construcción de viviendas de manera formal y auto-construido

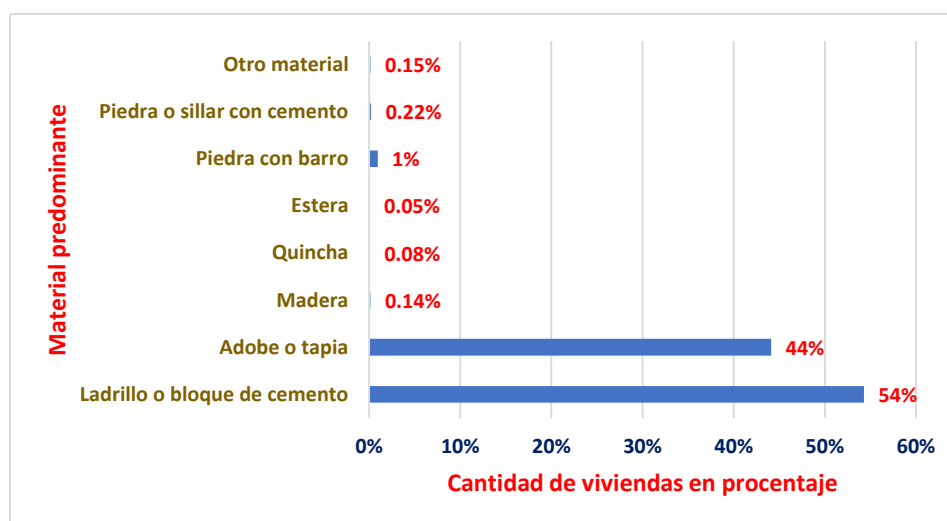


Figura 2.5: Porcentaje viviendas en el distrito de Ayacucho por tipo de pared. *Fuente:* INEI - Censo población y vivienda 2007.

## 2.4. Etapas de la construcción de viviendas de manera formal y auto-construido

### 2.4.1. Etapas de la construcción formal

El aspecto de construcción formal está contemplado en las normas y códigos previstos en nuestra legislación y es garantía o al menos es el buen camino para tener una edificación segura que pueda soportar eventos hostiles propias de la naturaleza.

#### 2.4. Etapas de la construcción de viviendas de manera formal y auto-construido

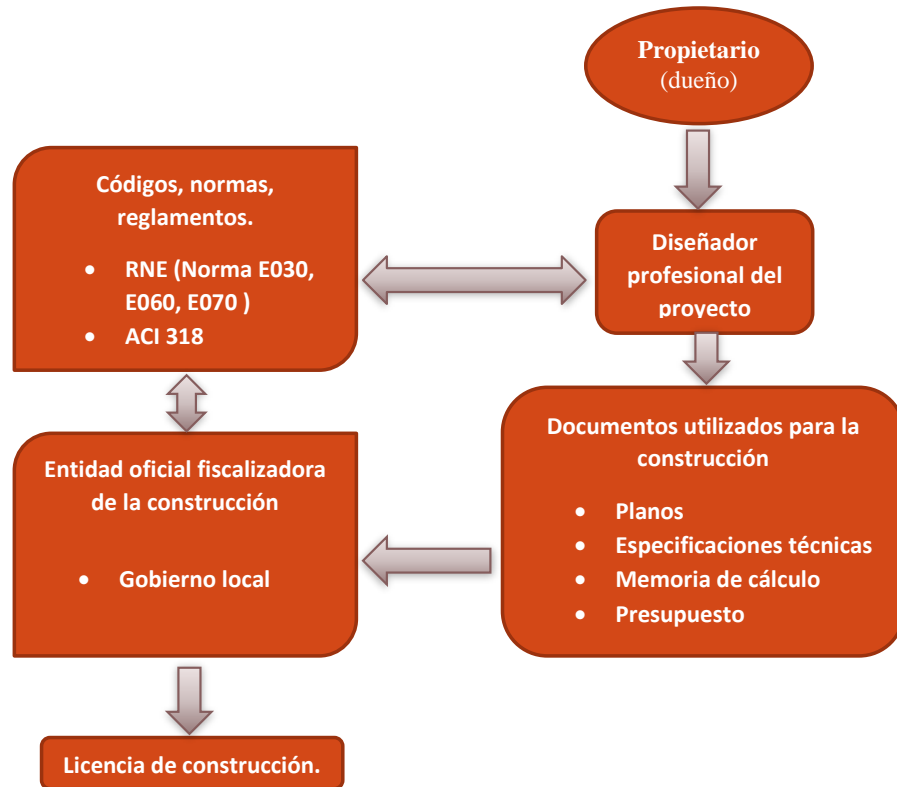


Figura 2.6: Etapas logísticas en la construcción formal. *Fuente:* Referenciado desde [2].

Enumeraremos las etapas de la construcción formal [2]:

1. El propietario cuenta con los servicios profesionales del ingeniero o arquitecto que plasmará el diseño, ejecución, construcción y continuamente supervisado.
2. Las construcciones formales en cuestiones de cumplimiento de las normas y códigos no tienen ningún inconveniente, puesto que de esta manera asegura el cumplimiento de los requisitos de seguridad y eficiencia estructural.
3. En el proceso constructivo la obra se someterá al control en sus diferentes fases; para asegurar el cumplimiento de las normas y códigos correspondiente. El aspecto del diseño de los planos se plasmará en la construcción y posterior uso de la vivienda.
4. Es fundamental la intervención de la entidad fiscalizadora oficial de la localidad en donde se ejecute la construcción de la vivienda. El municipio local como

## 2.5. Etapas de la auto-construcción de viviendas

protagonista principal interviene en el control y brindan la conformidad de obra para su uso.

5. Dentro de una construcción formal, los problemas de validez legal del inmueble no son inconvenientes, el propietario posee los documentos en regla y goza de créditos bancarios. La declaratoria de fábrica a realizar en la SUNARP<sup>4</sup> no exige esfuerzos adicionales en el trámite, previa obtención de la licencia de construcción por parte del municipio local.

## 2.5. Etapas de la auto-construcción de viviendas

La construcción de viviendas de manera informal implica que la responsabilidad está supeditada en más del 90 % al conocimiento del maestro de obra como se plasma en la figura 2.7 y 2.10 asumiendo el rol en conjunto de diseñador, proyectista, contratista y supervisor de esta forma ejerciendo una labor no adecuada para el producto final que es la vivienda familiar, muchas veces culminada con ingentes defectos.

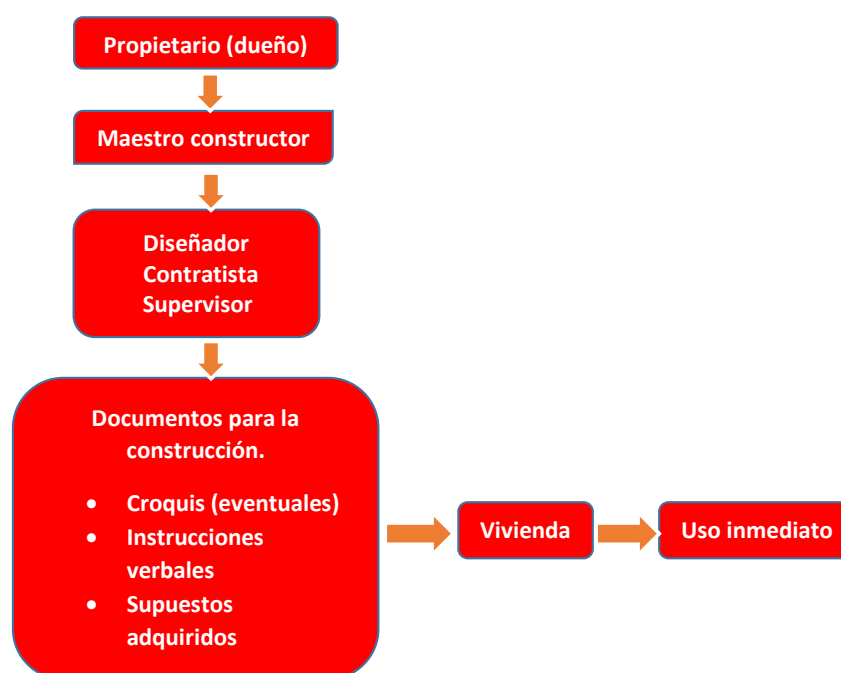


Figura 2.7: Etapas logísticas en la auto-construcción. *Fuente:* Referenciado en [2].

<sup>4</sup>Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

## 2.6. Distribución de fallas en las etapas de la construcción de viviendas

Enumeraremos las etapas de la construcción informal o auto-construida [2]:

1. Dentro de las competencias y funciones del maestro de obra se encuentra la responsabilidad del diseño, ejecución y la misma supervisión, incrementándose de esta manera su responsabilidad.
2. El maestro de obra dentro de su formación se rige por supuestos técnicos transmitidos por tradición oral y experiencia práctica en muchos casos no validada.
3. La construcción de viviendas auto-construidas no está sometida a controles adicionales, más que a la auto-supervisión del mismo maestro de obra, y a la percepción subjetiva del propietario.
4. Al concluir con la construcción de las viviendas, los inmuebles no poseen documentos legales, por lo tanto requiere de engorrosos trámites dentro del municipio de su localidad para así ser reconocida y acceder a un crédito formal.

## 2.6. Distribución de fallas en las etapas de la construcción de viviendas

En el proceso constructivo de edificaciones, sea de manera formal o informal, se origina una número determinado de *lapses*, errores u omisiones que perjudican el mejor desempeño de las estructuras frente a un eventual sismo de moderada o grave intensidad. El Ingeniero español J. Calavera en su libro Patología de las Estructuras de Hormigón Armado y Pre-tensado [4] muestra un cuadro 2.8 donde se expone que el 51 % de las fallas se producen en la ejecución de las obras, el 37 % se produce por fallas en la proyección del proyecto, el 4.5 % se produce en la calidad de los materiales, mientras tanto el resto corresponde al uso y mantenimiento posterior de la estructura, esta afirmación varía en rangos pequeños de acuerdo a cada país y rubro.

## 2.6. Distribución de fallas en las etapas de la construcción de viviendas

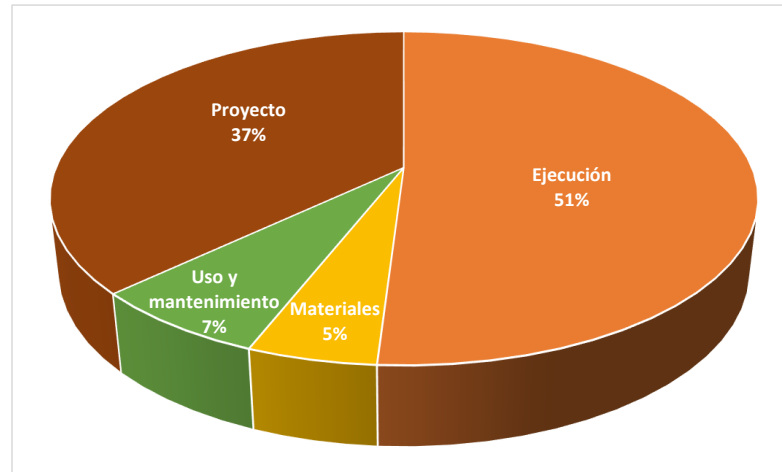


Figura 2.8: Distribución de las fallas según las etapas del proceso constructivo. *Fuente:* Referencia [4].

