

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y  
EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE  
DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE  
MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO  
ALBARRACÍN LANCHIPA – TACNA, 2025”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RODOLFO BRAYAN QUIÑONEZ PILCO**

**Bach. OSCAR ALONZO RICARDO LAGUNA PAREDES**

**TACNA – PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y  
EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE  
DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE  
MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO  
ALBARRACÍN LANCHIPA – TACNA, 2025”**

Tesis sustentada y aprobada el 20 de diciembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtra. MARÍA ETLVINA DUARTE LIZARZABURO**

**SECRETARIO : Mtra. ROSALÍ CRISTINA ALANIA COTRADO**

**VOCAL : Mtro. MILTON CESAR GORDILLO MOLINA**

**ASESOR : Mtra. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCIA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Rodolfo Brayan Quiñonez Pilco y Oscar Alonzo Ricardo Laguna Paredes, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 76864655 y 73185625 respectivamente, así como Glenda Milagros Linaja Garcia con DNI 72635669; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulada: *Análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

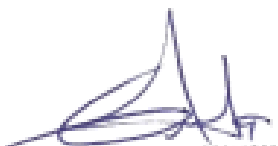
En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 20 de diciembre de 2025



Rodolfo Brayan Quiñonez Pilco

DNI:76864655



Glenda Milagros Linaja Garcia

DNI:72635669



Oscar Alonzo Ricardo Laguna Paredes

DNI:76864655

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para alcanzar mis metas.

A mis padres Rodolfo Quiñonez Pacari y Cecilia Pilco Quispe por su amor incondicional y apoyo permanente. Ellos me inculcaron con su ejemplo los valores de responsabilidad y disciplina. Gracias a ello este logro representa el primer paso de muchos que alcanzaré con su bendición y compañía.

Finalmente dedico este trabajo a las personas que siempre me apoyaron. Aunque son pocas las llevo siempre en el corazón.

Rodolfo Brayan Quiñonez Pilco

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, Oscar Raúl Laguna y Mirella Nadie Paredes Chata, por su amor incondicional, su esfuerzo y por enseñarme que los logros se alcanzan con trabajo y perseverancia. A mis abuelas, Catalina Laguna y Silveria Chata, por su cariño, sabiduría y por ser mi guía constante en cada etapa de mi vida. A mi primo Samuel Yerson Llanos Paredes, por ser un hermano e inspiración que siempre me impulsó a continuar. A mis tíos, por alentarme a superarme y confiar en mis capacidades.

A mis amigos, por los momentos compartidos, las risas y el apoyo que hicieron más llevadero este camino universitario. También dedico este logro a mis pasiones los videojuegos, el taebo y el fitness de combate que me enseñaron la importancia de la constancia, la disciplina y la fortaleza mental.

Y como dijo Joel Miller: “Si de alguna manera, Dios me diera una segunda oportunidad, haría todo exactamente igual.”

Esta frase refleja el valor de cada decisión, cada sacrificio y cada paso que me ha conducido hasta este momento, donde el esfuerzo se transforma en logro y la dedicación en orgullo.

Oscar Alonzo Ricardo Laguna Paredes

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme cada día y darme la dicha de vivir. Él me brindó la fuerza y la sabiduría necesarias para continuar en este camino.

A mis padres Rodolfo Quiñonez Pacari y Cecilia Pilco Quispe por su amor incondicional y apoyo constante. Ellos han sido mi mayor fuente de motivación en cada etapa de mi vida.

Asimismo, expreso mi gratitud a mi familia y seres queridos quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome ánimo y acompañamiento en los momentos más importantes.

Rodolfo Brayan Quiñonez Pilco

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y a toda mi familia, por su esfuerzo, dedicación y cariño incondicional, que han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida y en la culminación de mi formación profesional.

A mi alma mater, la Universidad Privada de Tacna, por brindarme los conocimientos, valores y experiencias que contribuyeron a mi crecimiento académico y personal.

A mis docentes, por su compromiso, paciencia y por compartir sus enseñanzas dentro y fuera del aula, fortaleciendo mi vocación como ingeniero civil.

De manera especial, expreso mi gratitud a mi asesora, Mag. Ing. Glenda Linaja, por su guía constante, sus valiosos aportes, observaciones y dedicación en el desarrollo de esta tesis, cuyo acompañamiento fue esencial para alcanzar los objetivos propuestos.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, directa o indirectamente, formaron parte de este proceso y contribuyeron con su apoyo y motivación a la realización de este logro académico.

Oscar Alonzo Ricardo Laguna Paredes

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Descripción del Problema .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	3
1.2.1. Problema general .....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Justificación de la Investigación .....	3
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General .....	6
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis General.....	7
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	7
CAPTULO II. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	9
2.1.3. Antecedentes Local.....	10
2.2. Bases Teóricas .....	11
2.2.1. Construcciones Informales .....	11
2.2.2. Concreto.....	13
2.2.3. Componentes del concreto.....	14
2.2.4. Tipos de concreto.....	18
2.2.5. Protocolos de control de calidad.....	21

2.2.6. Control de calidad en estado fresco .....	21
2.2.7. Control de calidad en estado endurecido .....	29
2.2.8. Factores que influyen en la calidad del concreto .....	35
2.2.9. Métodos de diseño de mezcla .....	37
2.2.10. Comparación entre método empírico y método normativo .....	42
2.2.11. Factores que afectan al costo del concreto .....	42
2.2.12. Análisis de precios unitarios .....	43
2.2.13. Relación entre resistencia y costo .....	45
2.2.14. Optimización costo-beneficio en viviendas .....	45
2.2.15. Normativas y recomendaciones técnicas .....	46
2.3. Definición de términos.....	47
2.3.1. Cemento.....	47
2.3.2. Hormigón.....	47
2.3.3. Agregado fino .....	48
2.3.4. Agregado grueso.....	48
2.3.5. Agua.....	48
2.3.6. Resistencia a compresión .....	48
2.3.7. Diseño de mezcla empírica .....	48
2.3.8. Diseño de mezcla de Agregado Global .....	49
2.3.9. Diseño de mezcla ACI .....	49
2.3.10. Relación agua/cemento (a/c).....	49
2.3.11. Análisis de precios unitarios .....	49
2.3.12. Concreto.....	49
2.3.13. Probetas.....	50
2.3.14. Trabajabilidad.....	50
2.3.15. Control de calidad del concreto .....	50
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	51
3.1. Diseño de investigación .....	51
3.2. Acciones y actividades.....	51
3.3. Materiales y/o instrumentos .....	58
3.4. Población y muestra de estudio .....	61
3.4.1. Población .....	61
3.4.2. Muestra de Estudio .....	61
3.5. Operacionalización de Variables.....	62
3.5.1. Variable independiente.....	62
3.5.2. Variable dependiente.....	63
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	63

CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	65
4.1. Estado situacional de las viviendas evaluadas .....	65
4.2. Concreto con hormigón con dosificación empírica .....	65
4.2.1. Análisis de resistencia de concreto con dosificación empírica.....	68
4.3. Concreto con hormigón empleando diseño de mezcla de Agregado Global .....	69
4.3.1. Ensayos previos al diseño de mezcla – hormigón .....	69
4.3.2. Dosificación para concreto con hormigón.....	73
4.4. Concreto con agregado fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211,1 ..	74
4.4.1. Ensayos al agregado fino y grueso .....	74
4.4.2. Dosificación para concreto con agregado fino y grueso $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	77
4.4.3. Análisis de resistencia a la compresión de concreto con fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211,1.....	78
4.5. Análisis de costos unitarios con cemento yura PRO HE .....	79
4.5.1. Concreto con dosificación empírica usando cemento yura pro HE.....	79
4.5.2. Concreto con hormigón empleando diseño de agregado global.....	82
4.6. Concreto con agregado fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211 .....	83
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	86
CONCLUSIONES .....	89
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	92
ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Comparación de vivienda formal y vivienda informal .....	13
Tabla 2.Componentes del concreto y su función técnica .....	17
Tabla 3.Recomendaciones técnicas para el muestreo del concreto fresco según ACI y ASTM.....	22
Tabla 4.Dimensiones recomendadas de las probetas cilíndricas según norma técnica	27
Tabla 5.Edades de ensayo y márgenes de tolerancia permitidos en cilindros de concreto.....	30
Tabla 6.Resistencia promedio a la compresión requerida sin datos estadísticos de desviación estándar .....	35
Tabla 7.Principales factores que influyen en la calidad del concreto .....	37
Tabla 8.Comparación entre el método de dosificación empírica y normativo.....	42
Tabla 9.Principales factores que inciden en el costo del concreto .....	43
Tabla 10.Componentes del análisis de precios unitarios del concreto .....	44
Tabla 11.Comparación entre resistencia objetivo y costo aproximado por m <sup>3</sup> .....	45
Tabla 12.Principales normas internacionales utilizadas en el diseño y evaluación del concreto.....	47
Tabla 13.Operacionalización de variables de investigación .....	63
Tabla 14.Dosificación de los maestros encargados de las viviendas.....	68
Tabla 15.Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 1 evaluada ....	68
Tabla 16.Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 2 evaluada ....	68
Tabla 17.Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 3 evaluada ....	69
Tabla 18.Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 4 evaluada ....	69
Tabla 19.Tabla resumen de ensayos de agregado global para el diseño de mezcla f'c=210kg/cm <sup>2</sup> .....	72
Tabla 20.Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 7 días .....	73
Tabla 21.Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 28 días .....	73

Tabla 22.Tabla resumen de ensayos de agregados para el diseño de mezcla ACI $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	77
Tabla 23.Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 7 días .....	78
Tabla 24.Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 28 días .....	79
Tabla 25.Precio unitario de la vivienda 1 .....	80
Tabla 26.Precio unitario de la vivienda 2 .....	81
Tabla 27.Precio unitario de la vivienda 3 .....	81
Tabla 28.Precio unitario de la vivienda 4 .....	82
Tabla 29.Análisis de precios unitarios para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando hormigón 83	
Tabla 30.Análisis de precios unitarios para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando Agregado fino y Agregado grueso.....	84
Tabla 31.Tabla resumen de precios para un metro cubico de concreto empleando diferentes diseños de mezclas.....	84
Tabla 32.Diferencia de resistencia y costos de todas las muestras .....	87

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.Mapa sísmico del Perú periodo 1960 – 2024.....	6
Figura 2.Cemento comercializado en Tacna marca Yura .....	15
Figura 3.Componentes para mezcla de concreto.....	17
Figura 4.Procedimiento técnico del moldeo de probetas cilíndricas de concreto .....	24
Figura 5.Tipos de fallas en el ensayo de revenimiento del concreto fresco .....	25
Figura 6.Prensa hidráulica utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	31
Figura 7.Tipos de fallas en especímenes cilíndricos de concreto sometidos a compresión .....	33
Figura 8.Ubicación de las viviendas informales .....	52
Figura 9.Ubicación de la vivienda 01 .....	53
Figura 10.Ubicación de la vivienda 02 .....	54
Figura 11.Ubicación de la vivienda 03 .....	54
Figura 12.Ubicación de la vivienda 04 .....	55
Figura 13.Resistencia a la compresión a las dos edades de 7 y 28 días .....	74
Figura 14.Resistencia a la compresión a las dos edades .....	79
Figura 15.Comparación de precios de los diseños de mezcla .....	85
Figura 16.Comparación de resistencia y costo según el tipo de diseño de mezcla.....	88

**INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	97
Anexo 2. Diseño de mezcla con Agregado Fino y Agregado Grueso.....	98
Anexo 3. Diseño de mezcla con hormigón.....	99
Anexo 4. Ensayo de Agregados con Agregado Fino y Agregado Grueso.....	100
Anexo 5. Ensayo de Agregado con Hormigón .....	104
Anexo 6. Ensayo de Rotura de Probetas .....	109

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la resistencia mecánica a la compresión y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla, específicamente el método de Agregado Global y el método ACI 211 aplicados en viviendas del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, durante el año 2025. El estudio correspondió a una investigación de diseño experimental, tipo aplicada y con un nivel explicativo-comparativo, orientado a analizar la influencia del método de dosificación sobre el desempeño mecánico y económico del concreto. La metodología comprendió la recolección de muestras de concreto elaborado de forma empírica en viviendas informales, así como la elaboración de mezclas controladas en laboratorio mediante dos métodos: el método de Agregado Global, utilizando los mismos materiales empleados en obra (hormigón, cemento y agua), y el método ACI 211 aplicando materiales normados como arena, piedra chancada, cemento y agua, todas las mezclas con una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>; posteriormente, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, además de un análisis de costos unitarios por metro cúbico. En cuanto a los resultados, se determinó que el concreto elaborado mediante dosificación empírica no alcanzó, en la mayoría de los casos, la resistencia de diseño establecida, presentando valores inferiores a los exigidos por la normativa técnica vigente. En contraste, el concreto diseñado mediante el método de Agregado Global logró cumplir con la resistencia objetivo, mientras que el método ACI 211 superó dicho valor, evidenciando un mejor desempeño mecánico. Desde el punto de vista económico, si bien los métodos técnicos implicaron un mayor costo inicial respecto a la dosificación empírica, este incremento resultó proporcional y técnicamente justificado en función de la mejora significativa en resistencia, calidad y durabilidad del concreto. En conclusión, la aplicación de métodos técnicos de diseño de mezcla permite obtener concretos con mayor resistencia mecánica y un uso más eficiente de los materiales, reduciendo el riesgo estructural asociado a la autoconstrucción informal, por lo que se recomienda su implementación en viviendas ubicadas en zonas de alta peligrosidad sísmica.

**Palabras clave:** dosificación empírica; método ACI 211; método de Agregado Global; resistencia a la compresión; análisis de costos.

## ABSTRACT

The objective of this research was to compare the mechanical resistance to compression and the cost of concrete prepared through empirical dosing and mix design methods, specifically the Global Aggregate method and the ACI 211 method, applied in homes in the district of Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna, during the year 2025. The study corresponded to an experimental design investigation, applied type and with an explanatory-comparative level, aimed at analyzing the influence of the dosing method on the mechanical and economic performance of concrete. The methodology included the collection of concrete samples produced empirically in informal housing, as well as the preparation of controlled mixtures in the laboratory using two methods: the Global Aggregate method, using the same materials used on site (concrete, cement and water), and the ACI 211 method, applying standardized materials such as sand, crushed stone, cement and water, all mixtures with a design resistance of 210 kg/cm<sup>2</sup>; Subsequently, compressive strength tests were carried out at 7 and 28 days, in addition to an analysis of unit costs per cubic meter. Regarding the results, it was determined that the concrete prepared through empirical dosing did not reach, in most cases, the established design resistance, presenting values lower than those required by current technical regulations. In contrast, the concrete designed using the Global Aggregate method managed to meet the target resistance, while the ACI 211 method exceeded said value, showing better mechanical performance. From an economic point of view, although the technical methods implied a higher initial cost compared to the empirical dosage, this increase was proportional and technically justified based on the significant improvement in resistance, quality and durability of the concrete. In conclusion, the application of technical mix design methods allows obtaining concrete with greater mechanical resistance and a more efficient use of materials, reducing the structural risk associated with informal self-construction, which is why its implementation is recommended in homes located in areas of high seismic danger.

**Keywords:** empirical dosaje; ACI 211 method; Global Aggregate Method; compressive strength; cost analysis.

## INTRODUCCIÓN

En el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, el crecimiento urbano se ha intensificado en los últimos años como resultado del incremento poblacional y de la necesidad de acceso a una vivienda propia. Sin embargo, una parte considerable de las edificaciones se ejecuta sin asistencia técnica ni supervisión profesional, lo que ha generado altos niveles de informalidad en los procesos constructivos. En este contexto, es común el uso de mezclas empíricas de concreto, elaboradas sin control adecuado de los materiales ni de los parámetros de diseño, lo que origina concretos de baja calidad y resistencias mecánicas inferiores a las exigidas por la normativa técnica vigente.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como finalidad comparar la resistencia mecánica a la compresión y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica, el método de Agregado Global y el método de diseño ACI 211,1, aplicados en viviendas del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna, durante el año 2025. Para el desarrollo del estudio se emplearon materiales procedentes de la cantera Arunta, a fin de garantizar la homogeneidad de las características de los agregados utilizados. Durante el trabajo de campo se recolectaron muestras representativas de concreto elaborado empíricamente en viviendas informales; posteriormente, en laboratorio, se realizó un diseño de mezcla mediante el método de Agregado Global utilizando los mismos materiales observados en obra (hormigón, cemento y agua). De manera complementaria, se elaboró un diseño de mezcla aplicando el método ACI 211,1, empleando materiales normados como arena, piedra chancada, cemento y agua, con una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se efectuaron ensayos de resistencia a la compresión y un análisis económico por metro cúbico, con el propósito de identificar diferencias en desempeño mecánico y costo entre los métodos evaluados.

El estudio se estructura en cinco capítulos. El Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos y las hipótesis de la investigación. El Capítulo II presenta el marco teórico, abordando los fundamentos relacionados con el concreto, la dosificación empírica y los métodos de diseño de mezcla. El Capítulo III describe la metodología empleada, incluyendo los materiales, procedimientos experimentales y el análisis de costos. El Capítulo IV expone los resultados obtenidos y su análisis comparativo desde el punto de vista mecánico y económico. Finalmente, el Capítulo V presenta las conclusiones y recomendaciones orientadas a promover el uso de métodos normados de diseño de mezcla.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del Problema

A nivel mundial, el concreto ha sido un material esencial en la industria de la construcción debido a su versatilidad, accesibilidad y eficiencia económica. Se estima que más del 70 % de las edificaciones en el mundo utilizan concreto como principal material estructural, lo que evidencia su rol protagónico en el desarrollo urbano e infraestructural. No obstante, en un contexto global cada vez más exigente, ya no basta con que las estructuras sean sólidas, deben responder también a nuevos desafíos como la durabilidad, la resistencia específica y la adaptación al entorno. En este sentido, el presente y futuro del sector exigen atributos de rendimiento más rigurosos, alineados con prácticas sostenibles y adaptados a las necesidades particulares del entorno donde se construye (Matallana,2019).