### 2.6.1. Distribución de las fallas propias del maestro de obra

Teniendo en cuenta el gráfico 2.9 y considerando que el maestro de obra es el encargado del proyecto, la elección de los materiales y la ejecución de la misma, entonces las fallas en la construcción de viviendas auto-construidas es alrededor del 90% responsabilidad del maestro constructor, lo cual, por su envergadura es peligroso y se refleja en la experiencia del mismo. Si el maestro de obra posee un mayor conocimiento de diseño, proyección y ejecución; el resultado será una vivienda segura.

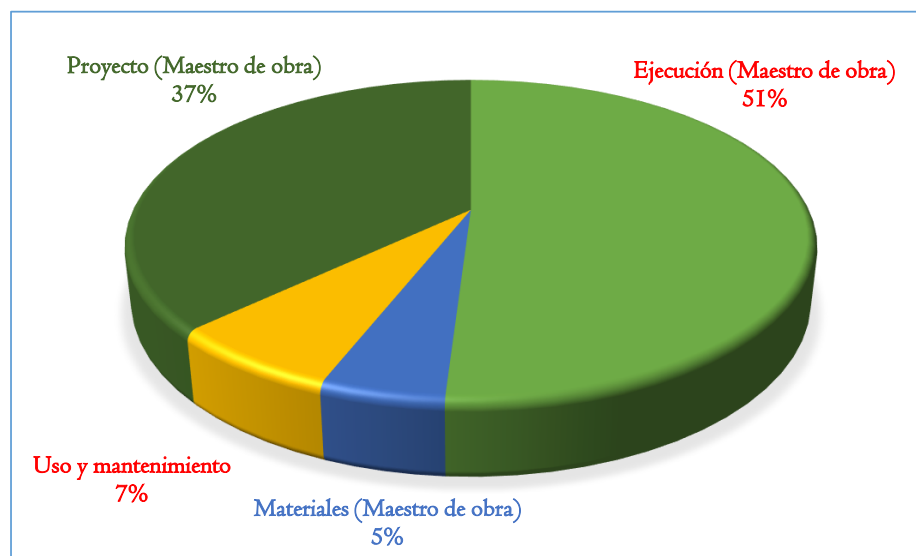


Figura 2.9: Responsabilidad del maestro de obra en las fallas constructivas. *Fuente:* Referenciado en [2].

## 2.7. El concreto hecho a pie de obra y el concreto pre-mezclado

Sintetizando el cuadro anterior y concibiendo en un gráfico sencillo 2.10 observamos que la responsabilidad del maestro es más del 90 % en la auto-construcción de viviendas. Todo esto asumiendo que en manos del maestro constructor está la planeación, diseño del proyecto, la elección y compra de los materiales y la respectiva ejecución o construcción de la misma, exceptuando el uso y mantenimiento.

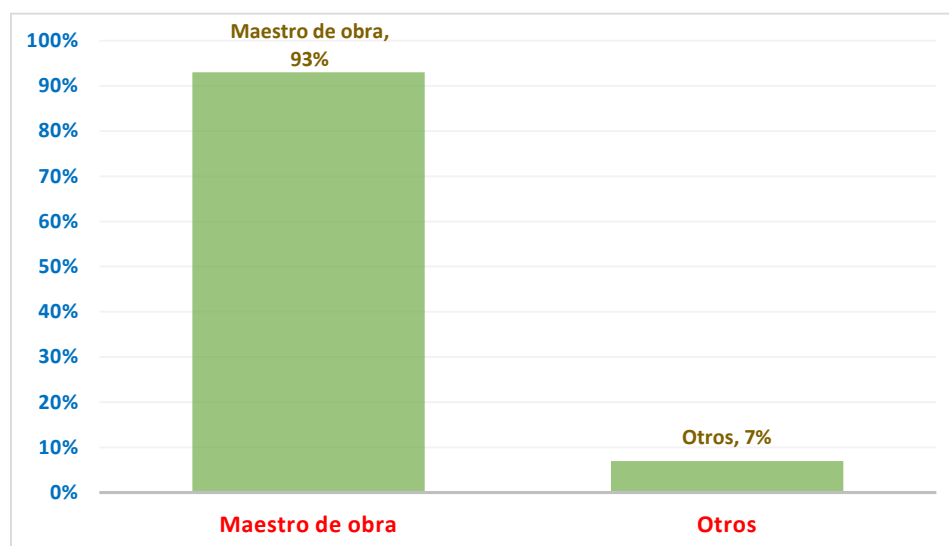


Figura 2.10: Responsabilidad del maestro de obra en un resumen general. *Fuente:* Adaptado desde [2].

## 2.7. El concreto hecho a pie de obra y el concreto pre-mezclado

### 2.7.1. El concreto hecho a pie de obra

Denominado también para el caso de estudio de la tesis como concreto auto-construido, artesanal, concreto fabricado por el maestro de obra o concreto informal. El concreto artesanal es la mezcla realizada en el mismo lugar de la construcción de la vivienda, utilizando trompos o mezcladoras. La calidad del concreto está supeditada a la experiencia y conocimiento del autor que en este caso es el maestro constructor. El concreto hecho en obra es el material de construcción de mayor empleabilidad en la construcción de vivienda en nuestro país.

## 2.7. El concreto hecho a pie de obra y el concreto pre-mezclado



Figura 2.11: Vaciado de losa con concreto artesanal en el distrito de Jesús Nazareno. Octubre - 2016.

### 2.7.2. El concreto pre-mezclado

En los últimos años se involucró la utilización de camiones concreteros o *mixer* y el camión bomba de concreto con pluma, de esta manera facilita el vaciado de un elemento estructural o no estructural en diferentes proyectos de construcción.

El término concreto pre-mezclado se aplica al concreto preparado en planta, en instalaciones fijas y transportado hasta el lugar de utilización por camiones especiales, denominados camiones mezcladores o agitadores, según el caso [7].

La industria del concreto pre-mezclado tiene amplio auge en los países desarrollados, en los cuales la casi totalidad o mayor producción de concreto se produce en centrales de mezcla. En nuestro medio, su campo de acción es importante y ha logrado alta tecnología y calidad [7].

En el distrito de Ayacucho actualmente existen tres empresas dedicadas a este rubro como es el caso de la empresa Tecnycon, Los Andes y Mixer Sur, estas empresas son cotizadas en el medio de manera que brindan servicios de vaciado de losas aligeradas de las viviendas en su mayoría permitiendo el ahorro de tiempo y afán a diferencia del vaciado utilizando la mezcladora pequeña convencional de escasos metros cúbicos.

Comúnmente se observa la existencia de maestros de obra que efectúan la construcción de viviendas optando en el vaciado de las losas aligeradas las ya mencionadas

## 2.7. El concreto hecho a pie de obra y el concreto pre-mezclado

empresas concreteras, los demás partidas de la obra se encarga en un porcentaje amplio el mismo maestro constructor.



Figura 2.12: Detalle del proceso de colado utilizando el concreto pre-mezclado. *Fuente:* Empresa concretera UNICON. Lima - 2010.

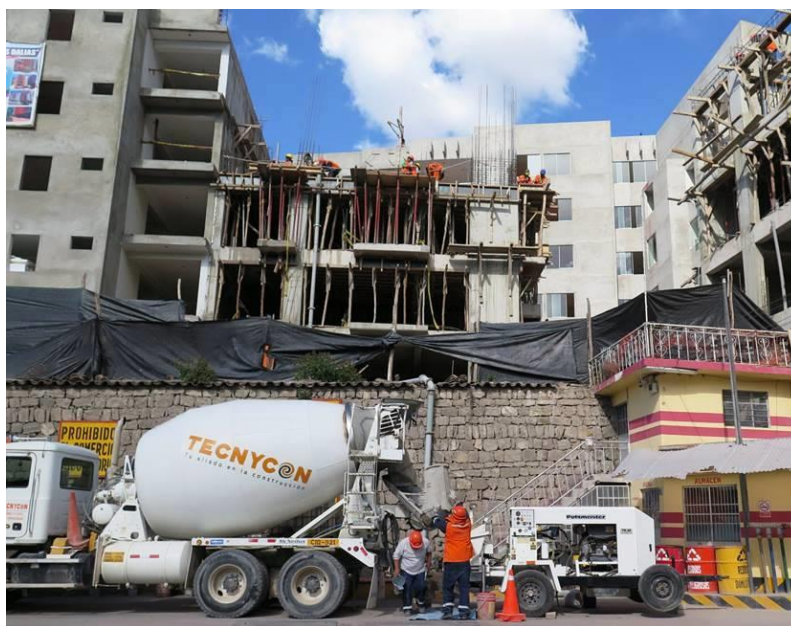


Figura 2.13: Proceso de vaciado de una empresa concretera local. *Fuente:* Empresa concretera TECNYCON - 2016.

## **Capítulo 3**

# **Definiciones del Análisis de los Especímenes Cilíndricos de Concreto**

### **3.1. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto - ASTM C39/NTP 339.034-1999**

#### **3.1.1. Aparatos**

- a) Máquina de ensayo a compresión capaz de mantener la velocidad de carga continua y uniforme, como el mostrado en la figura 3.1.

#### **3.1.2. Procedimiento**

- a) Medir el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0.1mm con un calibrador micro-métrico.
- b) Colocar la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo.

### 3.1. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto - ASTM C39/NTP 339.034-1999



Figura 3.1: Equipo de ruptura de probetas de concreto marca Tecnotest.

- c) Aplicar la carga en forma continua y constante evitando choques la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s.
- d) Anotar la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.

#### 3.1.3. Expresión de resultados

El ensayo de compresión de probetas cilíndricas de concreto utiliza las variables siguientes que se muestran en el cuadro 3.1, las unidades varían según la configuración del equipo.

Cuadro 3.1: Expresión de resultados. *Fuente:* Referenciado en [1].