En el contexto nacional, Durante las décadas de 1940 y 1950, el Perú experimentó un crecimiento urbano acelerado impulsado por intensos procesos migratorios desde las zonas rurales hacia las ciudades. Esta migración masiva generó una expansión desordenada del espacio urbano, caracterizada por la ocupación informal de terrenos y la construcción de viviendas sin planificación ni supervisión técnica. Estas edificaciones, levantadas mayormente mediante autoconstrucción y con recursos limitados, no contaban con la participación del Estado ni con asistencia técnica adecuada, lo que dio lugar a barrios precarios y altamente vulnerables. Estas dinámicas marcaron el inicio de una urbanización informal que aún persiste, configurando un modelo de crecimiento urbano asumido por los sectores de menores ingresos ante la imposibilidad de acceder a vivienda formal (Acevedo,2018).

A nivel regional, Según Pancca (2018), el concreto elaborado con métodos empíricos en zonas como Puno y Juliaca alcanzó apenas el 70 % de la resistencia esperada, mientras que el concreto con diseño profesional logró cumplir satisfactoriamente con los valores normativos establecidos.

En el ámbito local, el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, situado en la ciudad de Tacna, ha experimentado en los últimos años un acelerado crecimiento urbano, evidenciado principalmente en el aumento constante de construcciones de viviendas unifamiliares. No obstante, una proporción considerable de estas edificaciones alrededor del 70 % se ejecuta de manera informal, es decir, sin la

intervención de personal capacitado ni la supervisión técnica de un ingeniero civil. Esta situación, por tanto, impide garantizar un control adecuado del proceso constructivo, comprometiendo tanto la calidad de las estructuras como la seguridad de sus ocupantes.

Es frecuente que albañiles, maestros de obra e incluso algunos ingenieros con años de experiencia utilicen métodos empíricos para dosificar el concreto. Estas prácticas se apoyan en la costumbre o en la experiencia adquirida en campo, sin basarse necesariamente en criterios técnicos ni en lo que establecen las normas vigentes. Como resultado, se genera incertidumbre sobre la verdadera calidad y resistencia del concreto. Además, al no realizar un diseño óptimo de la mezcla, se corre el riesgo de desperdiciar materiales o, en el intento de reducir costos, afectar negativamente la seguridad estructural de la edificación.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo varían la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica en comparación con métodos de diseño de mezcla, utilizando los mismos materiales, en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto producido mediante dosificación empírica en obras locales?

¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto producido mediante métodos de diseño con los mismos materiales?

¿Qué diferencias existen en la resistencia mecánica y el costo entre ambas formas de dosificación?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

El presente trabajo de investigación tiene como propósito demostrar que es posible obtener una mejor resistencia mecánica del concreto, así como una mayor eficiencia en los costos de elaboración, si se deja de emplear el método empírico, el cual es aun ampliamente utilizado por albañiles y maestros de obra. Estas personas, si bien cuentan

con experiencia en el campo, suelen aplicar dosificaciones basadas en la práctica y la costumbre, sin considerar criterios técnicos ni normativos. Este tipo de procedimiento constructivo puede derivar en una dosificación incorrecta del concreto, particularmente en lo referente a la relación agua y cemento. Como consecuencia, se generan efectos adversos en diversos aspectos fundamentales del material, tales como su calidad, durabilidad y eficiencia económica. En cambio, al utilizar métodos de diseño de mezcla técnicamente fundamentados, es posible optimizar los materiales y garantizar mejores resultados tanto estructurales como económicos.

#### **a. Justificación académica.**

El presente estudio tiene como propósito aportar al conocimiento técnico en el campo de la construcción, particularmente en lo relacionado con el diseño de mezclas. Se busca demostrar que, al emplear métodos técnicos en lugar de procedimientos empíricos, se puede obtener una mejor resistencia mecánica del concreto. Actualmente, muchos maestros de obra y albañiles aún emplean métodos basados en la experiencia y la costumbre, sin considerar criterios técnicos ni normativos. Esta situación limita la calidad del concreto y restringe la posibilidad de desarrollar prácticas constructivas modernas y eficientes. El trabajo contribuirá como base teórica y práctica para futuras investigaciones y mejoras curriculares en la formación de profesionales y técnicos en construcción.

#### **b. Justificación social**

En el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, como en muchos otros del país, predomina la autoconstrucción sin supervisión técnica. Esta práctica conlleva un riesgo importante para la seguridad de la población. Un estudio realizado por (Paco,2023) En el distrito de Ciudad Nueva, ubicado en la provincia de Tacna, se evidenció que el concreto empleado en viviendas autoconstruidas presentó una resistencia promedio de  $190,75 \text{ kg/cm}^2$ . Esta cifra representa únicamente el 90,83 % de la resistencia establecida en el diseño estructural ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ) y, además, equivale a solo el 67,79 % del valor mínimo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, que establece una resistencia estándar de  $281,83 \text{ kg/cm}^2$ . Estos datos evidencian una preocupante deficiencia estructural. Por tanto, promover la aplicación de diseños profesionales no solo mejora la calidad de las edificaciones, sino que protege directamente la integridad y vida de las personas.

### **c. Justificación económica**

El diseño técnico de mezclas de concreto permite un uso racional de los materiales, evitando tanto el sobreconsumo como la sub dosificación. En contraste, el método empírico con frecuencia deriva en mezclas desequilibradas, lo que impacta negativamente en los costos de construcción y en el desempeño de las estructuras. Esta investigación busca demostrar que una dosificación adecuada puede reducir los costos de producción sin sacrificar calidad. Esto representa una ventaja importante en zonas de escasos recursos, como el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, donde la mayoría de familias construyen de manera progresiva y con presupuestos limitados.

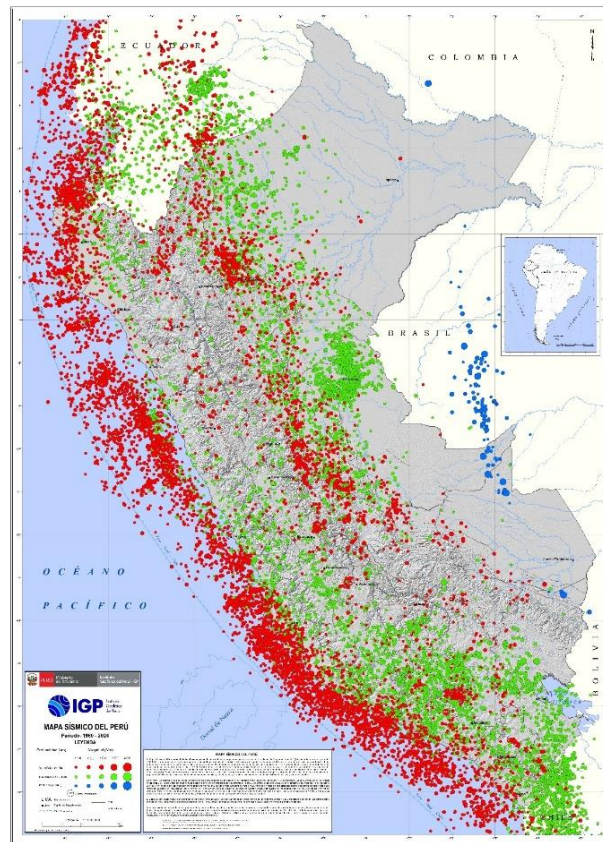
### **d. Justificación ambiental**

El sector de la construcción, especialmente la industria cementera, tiene un impacto ambiental significativo que muchas veces pasa desapercibido. La producción de cemento, material base del concreto, genera una gran cantidad de emisiones contaminantes que contribuyen al cambio climático. Esta situación se agrava cuando el concreto es elaborado mediante métodos empíricos, sin un control adecuado de proporciones ni optimización de materiales, lo que suele derivar en un consumo excesivo de cemento. Frente a esta problemática, el uso de métodos de diseño técnico de mezclas representa una alternativa más sostenible, ya que permite ajustar las cantidades necesarias de cada componente sin comprometer la resistencia ni la funcionalidad del concreto. Al reducir el desperdicio de materiales y evitar el sobredimensionamiento en la dosificación, se disminuye también el impacto ambiental asociado a la construcción. En consecuencia, el presente estudio no se limita únicamente a optimizar la calidad y los costos del concreto empleado en las viviendas del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, sino que, además pretende fomentar una cultura constructiva más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Es importante señalar que el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa se encuentra ubicado en una zona clasificada como de alta peligrosidad sísmica, según informes técnicos del Instituto Geofísico del Perú y estudios de microzonificación sísmica realizados en la región. Esta condición geodinámica, sumada al elevado porcentaje de viviendas autoconstruidas sin criterios técnicos, incrementa significativamente el riesgo estructural en caso de un evento sísmico de gran magnitud. Por ello, se adjunta a continuación un mapa de zonificación sísmica que permitirá contextualizar con mayor precisión la vulnerabilidad de la zona de estudio y la importancia de utilizar mezclas de concreto diseñadas técnicamente, no solo por eficiencia estructural y económica, sino también por razones de seguridad ante desastres naturales.

**Figura 1**

*Mapa sísmico del Perú periodo 1960 – 2024*



*Nota.* La figura muestra detalladamente el mapa sísmico del Perú donde se registraron sismos mayores o igual a M4,0 desde 1960 hasta el año 2024. Fuente: Instituto sísmico del Perú (IGP).

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Comparar la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla, aplicado en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Recolectar y ensayar muestras de concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas construidas en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.

- b. Diseñar mezclas de concreto aplicando métodos de diseño con los mismos materiales y evaluar su resistencia mecánica.
- c. Analizar y comparar la resistencia mecánica y costo por metro cúbico del concreto obtenido mediante los métodos de dosificación.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

El concreto elaborado mediante los métodos de diseño de mezcla presenta mayor resistencia mecánica y un costo más eficiente que el concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- a. El concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa presenta niveles de resistencia mecánica inferiores a los establecidos por las normas técnicas.
- b. El concreto diseñado mediante métodos técnico, utilizando los mismos materiales que en las viviendas estudiadas, alcanza mayores valores de resistencia mecánica a compresión que el concreto empírico
- c. Existen diferencias en la resistencia mecánica y el costo del concreto entre la dosificación empírica y los métodos de diseño de mezcla aplicados en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

## CAPTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Rojas (2024), en su tesis titulada "*Propuesta de modificación del método Faury-Joisel para dosificación de hormigones*", tuvo como objetivo proponer una modificación al método Faury-Joisel con la finalidad de alcanzar resistencias que cumplan con la normativa chilena NCh 1998. La investigación fue de tipo experimental, empleando seis probetas cilíndricas de concreto con diferentes relaciones agua-cemento. Se evaluó el efecto de la reducción de esta relación sobre la resistencia a compresión. Los resultados indicaron que, aunque no se logró cumplir con el grado G-25, sí se alcanzaron valores aceptables para los grados G-12, G-16 y G-20. La investigación concluyó que la modificación fue parcialmente efectiva, y se recomendó repetir los ensayos bajo condiciones más controladas debido a posibles interferencias como el estado deficiente de la prensa y el proceso de refrentado.

En Argentina, Torres (2019), en su trabajo titulado "Propuesta de diseño de mezcla para la elaboración del hormigón en la Unidad Básica de Servicios de Hormigón", tuvo como objetivo establecer una alternativa técnica que permita reducir el uso excesivo de cemento sin afectar las propiedades del hormigón. La metodología consistió en elaborar nueve probetas con dosificaciones distintas, evaluando propiedades como asentamiento, resistencia a compresión, porosidad. Como resultado, se planteó una dosificación con menor cantidad de cemento que mantuvo una resistencia aceptable. Se concluyó que la propuesta permite optimizar el uso de materiales, reduciendo el impacto económico y ambiental del hormigón.

En Ecuador, Parrales y Quirumbay (2022), en su tesis titulada "Diseño de mezcla de hormigón utilizando metacaolín para obtener una resistencia a la compresión mayor a 210 kg/cm<sup>2</sup>", tuvieron como objetivo determinar la dosificación óptima de metacaolín como sustituto parcial del cemento, con el fin de mejorar la resistencia a la compresión del hormigón. Se realizó una investigación experimental empleando el método ACI 211 para la dosificación y normas NEC y ASTM para la caracterización de agregados y evaluación del concreto. Se elaboraron mezclas con reemplazos de cemento del 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, y se ensayaron probetas cilíndricas a los 28 días. Los resultados mostraron que el 5 % de metacaolín alcanzó la mayor resistencia (224,67 kg/cm<sup>2</sup>),

superando en un 4,18 % al concreto patrón, mientras que proporciones mayores redujeron la resistencia. Se concluyó que el reemplazo parcial del cemento con un 5 % de metacaolín mejora el comportamiento mecánico del concreto, aunque incrementa su costo respecto a las mezclas convencionales.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

En Chiclayo, Palacios (2017), en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del concreto usado en construcciones informales en la ciudad de Eten, provincia de Chiclayo, región Lambayeque 2017”, tuvo como objetivo determinar la resistencia y consistencia del concreto empleado en edificaciones informales, a fin de evaluar su conformidad con los estándares técnicos del Reglamento Nacional de Edificaciones. La investigación, de tipo experimental y enfoque cuantitativo, consideró 40 viviendas informales, de las cuales se recolectaron 160 probetas para ensayos de resistencia a la compresión y revenimiento, realizados conforme a las normas ASTM C39/C39M y ASTM C143/C143M. Los resultados demostraron que el concreto utilizado en estas obras presentaba una consistencia fluida promedio de 6,68 pulgadas, atribuida al exceso de agua en la mezcla, lo cual redujo notablemente su resistencia, alcanzando valores inferiores a los 210 kg/cm<sup>2</sup> exigidos por la norma E.060. Se concluyó que las malas prácticas constructivas, la ausencia de control técnico y la falta de supervisión profesional afectan directamente la calidad y seguridad estructural de las edificaciones informales, recomendándose la implementación de dosificaciones estandarizadas y programas de capacitación técnica para mejorar el desempeño del concreto en obras autoconstruidas.

Cuyate (2019), en su tesis titulada “Evaluación de la resistencia en compresión del concreto usado en las construcciones informales en el distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo”, tuvo como objetivo general estimar la resistencia en compresión del concreto empleado en las construcciones informales de viviendas en la zona urbana del distrito de Monsefú, Chiclayo. Para ello, recolectó muestras de concreto utilizadas en elementos estructurales de diferentes obras informales realizadas entre enero y marzo de 2018. Se verificó el asentamiento mediante el ensayo del Cono de Abrams y se realizaron pruebas de compresión a los 28 días, además de aplicar encuestas a los responsables de las obras para conocer los materiales, dosificación y procesos de mezclado del concreto. Los resultados mostraron que ninguna de las construcciones alcanzó la resistencia mínima exigida que es 175 kg/cm<sup>2</sup> por la norma técnica,

registrándose un valor promedio de 139,09 kg/cm<sup>2</sup>, lo que evidencia deficiencias en la calidad del concreto utilizado en este tipo de edificaciones.

En Cajamarca, Gamboa (2024), en su tesis titulada “Análisis comparativo de resistencia a compresión del concreto de viviendas construidas de manera empírica y con dirección técnica en el sector La Paccha-Cajamarca, 2023”, tuvo como objetivo comparar la resistencia a compresión del concreto en edificaciones autoconstruidas frente a aquellas con supervisión técnica. El estudio fue de enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando 40 probetas cilíndricas recolectadas de ambos tipos de vivienda, evaluadas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado según normas ASTM y NTP. Los resultados mostraron que las viviendas con dirección técnica superaron notablemente a las empíricas, registrando resistencias promedio de 233,66 kg/cm<sup>2</sup> frente a 140,69 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Se concluyó que la supervisión profesional tiene un impacto significativo en la calidad estructural del concreto, debido al control adecuado de materiales y procedimientos constructivos.

### **2.1.3. Antecedentes Local**

Dávalos y Jallurana (2024) en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del concreto usado en la construcción de viviendas informales en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa”, desarrolló un estudio de tipo experimental orientado a analizar la resistencia y calidad del concreto empleado en edificaciones informales. La investigación tuvo como objetivo principal evaluar el cumplimiento de los parámetros normativos establecidos en las normas ACI, NTP y ASTM respecto a la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y la relación agua/cemento. Para ello, se inspeccionaron 16 viviendas en proceso de construcción que no contaban con licencia municipal ni supervisión técnica, recolectándose muestras representativas de concreto fresco que fueron ensayadas mediante pruebas de revenimiento y compresión en prensa hidráulica. Los resultados indicaron que solo el 25 % de las viviendas alcanzaron la resistencia mínima requerida de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un promedio general de 153,06 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, lo que refleja una deficiencia significativa en la calidad del material empleado. El estudio concluyó que la ausencia de control técnico, la dosificación empírica basada en la experiencia de los maestros de obra y la priorización del costo sobre la calidad comprometen la durabilidad y seguridad estructural de las viviendas informales. Como propuesta, se planteó la implementación del método de diseño de mezcla ACI 211 como alternativa técnica para mejorar la resistencia del concreto y garantizar una mayor uniformidad en las futuras construcciones del distrito.