Rc	=	Resistencia de rotura a la compresión
P	=	Carga máxima de rotura
A	=	Área de la superficie de contacto
$Rc = P/A$		

3.1. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto - ASTM C39/NTP 339.034-1999

### 3.1.4. Factor de corrección por altura y diámetro

La siguiente tabla mostrada en el cuadro 3.2 se utiliza si la relación altura/diámetro [1], de la probeta es menor de 1.8 es preciso corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección mostrado. Muchas veces los especímenes cilíndricos de concreto son obtenidos con pequeñas desproporciones en su forma, siendo este cuadro muy importante a la hora de su corrección.

Cuadro 3.2: Factor de corrección por altura y diámetro en las probetas. *Fuente:* Adaptado desde [1].

Relación altura - diámetro	Factor de corrección
2	1
1.75	0.98
1.5	0.96
1.25	0.93
1	0.87

### 3.1.5. Control estadístico de las resistencias en compresión del concreto

La resistencia en compresión del concreto  $f'_c$  es el parámetro de referencia más difundido tanto a nivel de diseño estructural y tecnología del concreto para evidenciar las características resistentes y la calidad de un concreto [2].

Si bien la calidad del concreto abarca un concepto más amplio e integral que la resistencia en compresión, es innegable que este parámetro reviste importancia primordial ya que sobre él descansan las filosofías de diseño actuales.

El  $f'_c$  como está definido y de la forma como se evalúa en obra, representa la *resistencia en compresión potencial probabilística del concreto* en una estructura antes que la resistencia *in-situ*, siempre que la obtención, curado y ensayo de los testigos se realice bajo las condiciones estandarizadas [2].

3.1. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto - ASTM C39/NTP 339.034-1999

Cuadro 3.3: Principales fuentes de variación de la resistencia del concreto. Fuente: Adaptado desde [2].

Debido a variaciones en las propiedades del concreto	Debido a las deficiencias en los métodos de prueba
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios en la relación agua/cemento               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Control deficiente del agua</li> <li>b) Variación excesiva de humedad</li> <li>c) contar con los medios adecuados</li> </ol> </li> <li>2. Variación en los requerimientos de agua de mezcla               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Gradación de los agregados, absorción</li> <li>b) Características del cemento y aditivos</li> <li>c) Tiempo de suministro y temperatura</li> </ol> </li> <li>3. Variación en las características y proporción de los ingredientes               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Agregados</li> <li>b) Cemento</li> <li>c) Aditivos</li> </ol> </li> <li>4. Variaciones ocasionadas por el transporte, colocación y compactación</li> <li>5. Variación en la temperatura y curado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procedimientos de muestreo inadecuados</li> <li>2. Dispersiones debidas a la forma de preparación, manipuleo y curado de los cilindros de prueba</li> <li>3. Mala calidad de los especímenes de prueba</li> <li>4. Defectos de curado               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Variación de temperatura</li> <li>b) Humedad variable</li> <li>c) Demoras en el transporte</li> </ol> </li> <li>5. Procedimientos de ensayo deficientes               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) El refrendado (<i>Capping</i>)</li> <li>b) El ensayo de compresión.</li> </ol> </li> </ol>

3.2. *Elaboración y curado en obras de especímenes de concreto para pruebas de compresión. ASTM C31*

## **3.2. Elaboración y curado en obras de especímenes de concreto para pruebas de compresión.**

### **ASTM C31**

#### **3.2.1. Alcance**

Esta práctica cubre los procedimientos necesarios para hacer y curar muestras cilíndricas para proyectos de construcción, que puede ser compactado mediante varillado o vibración [8]. Además este ensayo proporciona los estándares necesarios para la realización de curado, protección y transporte de los especímenes de ensayo del concreto bajo las condiciones de campo.

#### **3.2.2. Equipos**

- **Moldes.** Deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de cimbras no reactivo.
- **Varilla.** De acero redonda con un diámetro de 5/8 de pulgada (16 mm), recta y aproximadamente de 24 pulgadas (600 mm) de longitud con un extremo redondeado de forma semiesférica.
- **Martillo de goma.** Debe usarse un mazo con cabeza de hule o cuero.
- **Herramientas de Mano.** Palas, cubetas, espátulas, niveladores y alisadores de madera y metal para la superficie del concreto, calibradores cucharones y reglas.
- **Recipiente para muestreo y mezclado.** Debe ser un recipiente de metal grueso de tamaño adecuado o una carretilla limpia de superficie no absorbente y con capacidad suficiente para mezclar la muestra, dejando lista para el ensayo.

3.2. *Elaboración y curado en obras de especímenes de concreto para pruebas de compresión. ASTM C31*

### 3.2.3. **Requerimientos de prueba**

- **Especímenes cilíndricos.** Los especímenes deben ser cilindros de concreto colado y fraguado en posición vertical, de altura igual a dos veces el diámetro y el diámetro del cilindro es de tres veces el tamaño máximo nominal [8].

### 3.2.4. **Procedimiento**

- a) Colocar el molde sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.
- b) Colocar el concreto en el interior del molde, moviendo el cucharón alrededor del borde del molde para asegurar la distribución del concreto y una segregación mínima mientras se descarga el concreto.
- c) Llenar el molde en tres capas de igual volumen. En la última capa, agregar la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación. Ajustar el sobrante o faltante de concreto con una porción de mezcla y completar el número de golpes faltantes.
- d) Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla usando la punta semiesférica, distribuyendo uniformemente las penetraciones.
- e) Compactar la capa inferior en todo su espesor. Compactar la segunda y tercera capa, penetrando una pulgada (25 mm) en la capa anterior.
- f) Después de compactar cada capa, golpear los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo para liberar las burbujas de aire que puedan quedar atrapadas. Utilice la mano abierta, si se trata de moldes de un solo uso los cuales son susceptibles a daños por los golpes con el mazo.
- g) Mantener una vibración uniforme durante este proceso. La duración del vibrado dependerá de la trabajabilidad del concreto y la efectividad del vibrador, se

### 3.3. Evaluación del grado de control del concreto

debe vibrar hasta obtener una superficie lisa. Colocar cada capa de concreto en el molde antes de comenzar la vibración de la misma.

- h) Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación y si es necesario se le da un acabado con una llana o cuchara. Debe darse el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
- i) Identificar los especímenes con la información correcta, no se lo hace sobre las tapas de los moldes y utilizar un método que no altere la superficie del concreto.

## 3.3. Evaluación del grado de control del concreto

En esta parte nos enfocaremos al análisis, interpretación de los valores obtenidos tras la ruptura de las probetas a los 28 días.

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujetos a variaciones, para gran número de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está ensayando y el cuidado con que se han hecho los ensayos [3].

La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el promedio, y las más comunes de grado de uniformidad son las desviaciones estándar y el coeficiente de variación [3].

### 3.3.1. Desviación estándar

La desviación estándar se utiliza para evaluar la dispersión de datos respecto al promedio de la evaluación del concreto.

Es preciso recalcar que la manera de hallar la desviación estándar depende del número de muestras que se tenga en cuenta para la ejecución del control de calidad de la producción, de la siguiente manera:

### 3.3. Evaluación del grado de control del concreto

Cuadro 3.4: Cuadro de fórmulas entorno a la desviación estándar *Fuente:* Referenciado en [3].

<b>Para un número de muestras mayores de 30</b>	$D_s = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - X_{prom})^2}{n - 1}}$
<b>Para un número de muestras menores de 30</b>	$D_s = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - X_{prom})^2}{n}}$

donde:

$D_s$  = Desviación estándar

$X_{prom}$  = Resistencia a la compresión promedio

$X$  = Resistencia individual

$n$  = Número de ensayos realizados

#### 3.3.2. Coeficiente de variación

Está definido de la siguiente manera:

Cuadro 3.5: Expresión para la obtención del coeficiente de variación. *Fuente:* Adaptado desde [3].

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100$$

Los valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación se muestra en el cuadro 3.6.

### 3.3. Evaluación del grado de control del concreto

Cuadro 3.6: Valores que relacionan el grado de control de calidad con el coeficiente de variación. *Fuente:* Referenciado en [3].

Grado de control	Coeficiente de variación (V)
Ensayo de laboratorio	5 %
Excelente en obra	10 % a 12 %
Bueno	15 %
Regular	18 %
Inferior	20 %
Malo	25 %

#### 3.3.3. Criterios del reglamento ACI 318

Según el reglamento la resistencia a compresión del concreto es el promedio de ensayar dos probetas obtenidas de una misma muestra de concreto y que fueron curadas bajo condiciones controladas a los 28 días.

El nivel de resistencia de una determinada clase de concreto, se considerará satisfactorio si se cumplen a la vez los siguientes requisitos:

Cuadro 3.7: Expresiones para la determinación de la resistencia promedio de diseño. *Fuente:* Reglamento ACI 318.

El promedio de todos los grupos de tres ensayos de resistencia en compresión consecutivos sea mayor o igual a la resistencia a compresión obtenida	$f'_{cr} = f'c + 1.34Ds$
Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que $f'c$ en más de 35 Kg/cm <sup>2</sup>	$f'_{cr} = f'c - 35 + 2.33Ds$

donde:

$f'c$  = Resistencia a compresión especificada

$f'_{cr}$  = Resistencia a la compresión requerida

### 3.3. Evaluación del grado de control del concreto

Es preciso indicar que las expresiones dadas anteladamente son válidas si cumplen lo siguiente:

- a) Si se disponen de resultados de al menos 30 ensayos consecutivos de un tipo de concreto.
- b) Las resistencias obtenidas al ensayar los cilindros no varíen en más de 70 Kg/cm<sup>2</sup> con el  $f'c$  especificado.

#### ■ Criterios cuando se tienen menos de 30 ensayos

Cuando no se disponga de al menos 30 ensayos como es el caso de esta investigación el ACI recomienda que al valor de la desviación estándar (Ds) que se calcule deberá incrementarse de acuerdo al cuadro 3.8 mostrado:

Cuadro 3.8: Tabla de corrección para ensayos menores a 15. *Fuente:* Reglamento ACI 318.

N° de ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Ver tabla cuando se desconoce la Ds.
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

#### ■ Criterios cuando no se cuenten con datos estadísticos

Para cuando se tenga menos de 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos.

Cuadro 3.9: Tabla para la obtención de la resistencia promedio requerida. *Fuente:* Reglamento ACI 318.

Resistencia a compresión especificada ( $f'c$ )	Resistencia a compresión requerida ( $f'cr$ )
<210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
>350	$f'c + 98$

# Capítulo 4

## Materiales y Métodos

### 4.1. Preliminar

A continuación se caracteriza el tipo de investigación o metodología de la investigación; herramientas necesarias para abordar el objeto del estudio, se incluye las técnicas, tácticas, modos y pasos o procedimientos que se realizaron, obteniéndose de esta forma dentro del resultado el cumplimiento de nuestros objetivos e hipótesis planteados anteladamente.

### 4.2. Tipo de investigación

Según el problema propuesto y los objetivos planteados, la presente investigación se puede tipificar de la siguiente manera:

- Tipo de investigación: descriptiva y cuantitativa.

La finalidad de la investigación es determinar las resistencias mecánicas del concreto utilizado en la construcción de viviendas en la ciudad de Ayacucho, tipificando si el concreto utilizado es auto-construido o pre-mezclado y realizando posteriormente las comparaciones entre ellas, y verificando si cumplen con los requisitos mínimos exigidos en la norma de edificaciones.

### 4.3. Diseño de la investigación

De acuerdo a las necesidades de esta investigación, el diseño de la investigación es lo siguiente:

1. *Diseño de la investigación:* en este caso, se decidió abordar la presente investigación con los criterios correspondientes al de una investigación del diseño no experimental - longitudinal, puesto que la toma de muestras del concreto en las viviendas se realizó en diferentes lapsos.
2. *Número de eventos o variables de estudio:* este criterio se considera la cantidad de eventos de estudio o variables, tomando en cuenta la amplitud y organización de los datos. En la investigación propuesta se manejaron variables individuales, como es el caso de la resistencia mecánica del concreto muestreado.
3. *Temporalidad:* la investigación propuesta está enmarcada dentro un periodo de tiempo definido y corto; como segundo punto es preciso especificar que la investigación corresponde al momento actual o contemporáneo.
4. *Fuentes de información:* se recurrirán a fuentes documentales, de la misma manera se enmarcará dentro de la información recopilada en el muestreo.

En consecuencia, el diseño de investigación de este trabajo corresponde al de una investigación descriptiva, uni-variada, no experimental, longitudinal y contemporánea.

En forma resumida de lo expuesto líneas arriba, presentamos el cuadro 4.1 que contiene los criterios y el diseño de este estudio:

#### 4.4. Definición de las variables de estudio

Cuadro 4.1: Resumen de los criterios de metodología de investigación propuesta en este estudio.

Criterios de la metodología		Diseño de investigación
Tipo de investigación:	Descriptiva-cuantitativa	<b>Investigación descriptiva, uni-variada, no experimental, longitudinal y contemporánea.</b>
Amplitud de foco: se refiere a la cantidad de eventos	Uni-variada	
Manipulación de la variable: grado de intervención del investigador y del control de las variables	No experimental	
Temporalidad: duración y momento en que se realiza el estudio	Contemporánea	
Fuente: se refiere a la procedencia de la información.	De fuente originada en muestras obtenidas.	

#### 4.4. Definición de las variables de estudio

Para la presente investigación, la variable independiente, ver cuadro 4.2, son los especímenes cilíndricos de concreto obtenidos del vaciado de las diferentes viviendas, en sentido contrario la variable dependiente son los parámetros medidos de la resistencia mecánica del concreto muestreado.

Para facilitar la conceptualización de esta parte relacionado a las variable, en el cuadro 4.2 presentamos la operacionalización de las variables de estudio:

Cuadro 4.2: Variables e indicadores

Variable	Indicadores/Sub-indicadores	Medición
<b>Variable independiente</b>		
Concreto utilizado en la construcción de viviendas	a) Asesoramiento técnico	Participación de un profesional
	b) Licencia de construcción	Obtención de la autorización
	c) Supervisor	Participación de un profesional
	d) Documentos	Planos, especificaciones
<b>Variable dependiente</b>		
Resistencia mecánica de la muestra obtenida.	a) Calidad de los materiales	Ensayos de laboratorio
	b) Curado	Cantidad de veces
	c) Dosificación.	m3

## 4.5. Definición de las unidades de estudio

En este *item* resaltaremos a qué en qué o a quiénes se va a investigar, el evento o variable de estudio; concretamente, en cuál o cuáles entidades se manifiesta o manifiestan la situación a estudiar.

En nuestro caso, la población es descomunal y difícil de parametrar, por lo que seleccionamos 30 situaciones de estudio, como manifestando anteriormente se tomaron una muestra de 15 edificaciones en pleno vaciado de concreto a pie de obra y 15 viviendas en proceso de vaciado utilizando el concreto pre-mezclado, haciendo un total de 30 muestras, por consiguiente nuestra muestra viene a ser las probetas de concreto obtenidas<sup>1</sup>.

Se presenta el cuadro 4.3 de manera resumida para una mejor explicación de lo anteladamente afirmado.

<sup>1</sup>Por cada vivienda se obtuvo entre dos o tres muestras, siendo el valor promedio la resistencia final.

Cuadro 4.3: Definición de las unidades de estudio.

Eventos	Unidades de Estudio			
	Unidades de estudio	Fuente de información acerca de la unidad de estudio	Criterios para determinación del tamaño de la muestra (Opciones)	Técnicas de muestreo a ser utilizadas para escoger la muestra
Determinación de la resistencia mecánica del concreto vaciado en la construcción viviendas en la ciudad de Ayacucho	Viviendas de albañilería y concreto armado vaciadas con concreto hecho a pie de obra	Dos o tres probetas obtenidas de la construcción de las viviendas utilizando concreto hecho a pie de obra	No aplica (se toma todo el marco legal vigente)	No aplica (se toma todo el marco legal vigente)
	Viviendas de albañilería y/o concreto armado vaciadas con concreto pre-mezclado.	Dos o tres probetas obtenidas de la construcción de las viviendas utilizando concreto pre-mezclado.	Aleatorio no probabilístico.	Aleatorio no probabilístico.

## 4.6. Población y tamaño de la muestra de estudio

La población tomada para este estudio son las viviendas de albañilería y/o de concreto armado en construcción ubicadas en la ciudad de Ayacucho y el tamaño de la muestra son en total 30 viviendas separadas en 15 viviendas vaciadas con concreto hecho a pie de obra y 15 viviendas coladas utilizando concreto pre-mezclado.

Cabe precisar que de cada vivienda en construcción se tomará tres o dos muestras con las siguientes características y detalles.

- Debe estar *a priori* encofrado y en pleno vaciado en uno de sus elementos estructurales sea losa, columna, viga o zapata.
- Se tomará las muestras utilizando probetas o moldes de concreto en un número de dos o tres unidades por vivienda, ejecutándose la ruptura a los 28 días calendarios.
- Se utilizará la ficha propuesta en el cuadro 4.5 para los anotes y apuntes respectivos.

Las muestras se tomaron de forma no probabilística, lo que significa que las muestras de concreto se obtuvieron todos los días o en su defecto los fines de semana sin importar la ubicación, para lo cual se monitoreo diversos puntos de la ciudad de Ayacucho, una vez ubicada la vivienda a estudiar se conversó con el propietario o maestro de obra para realizar el muestreo obteniendo de esta forma los especímenes cilíndricos de concreto que son importantes en esta investigación.

Para ilustrar mejor la idea presentamos el gráfico 4.1.



Figura 4.1: Detalle de la población y muestra de estudio.

## 4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una vez definido los eventos o variables de la investigación y las unidades de estudio en los que se verificará la ocurrencia o no del fenómeno a estudiar, es necesario seleccionar las técnicas e instrumentos apropiados mediante los cuales se obtendrá la información necesaria que permita dar respuesta a los objetivos planteados, en el cuadro 4.4 se muestra a detalle:

Dentro de los registros de datos se obtuvo de las pruebas realizadas en el laboratorio, específicamente se tomaron los resultados que arrojó el equipo de ruptura de concreto, que dicho sea de paso estuvo calibrada como lo establece las normas de INDECOPI<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, INDECOPI, es un organismo público especializado del Estado Peruano, adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros con personería jurídica de derecho público.

#### 4.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Cuadro 4.4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados.

Eventos	Unidades de estudio	Técnicas	Instrumentos	
			Recolección de datos	Registro de datos
<i>Determinación de la resistencia mecánica del concreto en la construcción de viviendas de la ciudad de Ayacucho.</i>	Viviendas de albañilería y/o concreto armado coladas con mezcla hecho a pie de obra	Datos obtenidos de la muestra en laboratorio	Matriz registro de datos	Formato de lápiz y papel
	Viviendas de albañilería y/o concreto armado vaciadas con concreto pre mezclado.	Datos obtenidos de la muestra en laboratorio.	Matriz de registro de datos.	Formato de lápiz y papel.

##### 4.7.1. Ficha de registro de datos

Dentro de esta investigación utilizaremos una ficha de reporte mostradas en el cuadro 4.5 la cual nos servirá para procesar numéricamente y de forma sencilla los parámetros y características estructurales y constructivas de las viviendas que tomaremos para su evaluación.



## 4.8. **Procesamiento y análisis de las muestras obtenidas**

Una vez obtenidos los datos en el laboratorio, fue necesario determinar e interpretar los resultados en referencia a los objetivos planteados al principio de la investigación.

A tal efecto, se dispuso que la recolección de los datos y el análisis de los resultados puedan ser integrados en dos etapas: la primera que corresponde al recojo de muestras de las diferentes viviendas vaciadas en su construcción, la segunda que está vinculada al análisis de los datos obtenidas posterior a los 28 días de curado en los pozos y comprimidos con el equipo de ruptura en la misma fecha.

Se optará por el análisis de datos referidos a encontrar la evaluación del grado de control dentro de las cuales se encuentra la desviación estándar, el coeficiente de variación, la resistencia promedio y demás cálculos estadísticos que se mostrarán en el capítulo discusión de resultados.

### 4.8.1. **Procesamiento de datos**

Se utilizará el ensayo de compresión de muestras cilíndricas de concreto a los 28 días seguidamente se obtendrá las variables siguientes:

- Coeficiente de variación del concreto
- Desviación estándar a los 28 días
- Resistencia promedio
- Comparaciones estadísticas entre el concreto pre-mezclado y los resultados del concreto auto-construido
- Analizar parámetros ayudados por la estadística descriptiva

#### 4.8. Procesamiento y análisis de las muestras obtenidas

- Valor de la resistencia de diseño en sus dos casos de estudio.

#### 4.8.2. Criterios de inclusión y exclusión de la población

En el cuadro 4.6 consideraremos para mejor entendimiento los aspectos relacionados al criterio de selección de nuestro estudio.

Cuadro 4.6: Criterios de inclusión y exclusión de la población en estudio.

<b>Criterios de inclusión</b>	Se encuentran involucradas las viviendas construidas con material de concreto o mampostería de ladrillo hecho a pie de obra, asimismo las construcciones realizadas con el concreto pre-mezclado.
<b>Criterios de exclusión</b>	No se tuvieron en cuenta aquellas viviendas de otros materiales como es la mampostería de adobe, piedra u otro material de construcción de igual forma se excluye concretos que no son parte de algún elemento estructural como los cimientos corridos, pisos, falso pisos, sardineles, veredas y demás.

#### 4.8.3. Equipos

En el cuadro 4.7 se enumera las herramientas y equipos utilizados a la hora de obtener y analizar las muestras.