Jiménez y Polo (2024), en su tesis titulada “Análisis comparativo de costos directos y resistencia a la compresión entre el concreto tradicional y el concreto autocompactante en el distrito de Tacna, 2021”, compararon el comportamiento mecánico y los costos directos de ambos tipos de concreto con una resistencia objetivo de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , empleando metodologías del ACI, cementos de la marca Yura y aditivos superplastificantes de alto rango. Se diseñaron dos mezclas para concreto convencional y cuatro para autocompactante, elaborándose 54 probetas cilíndricas que fueron sometidas a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días. Los resultados indicaron que el concreto autocompactante alcanzó mayores niveles de resistencia, aunque con un costo directo superior, lo que limita su aplicación en obras de carácter convencional.

Vicente (2016), en su tesis titulada “Diferencia en la resistencia de los concretos por efecto de los tipos de cemento comercializados en la ciudad de Tacna, 2016”, tuvo como objetivo determinar las diferencias en la resistencia a compresión del concreto debido al uso de distintos tipos de cementos disponibles localmente. Se emplearon los métodos de dosificación ACI Comité 211 y Walker, con una muestra de 180 probetas elaboradas con tres tipos de cemento: Sol Portland Tipo I, Yura HE y Portland Puzolánico Yura IP. Los ensayos se realizaron a los 7, 14 y 28 días, evidenciando que el cemento Yura HE alcanzó mayor resistencia desde el día 14, mientras que el Sol Tipo I destacó en resistencia inicial. Por su parte, el Puzolánico Yura IP mostró los menores valores en todas las edades. Se concluyó que el tipo de cemento influye directamente en la resistencia del concreto, recomendándose una adecuada caracterización de materiales y el uso de métodos de diseño técnico para garantizar el desempeño estructural.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Construcciones Informales**

En el contexto del desarrollo urbano peruano, el crecimiento acelerado de las ciudades ha impulsado la expansión de áreas urbanas y periurbanas donde predominan las viviendas informales, es decir, aquellas edificaciones que se construyen sin dirección técnica profesional, sin licencia municipal y fuera del marco normativo establecido. Este fenómeno tiene una fuerte presencia en regiones del sur del país, como Tacna, donde la autoconstrucción constituye la principal modalidad de acceso a vivienda (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022).

Desde un punto de vista técnico, una vivienda informal se caracteriza por carecer de planos estructurales, estudios de suelos y control de calidad de materiales, elementos indispensables para garantizar la seguridad estructural. En estas edificaciones, la mezcla de concreto suele elaborarse de forma empírica, es decir, sin seguir procedimientos estandarizados como los propuestos por métodos normativos, lo que ocasiona variaciones significativas en la resistencia mecánica y, por consiguiente, un desempeño estructural deficiente.

Asimismo, la informalidad constructiva se encuentra estrechamente vinculada a factores socioeconómicos, tales como los bajos ingresos familiares, la limitada educación técnica y la falta de acceso a servicios de ingeniería civil. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), más del 60 % de las viviendas construidas en los últimos años en zonas urbanas periféricas fueron ejecutadas sin asistencia profesional, lo que refleja la magnitud del problema.

En el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, este tipo de autoconstrucción es frecuente, especialmente en los sectores de reciente urbanización. Las viviendas son levantadas por los propios propietarios o maestros de obra, quienes replican mezclas empíricas “a ojo”, midiendo los componentes del concreto mediante baldes o carretillas en lugar de proporciones normalizadas. Estas prácticas suelen derivar en concretos de baja calidad, alta porosidad y escasa durabilidad, lo cual incrementa los costos de mantenimiento y el riesgo estructural frente a eventos sísmicos.

Desde el punto de vista normativo, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y la Norma E.060 “Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establecen parámetros mínimos de resistencia y control de materiales que rara vez se cumplen en construcciones informales. La ausencia de ensayos de laboratorio como la resistencia a la compresión (NTP 339,034) o la evaluación de agregados para el concreto (NTP 400,037) impide verificar si las mezclas satisfacen los requerimientos estructurales para viviendas seguras.

En consecuencia, las viviendas informales representan un desafío tanto técnico como social, al conjugar deficiencias constructivas con factores económicos y regulatorios. La falta de control de calidad en el concreto no solo reduce su resistencia estructural, sino que además incrementa los costos indirectos asociados a la reparación y el refuerzo de elementos dañados.

A continuación, se presenta la tabla 1 donde se muestra el criterio de comparación de las viviendas formal e informal

**Tabla 1***Comparación de vivienda formal y vivienda informal*

<b>Criterio de comparación</b>	<b>Vivienda formal</b>	<b>Vivienda informal</b>
Supervisión técnica	Dirigida por ingenieros o arquitectos colegiados, con control de calidad documentado.	Construida por albañiles o propietarios sin asesoramiento técnico profesional.
Dosificación del concreto	Basada en métodos normativos (ACI 211, Fuller, Agregado Global).	Determinada empíricamente, mediante proporciones volumétricas sin respaldo técnico.
Control de materiales	Materiales certificados y verificados conforme a normas ASTM y NTP.	Materiales adquiridos sin certificación ni control granulométrico.
Relación agua/cemento (a/c)	Optimizada según resistencia de diseño y trabajabilidad requerida.	No controlada; exceso de agua para mejorar la trabajabilidad sin considerar resistencia.
Resistencia a la compresión (f'c)	Variable según diseño estructural (210 a 280 kg/cm <sup>2</sup> en promedio).	Inferior al diseño normativo, con resistencias promedio menores a 210 kg/cm <sup>2</sup> .
Curado del concreto	Efectuado con métodos controlados durante 7 a 14 días, siguiendo normas NTP 339,034 y ASTM C31.	Frecuentemente omitido o realizado de manera inadecuada.
Seguridad estructural	Cumple con el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.060, E.070).	Riesgo estructural alto por ausencia de diseño sísmico y control constructivo.
Costos iniciales y mantenimiento	Mayores costos iniciales, pero menor deterioro y mantenimiento.	Menores costos iniciales, pero mayor deterioro y gasto a largo plazo.

*Nota.* Adaptado de Neville (2012), Mehta y Monteiro (2014), y del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (MVCS, 2021).

### **2.2.2. Concreto**

El concreto, es un material compuesto resultante de la mezcla proporcional de cemento, agua, agregados finos y gruesos, y eventualmente aditivos químicos o minerales, que en conjunto forman una masa que fragua y endurece con el tiempo. Este endurecimiento se produce como consecuencia de una reacción química de hidratación entre el agua y el cemento, la cual genera productos cementantes que consolidan los agregados y otorgan resistencia mecánica (Neville, 2012).

Desde una perspectiva normativa, la ASTM C125 (2020) define al concreto como “una mezcla de cemento hidráulico (aquel que fragua y endurece al reaccionar con el agua, incluso bajo condiciones húmedas), agua, agregados y, en ocasiones, aditivos,

que se endurece con el tiempo por la reacción química entre el cemento y el agua, desarrollando propiedades estructurales útiles”. Su versatilidad y economía lo convierten en el principal material estructural empleado en edificaciones, infraestructuras viales, obras hidráulicas y una amplia variedad de proyectos civiles.

En la práctica ingenieril, su desempeño está condicionado principalmente por la relación agua/cemento ( $a/c$ ), la calidad de los agregados y el método de colocación. Una menor proporción de agua en relación con el cemento tiende a mejorar la resistencia, aunque podría dificultar su trabajabilidad si no se equilibran otros factores (Mehta y Monteiro, 2014).

El concreto puede clasificarse según diversos criterios: su densidad, trabajabilidad, tipo de cemento empleado o comportamiento estructural. Esta versatilidad lo convierte en el material más ampliamente utilizado en el desarrollo urbano y de infraestructura a nivel mundial (Kosmatka y Wilson, 2016).

### **2.2.3. Componentes del concreto**

El concreto es un material compuesto cuya calidad y desempeño estructural dependen directamente de las características físicas, químicas y mecánicas de sus componentes básicos. En la ingeniería civil peruana, su diseño debe cumplir con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y los lineamientos del American Concrete Institute (ACI), los cuales garantizan la durabilidad y resistencia exigidas por la Norma E.060 Concreto Armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

A continuación, se describen los principales componentes del concreto, su función técnica y la normativa aplicable:

#### **a. Cemento**

El cemento es el aglomerante hidráulico que, al mezclarse con agua, inicia un proceso químico denominado hidratación, mediante el cual se forma una pasta capaz de unir los agregados finos y gruesos en una masa sólida y resistente. En el Perú, los tipos más comunes son el Cemento Portland Tipo I (uso general) y el Tipo HE o IP (moderada resistencia a sulfatos), fabricados conforme a la NTP 334,009 (Cemento Portland. Especificaciones).