Cuadro 4.7: Materiales y equipos utilizados en esta investigación.

<b>Equipos/materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Equipo de compresión para ruptura probetas de concreto	1.00
Pozo de curado	1.00
Molde o probeta de concreto	6.00
Varilla lisa de 5/8 pulgada punta roma	1.00
Cucharón de aluminio	1.00
Martillo de goma	1.00
Desmoldante de calidad	Lo necesario
Movilidad (para recojo y traslado de muestras)	Lo necesario
Equipo para procesamiento de datos	1.00

## 4.9. Dificultades encontradas

- El trabajo de campo constituye la principal cuestión a resolver donde fue necesario el recorrido por las calles, avenidas y parques del casco urbano de la ciudad de Ayacucho, ubicando de esta manera las viviendas encofradas o en proceso de encofrado. Es así que el monitoreo se realizó en diferentes puntos, todo esto con la finalidad de estar al tanto de los vaciados de las viviendas.
- Falta de cooperación por parte de los dueños de las viviendas, muchas veces el propietario por su falta de conocimiento y desconfianza al estudio mostró una actitud reacia y reluctante, oponiéndose a la obtención de los especímenes cilíndricos de concreto, aunque posteriormente dándose por superado.
- Lejanía de los lugares muestreados, muchas veces monitoreamos lugares del vaciado en zonas lejanas a nuestro laboratorio por lo que el traslado y retorno de nuestros equipos de muestreo fue un tanto tedioso.



Figura 4.2: Obtención de muestras de concreto en diferentes viviendas.

# Capítulo 5

## Discusión de Resultados

### 5.1. Consideraciones previas de la toma de muestras

En esta parte de la tesis nos involucraremos en la descripción de la investigación realizada en el ámbito del casco urbano de la ciudad de Ayacucho, las etapas o fases del estudio detallamos a continuación a fin de facilitar su comprensión. El objetivo primordial para esta tesis es obtener entre dos y tres muestras cilíndricas de concreto tomando en cuenta la norma americana ASTM C31<sup>1</sup> que se utilizarán en el vaciado de algún elemento estructural de las edificaciones ubicadas en los alrededores de la ciudad de Ayacucho, seleccionadas de manera que se distingan si es un concreto realizado a pie de obra o un concreto pre-mezclado.

1. Se realizó un muestreo aleatorio de los puntos que presentaban el encofrado final para el vaciado de la losa u otro elemento estructural ubicadas en los alrededores de la ciudad de Ayacucho.
2. Ubicadas las edificaciones encofradas y listas para el vaciado de alguno de sus elementos estructurales nos dirigimos con los instrumentos de ensayo obteniendo los especímenes cilíndricos de concreto.

---

<sup>1</sup>ASTM C31: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field.

## 5.2. Ubicación de las viviendas muestreadas

3. Pasado las 24 horas las muestras cilíndricas de concreto se introdujeron en un pozo lleno de agua a fin de ser curado completamente durante 28 días.
4. Después de los 28 días las muestras cilindros de concreto se sometió a la comprensión de ruptura siguiendo las indicaciones de la norma americana ASTM C39<sup>2</sup>, obteniéndose de esta forma el valor de la resistencia mecánica requerida.

## 5.2. Ubicación de las viviendas muestreadas

Los puntos de obtención de las muestras fueron aquellas viviendas de albañilería confinada y/o concreto armado ubicados en los asentamientos humanos, asociaciones de viviendas, conjuntos habitacionales, barrios, etc. ubicadas dentro del casco urbano de la ciudad de Ayacucho exactamente comprendidas en los distritos de Jesús Nazareno, Ayacucho y San Juan Bautista.

En el cuadro 5.1 se muestra como referencia la ubicación de los puntos en las cuales se obtuvo la muestra del concreto vaciado a pie de obra teniendo como protagonista exclusiva al maestro de obra contratado por el propietario del predio en construcción. De la misma manera se especifica en el cuadro 5.2 las ubicaciones de los vaciados de los elementos estructurales de la vivienda utilizando el concreto pre-mezclado.

---

<sup>2</sup>ASTM C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

## 5.2. Ubicación de las viviendas muestreadas

Cuadro 5.1: Ubicación de viviendas muestreadas en torno al concreto hecho a pie de obra.

N°	Tipo de concreto utilizado	Ubicación del predio vaciado	Elemento estructural vaciado
1	Auto-construido	Asoc. Los Ángeles - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso
2	Auto-construido	Jr. Los Olmos - Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Zapatatas
3	Auto-construido	Av. Pérez De Cuellar	Losa 2° piso
4	Auto-construido	A. H. Pampa Hermosa (costado del parque)	Losa 2° piso
5	Auto-construido	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara (frente Archivo Regional)	Losa 2° piso
6	Auto-construido	Asoc. San Carlos - distrito Jesús Nazareno	Losa 2° piso
7	Auto-construido	A.H. Covadonga	Losa 1° piso (con hormigón)
8	Auto-construido	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Losa 4° piso (con hormigón)
9	Auto-construido	Av. Cusco cruce Jr. Pokra	Losa 1 piso
10	Auto-construido	Asoc. Los Ángeles - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso
11	Auto-construido	Asoc. Villa San Cristóbal - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso (en la mezcla se utilizó el hormigón)
12	Auto-construido	Asoc. Señor del Huerto (Costado de A.H. Covadonga)	Losa 3° piso
13	Auto-construido	Pasaje Bandera (costado Parque Bolívar)	Losa 2° piso
14	Auto-construido	Av. Pérez De Cuellar (cerca al terminal terrestre)	Losa 2° piso
15	Auto-construido.	A.H. San Felipe.	Losa 1° piso.

- Se aprecia que en tres oportunidades el vaciado en la losa aligerada de la vivienda se utilizó el hormigón común de río y no la piedra chancada y arena como se establece.

## 5.2. Ubicación de las viviendas muestreadas

Cuadro 5.2: Ubicación de las viviendas muestreadas en torno al concreto pre-mezclado.

N°	Tipo de concreto utilizado	Ubicación del predio vaciado	Elemento estructural vaciado
1	Pre-mezclado	Av. Pérez De Cuellar	Losa 1° piso (concretera Los Andes)
2	Pre-mezclado	Av. Cusco	Losa 3° piso (concretera Los Andes)
3	Pre-mezclado	Av. Pérez De Cuellar	Losa 1° piso (concretera Mixersur)
4	Pre-mezclado	Alameda Valdelirios	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
5	Pre-mezclado	A. H. Covadonga	Losa 3° piso (concretera Mixersur)
6	Pre-mezclado	Asoc. Artesanos	Losa 2° piso (concretera Tecnycon)
7	Pre-mezclado	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Losa 3° piso (concretera Mixersur)
8	Pre-mezclado	Jr. Manco Cápac	Losa 2° piso (concretera Tecnycon)
9	Pre-mezclado	Costado del colegio Libertadores	Losa 5° piso (concretera Tecnycon)
10	Pre-mezclado	Sector Educación	Losa 4° piso (concretera Tecnycon)
11	Pre-mezclado	Av. Del Ejército	Losa 4° piso (concretera Los Andes)
12	Pre-mezclado	Jr. Abraham Valdelomar	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
13	Pre-mezclado	Quinuapata	Losa 5° piso (concretera Tecnycon)
14	Pre-mezclado	Frente mercado Mariscal Cáceres	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
15	Pre-mezclado.	Av. Del Ejército.	Losa 3° piso (concretera Los Andes).

- Se obtuvieron muestras de las tres empresas concreteras existentes en la ciudad, en la mayoría se observó que la mezcla fue trabajable, debido a la utilización de aditivos.

### 5.3. Curado de las probetas muestreadas

Una vez obtenida las muestras de concreto dentro de las 24 horas, se realizó el desmolde respetando los criterios establecidos en las normas ASTM C39, se trasladó cuidadosamente al pozo de curado acondicionado en el laboratorio realizando las anotaciones importantes de la fecha y demás características esperando de esta forma hasta el día de la rotura dentro de los 28 días.



Figura 5.1: Detalle del curado de los especímenes cilíndricos de concreto.

### 5.4. Características y valores de las muestras obtenidas

Luego de 28 días de curado de las probetas siguiendo la línea especificada en la norma ASTM C31<sup>3</sup>, se trasladaron de manera delicada al laboratorio para ser medidas y ensayadas de acuerdo a la norma ASTM C39<sup>4</sup>, dando los resultados que mostraremos en el cuadro 5.2 y 5.4 para el concreto hecho a pie de obra y el cuadro 5.5 y 5.6 para el concreto pre-mezclado respectivamente.

---

<sup>3</sup>Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto para pruebas de compresión.

<sup>4</sup>Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

5.4. Características y valores de las muestras obtenidas

Cuadro 5.3: Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto hecho a pie de obra.

N°	Elemento estructural	Resistencia requerida (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado	Fecha de ruptura (28 días)	Resistencias obtenidas (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
1	Losa 2° piso	210	02/09/16	30/09/16	188 190 180	186	Mezcla aguada
2	Zapatatas	210	03/09/16	01/10/16	220 215 226	220	Proyectado para 8 pisos
3	Losa 2° piso	210	09/09/16	07/10/16	194 205 202	200	La mezcla estuvo aguada
4	Losa 2° piso	210	10/09/16	08/10/16	135 154 155	148	Se observó mezcla muy trabajable
5	Losa 2° piso	210	16/09/16	14/10/16	163 175 165	168	Se observó mala dosificación
6	Losa 2° piso	210	17/09/16	15/10/16	168 161 169	166	El agregado fue el hormigón
7	Losa 1° piso	210	07/10/16	04/11/16	181 197 188	189	Exceso de agua en la mezcla
8	Losa 4° piso	210	08/10/16	05/11/16	102 100	101	Realizado con hormigón
9	Losa 1° piso	210	14/10/16	11/11/16	176 174	175	Sin dosificación
10	Losa 2° piso	210	15/10/16	12/11/16	190 185 188	188	Agregado con residuos de plástico
11	Losa 2° piso	210	18/10/16	15/11/16	157 165 168	163	Se utilizó hormigón

#### 5.4. Características y valores de las muestras obtenidas

Cuadro 5.4: Detalle de los valores obtenidos de las muestras de los valores obtenidos de las muestras en el concreto artesanal.

N°	Elemento estructural	Resistencia requerida (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado	Fecha de ruptura (28 días)	Resistencias obtenidas (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
12	Losa 3° piso	210	21/10/16	18/11/16	196 204	200	Agregado con impurezas
13	Losa 2° piso	210	22/10/16	19/11/16	182 179	181	Mezcla aguada
14	Losa 2° piso	210	28/10/16	25/11/16	208 213 228	216	Mezcla no trabajable
15	Losa 1° piso.	210	29/10/16	26/11/16	205 201 209	205	Mezcla ligeramente aguada.

5.4. Características y valores de las muestras obtenidas

Cuadro 5.5: Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto pre-mezclado.

N°	Elemento estructural	Resistencias requerida (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado	Fecha de ruptura (28 días)	Resistencia obtenidas (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
1	Losa 1° piso	210	08/10/16	05/11/16	240 235	238	Mezcla media aguada
2	Losa 3° piso	210	12/10/16	09/11/16	255 259	257	La mezcla muy trabajable
3	Losa 1° piso	210	15/10/16	12/11/16	261 281	271	La mezcla se obtuvo media seca.
4	Losa 1° piso	210	21/10/16	18/11/16	260 275 268	263	La mezcla se observó trabajable
5	Losa 3° piso	210	22/10/16	19/11/16	297 326	312	Se observó muy trabajable
6	Losa 2° piso	210	28/10/16	25/11/16	254 238 252	248	La mezcla un tanto disgregada
7	Losa 3° piso	210	29/10/16	26/11/16	268 284	276	Mezcla no trabajable
8	Losa 2° piso	210	03/11/16	01/12/16	272 294	283	Escasa trabajabilidad
9	Losa 5° piso	210	05/11/16	03/12/16	315 295	305	Mezcla trabajable
10	Losa 4° piso	210	11/11/16	09/12/16	307 279	293	Mezcla trabajable
11	Losa 4° piso	210	12/11/16	10/12/16	243 271	257	Mezcla trabajable

5.4. Características y valores de las muestras obtenidas

Cuadro 5.6: Detalle de los valores obtenidos de las muestras en el concreto pre-mezclado.

N°	Elemento estructural	Resistencia requerida (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado	Fecha de ruptura (28 días)	Resistencias obtenidas (Kg/cm <sup>2</sup> )			Resistencia promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
					292	278	284		
12	Losa 1° piso	210	12/11/16	10/12/16	292	278	284	285	Mezcla con escasa trabajabilidad
13	Losa 5° piso	210	18/11/16	16/12/16	258	272		265	Mezcla trabajable
14	Losa 1° piso	210	19/11/16	17/12/16	284	258		271	Escasa trabajabilidad
15	Losa 3° piso	210	22/11/16	20/12/16	248	234		241	Mezcla seca

## 5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

Una vez obtenida los valores de ruptura de los especímenes cilíndricos de concreto como siguiente paso fue evaluar estos valores obteniéndose la media aritmética, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el valor de la resistencia de diseño y realizando comparaciones con resistencias de 210 Kg/cm<sup>2</sup><sup>5</sup> y 175 Kg/cm<sup>2</sup><sup>6</sup> normadas en la actualidad, todo esto con la finalidad de saber el estado de sus valores y su desempeño posterior.

### 5.5.1. Análisis de datos correspondiente al concreto colado a pie de obra

En este acápite obtendremos con los datos obtenidos en el laboratorio: el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación, la resistencia a compresión de diseño y por último concluiremos si el valor de diseño obtenido supera o no a la resistencia prevista de 210 Kg/cm<sup>2</sup> o 175 Kg/cm<sup>2</sup>.

En el cuadro 5.7 se resume las resistencias mecánicas obtenidas. Se observa que en pocos casos se supera el valor de 175 Kg/cm<sup>2</sup> y menos 210 Kg/cm<sup>2</sup>, en su mayoría la resistencia obtenida en el concreto auto-construido es de valor menor, sin un diseño de mezcla pertinente, con agregado lleno de impurezas, es costumbre que el hormigón de río se frecuente en la preparación de la mezcla y no con arena y piedra chancada que es lo recomendable. Existen casos donde el concreto realizado a pie de obra superó resistencias a 220 Kg/cm<sup>2</sup>, lo que refleja excepciones que demuestran calidad en la preparación del concreto.

---

<sup>5</sup>Según la Norma E.060 de Concreto Armado la resistencia especificada del concreto ( $f'c$ ) no será menor que 210 Kg/cm<sup>2</sup> para elementos resistentes a fuerzas de sismo.

<sup>6</sup>Según la Norma E.070 de Albañilería el concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión ( $f'c$ ) mayor o igual a 175 kg/cm.

### 5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

Cuadro 5.7: Resistencias mecánicas obtenidas en el concreto hecho por el maestro de obra.

N°	Resistencia mecánica (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	186
2	220
3	200
4	148
5	168
6	166
7	189
8	101
9	175
10	188
11	163
12	200
13	181
14	216
15	205

En el cuadro de la figura 5.2 se muestra la variación de los valores obtenidos en el concreto artesanal con valores de entre 101 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo y un máximo de 220 Kg/cm<sup>2</sup>.

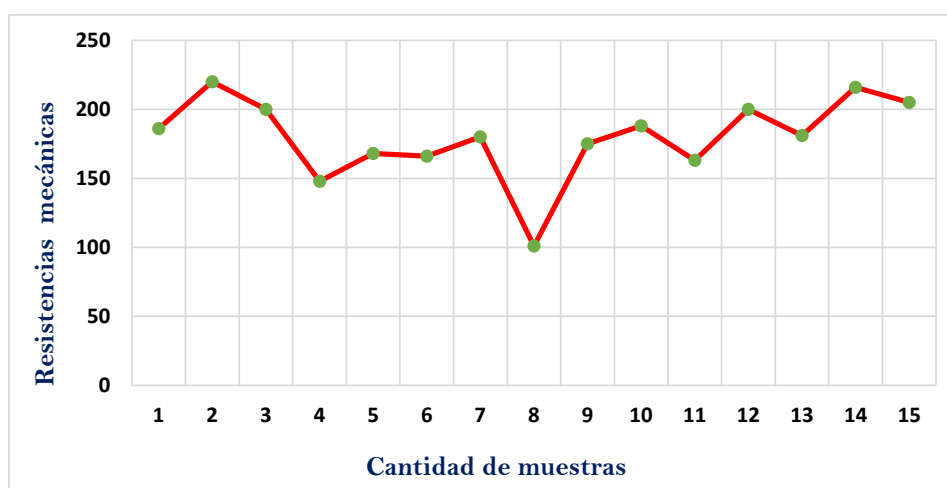


Figura 5.2: Resistencias obtenidas en el concreto hecho a pie de obra.

5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

a) **Media aritmética**

$$X_{prom} = \Sigma Resistencias/n = 2697/15 = 179.8 \text{ Kg /cm}^2$$

b) **Desviación estándar**

Cuadro 5.8: Datos utilizados para la obtención de la desviación estándar.

N°	Resistencia obtenidas Kg/cm <sup>2</sup>	Xi - Xprom	(Xi - Xprom) <sup>2</sup>
1	186	6.2	38.44
2	220	40.2	1616.04
3	200	20.2	408.04
4	148	-31.8	1011.24
5	168	-11.8	139.24
6	166	-13.8	190.44
7	189	0.2	0.04
8	101	-78.8	6209.44
9	175	-4.8	23.04
10	188	8.2	67.24
11	163	-16.8	282.24
12	200	20.2	408.04
13	181	1.2	1.44
14	216	36.2	1310.44
15	205	25.2	635.04
<b>Suma</b>	<b>2697</b>	<b>Suma</b>	<b>12340.4</b>

$$Ds^2 = \Sigma(Xi - Xprom)^2/(n - 1) = \sqrt{\frac{12340}{14}} = 29.69$$

El cuadro 5.8 se muestra los datos utilizados para hallar la desviación estándar

Corrección a la desviación estándar según condiciones de la ACI 318 por ser un número de muestra obtenidas menores a 15, lo que según la tabla adjuntada en el cuadro 3.8 multiplicamos por 1.16 a la desviación estándar obteniendo el valor final siguiente:

$$Ds = 29.69 \times 1.16 = 34.44$$

### 5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

#### c) Coeficiente de variación

El coeficiente de variación permite comparar las dispersiones de los valores.

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100 = \frac{34,44}{179,8} \times 100 = 19.15 \%$$

#### d) Resistencia de compresión recomendada de diseño ( $f'_{cr}$ )

- Con la media de las resistencias obtenidas procedemos a encontrar la resistencia de compresión requerida o diseñada en promedio teniendo en cuenta las recomendaciones propuestas por el ACI 318.

Datos:

$$D_s = 34.44$$

$$\text{Resistencia promedio obtenida} = f'_{cr} = 179.8 \text{ Kg/cm}^2$$

- Se sabe que para obtener la resistencia especificada se obtiene del menor valor obtenido de las fórmulas presentadas en el cuadro 3.7, por lo tanto reemplazando se tiene los siguientes resultados:

a) $179.8 = f'_{c} + 1.34 \times 34.44$	$f'_{c} = 133.65 \text{ Kg/cm}^2$
b) $179.8 = f'_{c} - 35 + 2.33 \times 34.44$	$f'_{c} = 134.56 \text{ Kg/cm}^2$

- Se obtiene redondeando que la resistencia especificada del concreto utilizado es de **134 Kg/cm<sup>2</sup>**.
  - La resistencia de diseño de un concreto estructural se realiza con un valor de conservación que supere en un 35 Kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente dependiendo de la  $D_s$ . El valor de la resistencia requerida en este caso no se cumple.
- #### e) Análisis de la resistencia requerida o especificada obtenidas en el concreto artesanal

- La resistencia requerida en obra es de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, comparando con la resistencia especificada de 134 Kg/cm<sup>2</sup>; se obtiene solo un valor de 64% de la resistencia requerida teniendo un desfase de 36%.

### 5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

- En el caso que la resistencia requerida en obra fuese de 175 Kg/cm<sup>2</sup> solo se obtiene un valor de 77% con un desfase de 33%.

#### 5.5.2. Análisis de los especímenes cilíndricos muestreados del concreto pre-mezclado

Cuadro 5.9: Resumen de los valores de las resistencias obtenidas en el concreto colado de manera pre-mezclada.

Nº	Resistencias obtenidas (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	238
2	257
3	271
4	363
5	312
6	248
7	276
8	283
9	305
10	293
11	257
12	285
13	265
14	271
15	241

- En el gráfico 5.3 se aprecia una resistencia mínima de 238 Kg/cm<sup>2</sup> y un máximo de 312 Kg/cm<sup>2</sup> los valores son elevados a diferencia del concreto realizado a pie de obra de manera común.