El desempeño del cemento influye directamente en la resistencia a compresión, durabilidad y permeabilidad del concreto. Una dosificación inadecuada o un

almacenamiento incorrecto puede afectar la hidratación y provocar micro fisuras o pérdida de resistencia (Mehta y Monteiro, 2014).

## Figura 2

*Cemento comercializado en Tacna marca Yura*



*Nota.* Extraído de YURA S.A. del sitio web: <https://www.yura.com.pe/>

### b. Agregado Fino

El agregado fino, también denominado arena, está formado por partículas minerales naturales que pasan por el tamiz N° 4 (4,75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 200 (0,075 mm), conforme a la NTP 400,037 (Agregados. Requisitos de calidad y ensayos).

Su función principal es rellenar los vacíos entre las partículas del agregado grueso, mejorar la trabajabilidad y contribuir a la cohesión de la mezcla.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2021), la calidad del agregado fino depende de su granulometría, limpieza y contenido de humedad. Arenas contaminadas con arcillas o materia orgánica pueden afectar la adherencia con la pasta y, por tanto, la resistencia final del concreto.

### **c. Agregado Grueso**

El agregado grueso está constituido por fragmentos de roca natural o piedra chancada que pasan por el tamiz de 1½" (37,5 mm) y son retenidos en el tamiz N° 4 (4,75 mm), según la NTP 400,037.

Este componente proporciona resistencia estructural, rigidez y estabilidad volumétrica, siendo esencial para el comportamiento mecánico del concreto endurecido.

En la región de Tacna, es común el uso de piedra chancada de cantera local, aunque en obras informales puede reemplazarse por piedra de río sin clasificar (hormigón), lo que reduce la resistencia por falta de adherencia y control granulométrico (Pacasmayo, 2022).

### **d. Hormigón**

El hormigón natural es una mezcla natural de arena gruesa y piedra de río en proporciones aleatorias, que se comercializa en ferreterías locales. Aunque se emplea para cimientos, sobrecimientos y falsos pisos, su uso en elementos estructurales no está recomendado, debido a su granulometría irregular y baja capacidad resistente.

Según Aceros Arequipa (2023), el hormigón tiene una resistencia típica menor a 140 kg/cm<sup>2</sup> y solo debe utilizarse para concretos de baja exigencia estructural, principalmente en obras empíricas.

### **e. Agua**

El agua de mezclado cumple una función doble: hidratar el cemento y proporcionar plasticidad a la mezcla para su colocación.

La NTP 339,088 (Agua para concreto) establece que esta debe estar libre de aceites, materia orgánica, sales y sulfatos, y tener características químicas similares al agua potable.

El exceso de agua en la mezcla eleva la relación a/c (agua/cemento), lo cual disminuye la resistencia a compresión y durabilidad del concreto (Neville, 2012). Por tanto, su dosificación debe calcularse cuidadosamente para lograr un equilibrio entre resistencia y trabajabilidad.

A continuación, se detallan en la tabla 2 los principales componentes que constituyen el concreto, junto con sus funciones dentro de la mezcla:

**Tabla 2***Componentes del concreto y su función técnica*

Componente	Norma técnica aplicable	Función principal en el concreto
Cemento	NTP 334,009(2020)	Aglomerante hidráulico que reacciona con el agua para formar una pasta resistente.
Agregado fino	NTP 400,037(2018)	Mejora la cohesión, rellena vacíos y otorga trabajabilidad a la mezcla.
Agregado grueso	NTP 400,037(2018)	Aporta resistencia, rigidez y estabilidad volumétrica al concreto.
Hormigón (mezcla arena-piedra)	—	Material natural usado en obras de baja exigencia estructural.
Agua	NTP 339,088 (2020)	Hidrata el cemento y regula la trabajabilidad; su pureza influye en la durabilidad.

*Nota.* Adaptado de las normas técnicas peruanas.

**Figura 3***Componentes para mezcla de concreto*

*Nota.* Extraído de Zambrano, K. (2021) del sitio web:

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/como-elegir-concreto-para-piscinas-y-tanquesde-agua/>. DOC: CÓMO ELEGIR CONCRETO PARA PISCINAS Y TANQUES DE AGUA.360 EN CONCRETO.

#### **2.2.4. Tipos de concreto**

En la actualidad, la tecnología del concreto ha evolucionado significativamente, permitiendo el desarrollo de distintos tipos de mezclas adaptadas a los requerimientos estructurales, estéticos y ambientales de las edificaciones. La selección del tipo de concreto depende de factores como la resistencia requerida, el tipo de estructura, las condiciones de exposición ambiental, el método constructivo y el costo del proyecto (Mehta y Monteiro, 2014).

Asimismo, la Norma E.060 Concreto Armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020) y las NTP basadas en ACI 211 y ASTM C94/C94M regulan las especificaciones y procedimientos para el diseño, producción y control de calidad de los diferentes tipos de concreto utilizados en obras civiles en el Perú.

A continuación, se describen los principales tipos de concretos empleados en la práctica constructiva:

##### **a. Concreto convencional**

En primer lugar, el concreto convencional es el tipo más utilizado en edificaciones de vivienda y obras civiles, debido a su versatilidad y amplia disponibilidad de materiales. Está compuesto por cemento, agua, agregados finos y agregados gruesos, pudiendo incluir aditivos químicos o minerales en pequeñas proporciones para mejorar propiedades específicas como la trabajabilidad o el tiempo de fraguado, lo que permite su adaptación a diferentes condiciones constructivas (Concrelab, s. f.).

Generalmente, su resistencia característica varía entre 140 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo de la dosificación y calidad de los materiales.

Se emplea principalmente en cimientos, sobrecimientos, muros, columnas y losas de viviendas unifamiliares. Su fabricación puede ser empírica o mediante métodos técnicos como el ACI 211 (Cementos Pacasmayo, 2022). Es considerado un concreto de uso general, con adecuada trabajabilidad y bajo costo.

##### **b. Concreto de alto rendimiento**

El concreto de alto rendimiento (CAR) es aquel que presenta resistencias superiores a 500 kg/cm<sup>2</sup>, además de una alta durabilidad, baja permeabilidad y gran cohesión.

Su desarrollo se basa en el uso de aditivos superplastificantes, cementos especiales y agregados seleccionados, siguiendo los lineamientos del ACI 363R y de la ASTM C1202.

Según Neville (2012), este tipo de concreto es ideal para estructuras expuestas a condiciones severas como puentes, presas, túneles o edificaciones en zonas costeras debido a su excelente comportamiento frente a los agentes agresivos. Sin embargo, requiere control estricto en su dosificación y curado, lo que incrementa su costo.

### **c. Concreto liviano**

El concreto liviano se caracteriza por su baja densidad (menor a  $1,800 \text{ kg/m}^3$ ), lograda mediante el uso de agregados porosos naturales o artificiales (como piedra pómez, arcilla expandida o perlita).

De acuerdo con la ASTM C330, este concreto presenta resistencias moderadas entre  $140$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$ , pero una excelente capacidad de aislamiento térmico y acústico, lo cual lo hace apropiado para viviendas de bajo peso y edificaciones en suelos de baja capacidad portante (Kosmatka y Wilson, 2016).

Su principal desventaja es la menor resistencia a la abrasión y al impacto, razón por la cual se limita a estructuras no portantes o elementos secundarios.

### **d. Concreto autocompactante**

El concreto autocompactante (CAC) es un material altamente fluido que no requiere vibración mecánica para su consolidación. Fluye por gravedad, llenando los encofrados y envolviendo las armaduras sin segregarse.

Este tipo de concreto se desarrolló bajo las recomendaciones del Comité ACI 237R y se caracteriza por su alta trabajabilidad, lograda gracias al uso de superplastificantes y modificadores de viscosidad.

En el Perú, su uso se está expandiendo en estructuras con alta densidad de refuerzo, elementos prefabricados y edificaciones de gran complejidad geométrica, optimizando la productividad y la calidad superficial (INACAL, 2021).

**e. Concreto armado**

El concreto armado es una combinación estructural entre concreto y acero de refuerzo, donde ambos materiales actúan de forma conjunta para resistir esfuerzos de compresión y tracción.

El concreto aporta resistencia a la compresión, mientras que el acero absorbe los esfuerzos de tracción y flexión, logrando un comportamiento estructural equilibrado.

En el contexto nacional, su diseño y ejecución están regulados por la Norma E.060 Concreto Armado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020), que establece los criterios para el dimensionamiento, recubrimiento y disposición de armaduras. Es el material estructural más empleado en el sector vivienda y obras de infraestructura, debido a su versatilidad, durabilidad y bajo mantenimiento.

**f. Concreto permeable**

El concreto permeable o poroso es un tipo de concreto diseñado para permitir el paso del agua a través de su estructura, gracias a su alto contenido de vacíos interconectados (15–25%).