#### a) Media aritmética

$$X_{prom} = \Sigma Resistencias/n = 4065/15 = 271.00 \text{ Kg /cm}^2$$

#### b) Desviación estándar

$$Ds^2 = \Sigma(Xi - X_{prom})^2/(n - 1) = \sqrt{\frac{6696}{14}} = 21.87$$

### 5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

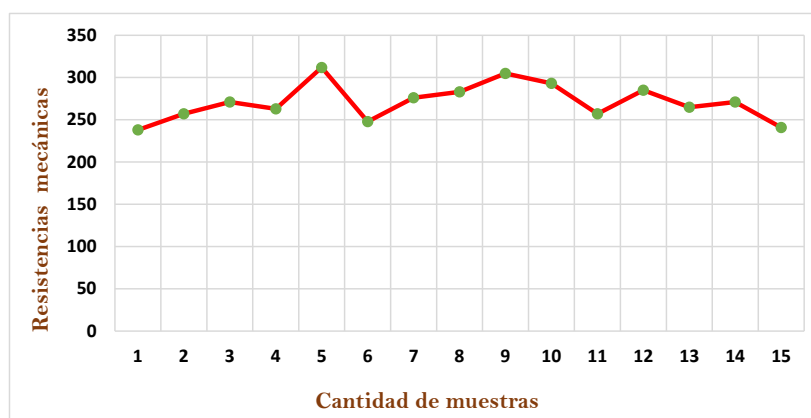


Figura 5.3: Resistencias obtenidas en el pre-mezclado.

Cuadro 5.10: Datos utilizados para hallar la desviación estándar.

N°	Resistencia promedio Kg/cm2	$X_i$	$(X_i - X_{prom})^2$
1	238	-33	1089
2	257	-14	196
3	271	0	0
4	263	-8	64
5	312	41	1681
6	248	-23	529
7	276	5	25
8	283	12	144
9	305	34	1156
10	293	22	484
11	257	-14	196
12	285	14	196
13	265	-6	36
14	271	0	0
15	241	-30	900
<b>Suma</b>	<b>4065</b>	<b>Suma</b>	<b>6696</b>

- Como en lo anterior por ser un número de muestra obtenidas menores a 15, se multiplica por 1.16 a la desviación estándar obteniendo el valor final siguiente:

$$D_s = 21.87 \times 1.16 = \mathbf{25.37}$$

#### c) Coeficiente de variación

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100 = \frac{25,37}{271} \times 100 = \mathbf{9.36\%}$$

5.5. Análisis de datos obtenidos en los dos casos de estudio

d) **Resistencia de compresión recomendada de diseño ( $f'_{cr}$ )**

- Utilizando el promedio de las resistencias obtenidas se procede a encontrar la resistencia de compresión requerida o diseñada en promedio aplicando las recomendaciones del ACI 318.

Datos:

$$D_s = 25.37$$

$$\text{Resistencia promedio obtenida} = f'_{cr} = 271 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el valor de la desviación estándar final se utilizará el cuadro 3.7, consiguientemente reemplazando se tiene los siguientes resultados:

a) $271 = f'c + 1.34 \times 25.37$	$f'c = 237 \text{ Kg/cm}^2$
b) $271 = f'c - 35 + 2.33 \times 25.37$	$f'c = 247 \text{ Kg/cm}^2$

- Se obtiene redondeando que la resistencia especificada del concreto utilizado en general es de **237 Kg/cm<sup>2</sup>**.
- e) **Análisis de la resistencia requerida o especificada obtenidas en el concreto pre-mezclado**

- Se sabe que la resistencia especificada es de 237 Kg/cm<sup>2</sup>, la proyectada es de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, por tanto comparando estos valores existe un desfase positivo de 13% adicional. Significa que en el diseño se adicionó un factor de seguridad.

## 5.6. Resumen de gráficos y cuadros comparativos

- En el gráfico 5.4 se da a conocer un resumen de los valores máximos, mínimos y el promedio obtenidos en las viviendas auto-construidas.

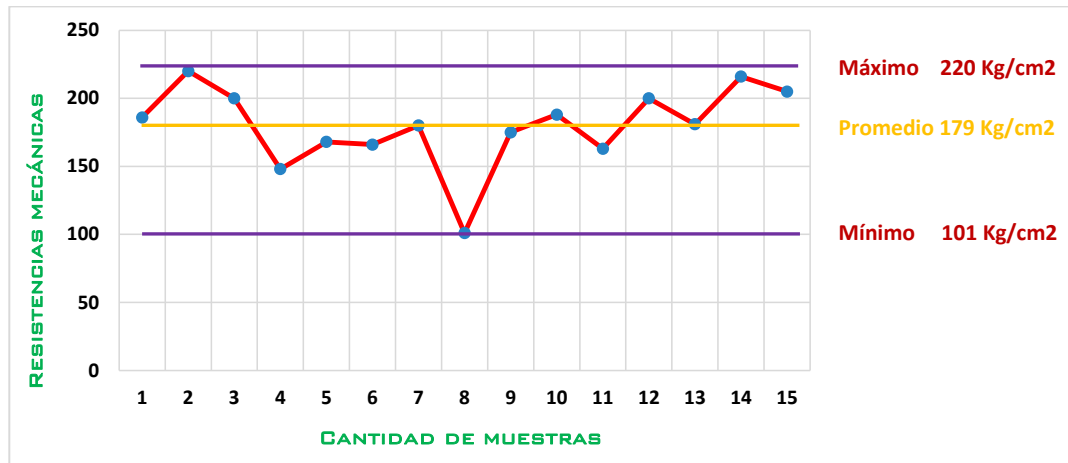


Figura 5.4: Valores límites de las resistencias obtenidas en viviendas auto-construidas.

- El gráfico 5.5 muestra los valores de borde en caso del concreto pre-mezclado.

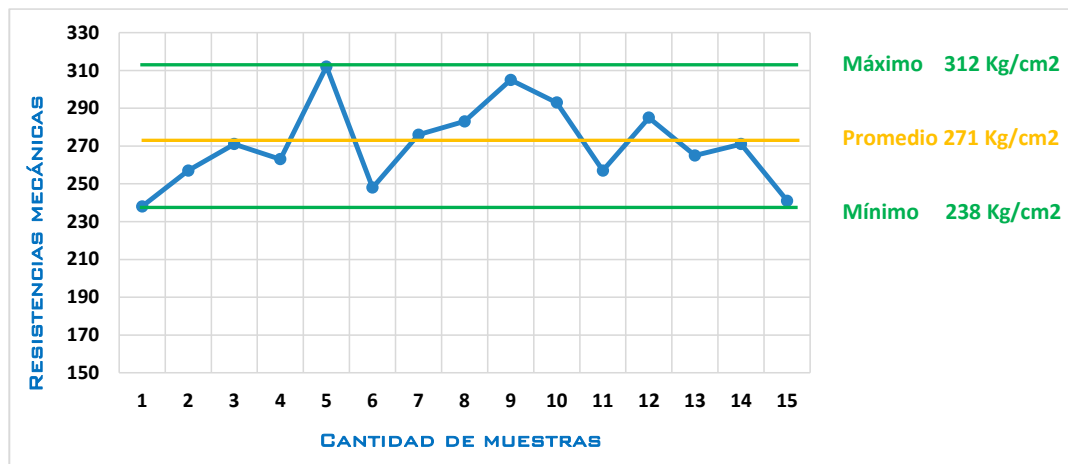


Figura 5.5: Valores máximos, mínimos y promedio de las resistencias en el concreto pre-mezclado.

## 5.6. Resumen de gráficos y cuadros comparativos

- En el gráfico 5.6 se establece una comparación de los dos casos de estudio entorno a la resistencia de compresión obtenida.

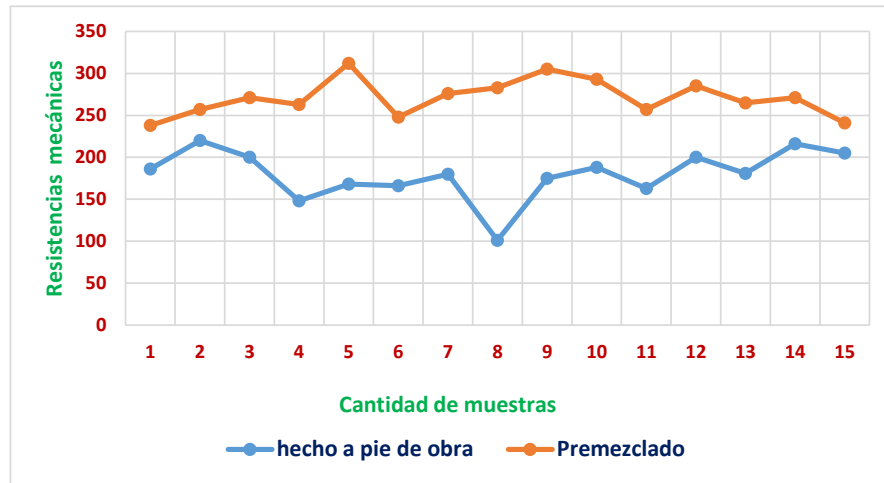


Figura 5.6: Gráfico comparativo de las resistencias obtenidas.

- El cuadro 5.11 muestra la diferencia entre la resistencia a compresión obtenida en sus dos casos de estudio, la desviación estándar es mayor en el concreto artesanal, lo que significa que una demasiada dispersión en los valores obtenidos, de la misma manera el coeficiente de variación es elevada en el concreto hecho a pie de obra lo que refuerza que la dispersión de los datos independientemente de las unidades muestren exceso de variabilidad, y por último la resistencia de diseño en el concreto artesanal es bajo con un 134 Kg/cm<sup>2</sup> esta última reflejo de la desviación estándar elevada numéricamente.

Cuadro 5.11: Cuadro comparativo de los valores obtenidos en los dos casos de estudio.

Variable \ Tipo	Concreto auto-construido	Concreto premezclado
Promedio de las resistencias	179.8 Kg/cm <sup>2</sup>	271 Kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar	34.44	25.37
Coefficiente de variación	19.15 %	9.36 %
Resistencia de diseño	134 Kg/cm <sup>2</sup>	237 Kg/cm <sup>2</sup>

# Capítulo 6

## Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

La investigación desarrollada en esta tesis concluye de la siguiente manera:

1. La variación del promedio de la resistencia mecánica obtenida en el concreto hecho y colado de manera artesanal es menor al concreto pre-mezclado. Existe la presencia de viviendas vaciadas de manera auto-construida donde se observa que el concreto supera la resistencia mecánica de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, permitiéndose una resistencia de alrededor 220 Kg/cm<sup>2</sup>. En su mayoría el concreto artesanal no cubre con la resistencia requerida de 210 Kg/cm<sup>2</sup> a diferencia del concreto pre-mezclado que en su nivel más alto se obtuvo una resistencia de 312 Kg/cm<sup>2</sup>.
2. El promedio de las resistencias mecánicas obtenidas en la investigación muestran que el concreto hecho a pie de obra apenas supera los 179 Kg/cm<sup>2</sup> en promedio; comparando con el requisito de valor mínimo propuesto en la Norma de albañilería E070 que es de 175Kg/cm<sup>2</sup> se puede decir que es aceptable, pero no cumple con los 210 Kg/cm<sup>2</sup> que exige la Norma E060 de Concreto Armado. En cuanto a las resistencias obtenidas en el concreto pre-mezclado supera lo dispuesto en ambas normas.
3. En el aspecto del análisis del control estadístico del concreto se observa que

la resistencia especificada de diseño obtenida en el concreto artesanal es bajo, con un valor de 134 Kg/cm<sup>2</sup>, según norma se sabe que la resistencia requerida que es 210 Kg/cm<sup>2</sup> no debe variar más de 35 Kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente para arriba o abajo del valor. Con respecto al concreto pre-mezclado el valor de la resistencia de diseño especificada fluctúa en 237 Kg/cm<sup>2</sup>.

4. El coeficiente de variación, la desviación estándar, la media aritmética en los dos casos de estudio varían notoriamente, lo que es reflejo de la inexistencia de uniformidad en los valores de las resistencias obtenidas en campo, son datos con valores extremos específicamente con relación al concreto auto-construido, en menor valor en el pre-mezclado.

## 6.2. Recomendaciones

1. Se debe cambiar la idiosincrasia con relación a la construcción de viviendas de manera auto-construida, por consiguiente es necesario mayor capacitación de los maestros de obra y técnicos encargados de la concepción de este tipo de obras.
2. Las entidades del gobierno local deben generar mayor hincapié en este tema, de tal manera que se involucren capacitando, generando conciencia en la población acerca de la importancia de la seguridad en la construcción sismo-resistente, todo esto en el sentido que nuestro país está ubicado en el cinturón circunpacífico<sup>1</sup>, lo cual es sinónimo de alta sísmica.
3. Se recomienda el uso del concreto pre-mezclado en cercados de la ciudad de Ayacucho, mas no así de zonas alejadas debido al incremento del costo por combustible. Los precios del pre-mezclado varían con relación al volumen del concreto vaciado, a mayor volumen de concreto vaciado es mayor la ventaja con respecto al costo, de la misma manera utilizando el concreto pre-mezclado el propietario se evita el afán de todo un día completo de ajeteo.
4. En la auto-construcción de viviendas es necesario contar con un maestro de obra capacitado que conozca conceptos precisos de la construcción para evitar errores mayúsculos a la hora de realizar su trabajo.
5. El curado en una obra es un factor decisivo para obtener una resistencia elevada, una durabilidad aceptable, una mejor dureza superficial, con alta resistencia al desgaste y abrasión, impermeabilidad al agua elevada y demás beneficios como el curado debe ser parte del conocimiento de los maestros constructores como compendio básico.
6. Es recomendable realizar la construcción de las viviendas en los meses de diciembre a marzo debido a la mayor presencia de lluvias en nuestra región

---

<sup>1</sup>Denominado también como Cinturón de Fuego del Pacífico.

por lo que de manera natural se curan los elementos vaciados consiguiendo de esta forma una resistencia aceptable.

7. La licencia de construcción en viviendas es parte de la formalidad exigida por los gobiernos locales, debemos acostumbrarnos a cumplir con estos puntos de manera que más adelante no se tenga inconvenientes con la SUNARP a la hora de realizar el trámite de la declaratoria de fábrica referida en la Ley N° 29090.

### **6.3. Temas afines por investigar**

- Se desconoce datos de la preponderancia y tasa de crecimiento anual en el mercado del concreto pre-mezclado en estos últimos años, por lo que se sugiere realizar un estudio para ver en qué porcentaje según el tipo de obra ejecutada se incrementa su utilización.
- Realizar un estudio de la variabilidad del concreto en las diferentes empresas concreteras del medio, cotejando las resistencias mecánicas y observando su resistencia especificada de diseño, en un número mayor realizado en esta investigación.
- Investigar en torno a los paneles de concreto pre-mezclado con materiales netamente del medio y su impacto económico.
- Se puede realizar un análisis comparativo del uso de elementos prefabricados con concreto pre-mezclado y concreto vaciado *in situ* en muros de mediana altura en la región de Ayacucho.

# Referencias Bibliográficas

- [1] ASTM. ASTM C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. 2001;p. 1 – 8.
- [2] Pasquel E. Mitos y Realidades del Concreto Informal en el Perú. IX Convención Internacional del ACI. Lima - 2010;p. 1 – 63.
- [3] Abanto F. Tecnología del Concreto. Marcos S, editor. Lima -Perú; 2014.
- [4] Calavera J. Patologías de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado. Madrid - España; 1996.
- [5] Quispe J. El Problema de la Vivienda en el Perú, Retos y Perspectivas. Lima - Perú. 2005;p. 1.
- [6] Soto HD. El Otro Sendero. Sudamericana, editor. Lima - Perú; 1986.
- [7] Civilgeeks. El Concreto Premezclado. Lima - Perú. 2011;Available from: <http://civilgeeks.com/2011/12/09/el-concreto-premezclado/>.
- [8] UTPL. Elaboración y curado en obras de especímenes de concreto para pruebas de compresión. Universidad Técnica Particular de Loja. 2010;p. 1–7.
- [9] Arango J. Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería. ACI, editor. Lima -Perú; 2002.
- [10] ASTM. ASTM C31. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. 2001;p. 1 – 10.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [11] Flores R. Diagnóstico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones en Lima. [Tesis para optar el grado de ingeniero civil]. Lima - Perú; 2002.
- [12] IMCYC. Prueba de la Resistencia a la Compresión de Concreto. Instituto Mexicano de Cemento y de Concreto-México. 2006;p. 4.
- [13] MVCS. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima - Perú; 2006.
- [14] Neville A, Brooks J. Concrete Technology. Pearson, editor. Second Edition; 2010.
- [15] Pasquel E. Tópicos de Tecnología del Concreto. Colegio de Ingenieros del Perú-1997; 1998.
- [16] Rivva E. Naturaleza y Materiales de Concreto. ACI-Perú, editor. Lima-Perú; 2000.
- [17] Rivva E. Concretos de Alta Resistencia. ICG, editor. Lima -Perú; 2002.
- [18] Troxell D, Kelly. Composition and Properties of Concrete. College MH, editor. Second Edition; 1968.
- [19] Viacava J. Planeamiento, Producción y Control de Calidad del Concreto en Obras. Asociación de Productores de Cemento - Lima. 2015;p. 23 – 50.

# Apéndice A

## Ficha para la obtención de datos de campo



## **Apéndice B**

**Ubicación de los lugares donde se  
obtuvo los especímenes cilíndricos  
de concreto**

*APÉNDICE B. UBICACIÓN DE LOS LUGARES DONDE SE OBTUVO LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO*

Ubicación de viviendas muestreadas en torno al concreto hecho a pie de obra.

<b>N°</b>	<b>Tipo de concreto utilizado</b>	<b>Ubicación del predio vaciado</b>	<b>Elemento estructural vaciado</b>
1	Auto-construido	Asoc. Los Ángeles - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso
2	Auto-construido	Jr. Los Olmos - Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Zapatas
3	Auto-construido	Av. Pérez De Cuellar	Losa 2° piso
4	Auto-construido	A. H. Pampa Hermosa (costado del parque)	Losa 2° piso
5	Auto-construido	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara (frente Archivo Regional)	Losa 2° piso
6	Auto-construido	Asoc. San Carlos - distrito Jesús Nazareno	Losa 2° piso
7	Auto-construido	A.H. Covadonga	Losa 1° piso (con hormigón)
8	Auto-construido	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Losa 4° piso (con hormigón)
9	Auto-construido	Av. Cusco cruce Jr. Pokra	Losa 1 piso
10	Auto-construido	Asoc. Los Ángeles - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso
11	Auto-construido	Asoc. Villa San Cristóbal - distrito de Jesús Nazareno	Losa 2° piso (en la mezcla se utilizó el hormigón)
12	Auto-construido	Asoc. Señor del Huerto (Costado de A.H. Covadonga)	Losa 3° piso
13	Auto-construido	Pasaje Bandera (costado Parque Bolívar)	Losa 2° piso
14	Auto-construido	Av. Pérez De Cuellar (cerca al terminal terrestre)	Losa 2° piso
15	Auto-construido.	A.H. San Felipe.	Losa 1° piso.

*APÉNDICE B. UBICACIÓN DE LOS LUGARES DONDE SE OBTUVO LOS  
ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO*

Ubicación de las viviendas muestreadas en torno al concreto pre-mezclado.

<b>N°</b>	<b>Tipo de concreto utilizado</b>	<b>Ubicación del predio vaciado</b>	<b>Elemento estructural vaciado</b>
1	Pre-mezclado	Av. Pérez De Cuellar	Losa 1° piso (concretera Los Andes)
2	Pre-mezclado	Av. Cusco	Losa 3° piso (concretera Los Andes)
3	Pre-mezclado	Av. Pérez De Cuellar	Losa 1° piso (concretera Mixersur)
4	Pre-mezclado	Alameda Valdelirios	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
5	Pre-mezclado	A. H. Covadonga	Losa 3° piso (concretera Mixersur)
6	Pre-mezclado	Asoc. Artesanos	Losa 2° piso (concretera Tecnycon)
7	Pre-mezclado	Conjunto Habitacional José Ortiz Vergara	Losa 3° piso (concretera Mixersur)
8	Pre-mezclado	Jr. Manco Cápac	Losa 2° piso (concretera Tecnycon)
9	Pre-mezclado	Costado del colegio Libertadores	Losa 5° piso (concretera Tecnycon)
10	Pre-mezclado	Sector Educación	Losa 4° piso (concretera Tecnycon)
11	Pre-mezclado	Av. Del Ejército	Losa 4° piso (concretera Los Andes)
12	Pre-mezclado	Jr. Abraham Valdelomar	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
13	Pre-mezclado	Quinuapata	Losa 5° piso (concretera Tecnycon)
14	Pre-mezclado	Frente mercado Mariscal Cáceres	Losa 1° piso (concretera Tecnycon)
15	Pre-mezclado.	Av. Del Ejército.	Losa 3° piso (concretera Los Andes).

## Apéndice C

# PANEL FOTOGRAFICO

## C.1. Toma de muestras y ruptura de las probetas estudiadas



Figura C.1: Vista de plena toma de muestras



Figura C.2: Fotografía donde se aprecia la utilización del hormigón para el vaciado de la losa.

*C.1. Toma de muestras y ruptura de las probetas estudiadas*



Figura C.3: Se observa la obtención de muestras en el concreto pre-mezclado.



Figura C.4: Vista de los especímenes de concreto acondicionadas y listas para su ruptura.

*C.1. Toma de muestras y ruptura de las probetas estudiadas*



Figura C.5: Detalle de algunos especímenes de concreto para su posterior ruptura en el laboratorio de la E.P. de Ingeniería Civil - UNSCH.



Figura C.6: Fotografía del equipo en plena ruptura de los especímenes de concreto.