Su composición prescinde casi totalmente del agregado fino, generando una estructura abierta que facilita la infiltración del agua pluvial, reduciendo la escorrentía superficial y favoreciendo la recarga de acuíferos (ACI 522R-10).

En el Perú, su uso se está incorporando en pavimentos urbanos, estacionamientos, veredas y áreas verdes, en concordancia con los principios de infraestructura sostenible y drenaje urbano (Aceros Arequipa, 2023).

**g. Concreto premezclado**

El concreto premezclado es aquel que se produce en plantas dosificadoras o centrales de mezclado, bajo control automatizado de materiales y condiciones ambientales. Posteriormente, se transporta a la obra en camiones mixer, cumpliendo la ASTM C94/C94M:2020.

Su principal ventaja es la uniformidad y control de calidad, al emplear dosificaciones precisas, cementos certificados y agregados calibrados.

En el contexto urbano del Perú, el concreto premezclado es ampliamente utilizado en viviendas multifamiliares, obras públicas y estructuras de concreto armado, ya que reduce errores humanos y mejora la productividad (Cementos Pacasmayo, 2022).

### **2.2.5. Protocolos de control de calidad**

El control de calidad del concreto es un conjunto sistemático de procedimientos técnicos destinados a garantizar que el material cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y en estándares internacionales como los del American Concrete Institute (ACI) y la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020), la calidad del concreto depende no solo del cumplimiento de las proporciones de mezcla, sino también de la adecuada manipulación, transporte, colocación y curado del material. En el contexto peruano, la norma E.060 Concreto armado establece las disposiciones generales para la producción y verificación de la calidad del concreto empleado en edificaciones.

### **2.2.6. Control de calidad en estado fresco**

#### **a. Muestreo**

El proceso de muestreo en el control de calidad del concreto es una etapa crítica que permite obtener una muestra representativa del material fresco, con el fin de evaluar sus propiedades y verificar el cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. Según el American Concrete Institute (2020), el muestreo debe efectuarse de manera que las condiciones de la mezcla ensayada sean equivalentes a las del concreto que se colocará en obra, evitando la segregación y pérdida de humedad.

En ese sentido, la norma ASTM C172/C172M (2017), referida por el ACI 301-20, establece que las muestras deben extraerse directamente del punto de descarga del mezclador o del camión agitador. El muestreo debe realizarse en un recipiente limpio, metálico o plástico rígido, y la mezcla obtenida debe homogenizarse cuidadosamente antes de realizar el moldeado de probetas.

Asimismo, el ACI especifica que el tiempo entre la obtención de la muestra y el moldeo de probetas debe iniciarse dentro de los 15 minutos posteriores al muestreo,

protegiendo la muestra de la radiación solar, el viento y la contaminación ambiental (ACI, 2020).

En el contexto de la práctica constructiva peruana, la Norma Técnica Peruana (NTP) 339,034:2021 establece procedimientos equivalentes, indicando que el muestreo debe realizarse en condiciones que representen fielmente la mezcla empleada en obra, asegurando la confiabilidad de los ensayos de compresión a edades de 7, 14 y 28 días. Este procedimiento garantiza que los resultados reflejen con precisión el desempeño real del concreto empleado en campo.

A continuación, se presenta la tabla 3 donde se muestra las recomendaciones técnicas para el muestreo del concreto fresco:

**Tabla 3**

*Recomendaciones técnicas para el muestreo del concreto fresco según ACI y ASTM*

<b>Aspecto evaluado</b>	<b>Recomendación técnica</b>	<b>Norma de referencia</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Punto de muestreo</b>	Toma directa desde la descarga del camión o mezcladora	ACI 301-20 / ASTM C172	Descartar el concreto de otras mezcladoras
<b>Tiempo máximo hasta ensayo</b>	Ensayos dentro de los 5 min de la obtención de la muestra	ASTM C172	Evitar pérdida de humedad
<b>Homogeneización</b>	Mezclado manual con pala metálica hasta uniformidad	ACI 211,1	No remover en exceso para evitar segregación
<b>Protección de la muestra</b>	Evitar exposición solar, viento y polvo	ACI 301-20	Cubrir con lona húmeda o tapa
<b>Moldeo de probetas</b>	Dentro de los 15 min posteriores al muestreo	ASTM C31/C31M	Moldeo con compactación adecuada

*Nota.* Adaptado de las normas ACI 301-20 (2020) y ASTM C172/C172M (2017).

## **b. Procedimiento**

El procedimiento para la obtención, preparación y moldeo de probetas de concreto fresco constituye una fase esencial del control de calidad, pues garantiza que las muestras sean representativas y que los resultados obtenidos reflejen con fidelidad el comportamiento mecánico del concreto utilizado en obra. Según el American Concrete Institute (ACI 301-20, 2020), el proceso debe ejecutarse siguiendo criterios

normalizados que aseguren la reproducibilidad de los ensayos y la validez estadística de los resultados.

En esa misma línea, la norma ASTM C31/C31M (2021) establece los procedimientos estándar para el moldeo y curado de especímenes cilíndricos en campo, precisando que las probetas deben elaborarse inmediatamente después del muestreo (no más de 15 minutos). El material se coloca en moldes cilíndricos de acero, plástico rígido o metal no absorbente, con dimensiones de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura para concretos de resistencia estructural, o 100 mm x 200 mm para concretos de baja resistencia o con agregados de menor tamaño.

El moldeo debe realizarse en tres capas de igual espesor, compactando cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos con una varilla metálica lisa y extremos redondeados. Esta compactación elimina vacíos y burbujas de aire, asegurando una masa uniforme. En casos donde la mezcla sea muy fluida o autocompactante, el ACI 211,1 (2016) recomienda utilizar vibración mecánica en lugar de varillado, evitando así la segregación del concreto.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 339,033:2021), antes del llenado, los moldes deben limpiarse y lubricarse con una fina capa de aceite mineral o desmoldante, a fin de evitar adherencias y facilitar la extracción del espécimen. Luego de llenar y compactar la última capa, la superficie superior debe enrasarse con una llana metálica, de modo que quede lisa y nivelada, representando la cara que estará sometida a la carga durante el ensayo de compresión.

El correcto procedimiento de moldeo asegura que las probetas mantengan una densidad uniforme y una estructura interna continua, minimizando errores de laboratorio asociados a compactación deficiente o curado inadecuado. La Figura 4 describe el enrasado y curado en los parámetros técnicos establecidos por la normativa ACI–ASTM aplicable al proceso.

#### Figura 4

##### *Procedimiento técnico del moldeo de probetas cilíndricas de concreto*



*Nota.* El procedimiento incluye enrase final de la superficie superior y curado del espécimen. Imagen de dominio público (Wikimedia Commons, 2023).

#### c. Trabajabilidad

La trabajabilidad representa la facilidad con que el concreto puede mezclarse, transportarse y colocarse sin segregación ni exudación. Depende de factores como la relación agua/cemento, la granulometría de los agregados y el uso de aditivos plastificantes. Según Mindess, Young y Darwin (2017), el control de esta propiedad se basa en el equilibrio entre fluidez y cohesión, garantizando una compactación eficiente.

#### d. Revenimiento

El revenimiento o slump es una prueba empírica que evalúa la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, determinando la facilidad con la que puede colocarse y compactarse sin segregación. De acuerdo con la American Society for Testing and Materials (ASTM C143/C143M, 2024), este ensayo constituye un indicador práctico del comportamiento plástico del concreto durante su colocación en obra, permitiendo verificar su uniformidad respecto al diseño de mezcla y su relación agua-cemento.

En términos técnicos, la prueba se realiza mediante un molde metálico con forma de cono truncado, de 300 mm de altura, 200 mm de diámetro en la base y 100 mm en la parte superior. Este molde se llena con concreto en tres capas iguales, cada una compactada con 25 golpes uniformemente distribuidos usando una varilla metálica lisa de 16 mm de diámetro. Antes de iniciar, el molde debe colocarse sobre una superficie firme, plana y no absorbente, previamente humedecida para evitar la pérdida de agua superficial.

Posteriormente, el molde se retira de manera vertical y continua, sin movimientos laterales ni vibraciones, para permitir que el concreto se asiente libremente bajo su propio peso. El revenimiento (Slump) corresponde a la diferencia de altura entre el molde original y el punto más alto del concreto después del asentamiento. Esta diferencia se mide en milímetros o pulgadas, dependiendo del sistema empleado.

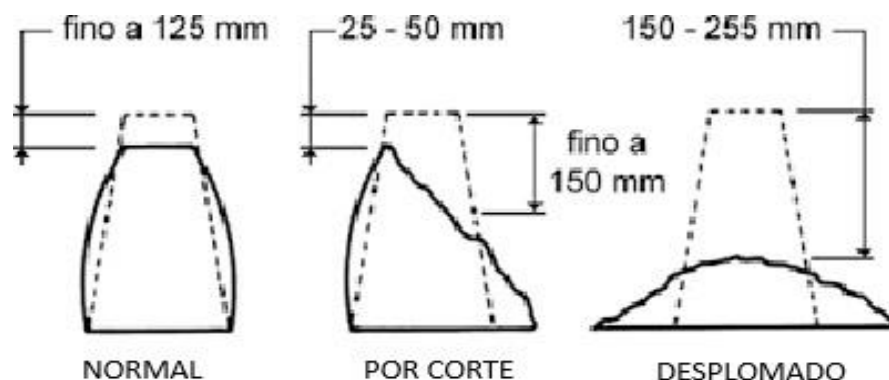
Según la ASTM C143/C143M (2024) y la NTP 339,035 (INACAL, 2021), los resultados del ensayo pueden clasificarse en tres tipos de comportamiento:

- *Revenimiento normal*: El concreto conserva su forma general con un ligero descenso axial, indicando buena cohesión y trabajabilidad adecuada.
- *Revenimiento de corte*: El concreto se desplaza lateralmente, evidenciando deficiencia en la uniformidad o segregación parcial de los agregados.
- *Revenimiento colapsado*: El concreto pierde completamente su forma, generalmente por exceso de agua o aditivos plastificantes.

El ensayo de revenimiento es fundamental dentro del control de calidad en estado fresco, ya que permite ajustar la relación agua-cemento (a/c) y comprobar si el concreto conserva las condiciones de fluidez y cohesión especificadas en el diseño. Una desviación significativa del valor previsto puede revelar problemas en la dosificación o en el proceso de mezclado, lo que comprometería el desempeño mecánico del concreto endurecido (Neville, 2012).

**Figura 5**

*Tipos de fallas en el ensayo de revenimiento del concreto fresco*



*Nota.* Representación de los tres tipos de comportamientos del concreto durante el ensayo de revenimiento: revenimiento verdadero, de corte y colapsado. Imagen de dominio público (Wikimedia Commons, 2023).

### **e. Temperatura**

La temperatura del concreto fresco se mide según la NTP 339,046:2020 (ASTM C1064). En el Perú, los valores aceptables en obra se ubican entre 10 °C y 32 °C. Temperaturas mayores aceleran el fraguado, reduciendo la resistencia final (Kosmatka y Wilson, 2016).

### **f. Contenido de aire**

El contenido de aire se determina según la NTP 339,036:2020 (ASTM C231) para concretos con agregado normal. Un contenido excesivo disminuye la resistencia, aunque pequeñas cantidades (2–4 %) pueden mejorar la durabilidad frente a ciclos térmicos (Mindess et al., 2017).

### **g. Probetas cilíndricas**

El moldeo de probetas cilíndricas constituye una etapa fundamental en el control de calidad del concreto fresco, pues permite evaluar indirectamente la resistencia a la compresión del material en estado endurecido, garantizando que cumpla con las especificaciones de diseño estructural (Neville y Brooks, 2010).

Según la Norma ASTM C31/C31M (2023) y la NTP 339,034 (INACAL, 2021), las probetas deben elaborarse en condiciones controladas y representativas de la mezcla colocada en obra. Los resultados obtenidos en laboratorio se consideran válidos siempre que las muestras hayan sido correctamente tomadas, moldeadas, compactadas, curadas y ensayadas siguiendo los protocolos establecidos.

- *Características de las probetas cilíndricas*

Las probetas estándar de concreto para ensayos de compresión poseen dimensiones de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura (6 × 12 pulgadas), con una relación altura-diámetro de 2:1, recomendada para obtener una distribución uniforme de esfuerzos (Mindess et al., 2017).

En el caso de estudios comparativos o de control de campo, pueden usarse probetas de 100 × 200 mm, siempre que se mantenga la misma proporción geométrica.

A continuación, se presenta la tabla 4 donde se muestra las dimensiones recomendadas de las probetas cilíndricas:

**Tabla 4**

*Dimensiones recomendadas de las probetas cilíndricas según norma técnica*

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Relación h/d</b>	<b>Uso recomendado</b>
150	300	2:1	Ensayos estándar de laboratorio
100	200	2:1	Control de campo o concreto de alta resistencia
75	150	2:1	Investigación experimental o concretos de baja resistencia

*Nota.* Adaptado de ASTM International (2023) y NTP 339,034 (INACAL, 2021).

- *Procedimiento de moldeo:*

*Preparación del molde:*

Los moldes deben ser metálicos o de plástico rígido, resistentes a deformaciones, y lubricados internamente con una fina película de aceite mineral para evitar adherencias.

*Llenado del molde:*

Se coloca el concreto fresco en tres capas de igual volumen, compactando cada una mediante 25 golpes uniformemente distribuidos con una varilla de acero de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud (ASTM C31/C31M, 2023).

*Compactación:*

Si el concreto es muy fluido, puede compactarse por vibración durante 5 a 10 segundos por capa. Se debe evitar la segregación y el exceso de vibrado.

*Nivelado y acabado:*

La última capa se nivela con una llana metálica, dejando la superficie lisa y horizontal.

*Identificación:*

Cada probeta debe estar correctamente rotulada con código de muestra, fecha, tipo de dosificación y método de diseño empleado.

- *Condiciones de curado inicial*

Luego del moldeo, las probetas deben permanecer en un ambiente protegido de vibraciones, radiación solar directa y pérdida de humedad, manteniendo una temperatura de  $20 \pm 2$  °C durante las primeras  $24 \pm 8$  horas (ASTM C31, 2023).

Posteriormente, las probetas son trasladadas al laboratorio para su curado estándar por inmersión en agua saturada de cal hasta la edad de ensayo (7, 14 o 28 días), conforme a la ASTM C511 (2023).

Este proceso asegura una hidratación continua del cemento y permite reproducir condiciones óptimas de endurecimiento.

#### **h. Curado final del concreto**

El proceso de curado del concreto representa una etapa fundamental en el aseguramiento de la calidad del material, ya que garantiza la continuidad de las reacciones de hidratación del cemento y, por consiguiente, el desarrollo progresivo de la resistencia mecánica y durabilidad del concreto (Neville y Brooks, 2010). Según la Norma Técnica Peruana NTP 339,183 (2021), este procedimiento consiste en mantener las probetas o elementos moldeados bajo condiciones controladas de humedad y temperatura inmediatamente después del desmolde, con el propósito de evitar la pérdida de agua superficial y la fisuración temprana.

Después del curado inicial que se realiza durante las 24 horas, los especímenes deben trasladarse a un ambiente con presencia constante de agua limpia o potable, asegurando que las superficies permanezcan completamente saturadas. La temperatura de conservación debe mantenerse en un rango de  $23 \pm 2$  °C, empleando tanques de almacenamiento o cámaras húmedas diseñadas para este fin. Dichas condiciones permiten simular un entorno estable que favorece la hidratación uniforme del cemento y evita diferencias de resistencia entre el núcleo y la periferia del espécimen (Mindess, Young y Darwin, 2016).

En caso de que los especímenes sean nivelados con compuestos de azufre o morteros especiales antes del ensayo de compresión, la superficie de contacto debe encontrarse completamente seca, con el fin de prevenir la formación de vapor o burbujas que puedan alterar la uniformidad del asiento y, por ende, los resultados de resistencia. Asimismo, se establece que, durante las tres horas previas al ensayo, no es estrictamente necesario conservar las condiciones de curado estándar, siempre que las probetas mantengan su humedad interna y la temperatura ambiental oscile entre 20 y 30 °C (ASTM C31/C31M, 2024).

Por otra parte, el traslado de las probetas hacia el laboratorio debe efectuarse una vez transcurridas al menos ocho horas después del fraguado final, asegurando su integridad física durante el transporte. Para ello, es indispensable el uso de materiales amortiguadores que eviten impactos o vibraciones, así como envolturas protectoras que conserven la humedad interna del concreto, tales como plásticos impermeables, sacos de arpillera húmeda o recubrimientos con arena saturada. De acuerdo con la NTP 339,183 (2021), el tiempo máximo permitido para el transporte no debe exceder las cuatro horas, debiendo verificarse las condiciones ambientales y logísticas con el responsable técnico del laboratorio antes de realizar dicho traslado.

### **2.2.7. Control de calidad en estado endurecido**

El control de calidad del concreto en estado endurecido constituye una etapa crítica dentro del proceso constructivo, orientada a garantizar que las propiedades mecánicas y estructurales del material cumplan con los requerimientos especificados en el diseño. En esta fase, el concreto ya ha completado las principales reacciones de hidratación y presenta un comportamiento estable, lo que permite realizar ensayos destructivos y no destructivos para evaluar su desempeño (Mindess, Young y Darwin, 2016).

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339,034 (2021), el ensayo de compresión axial es el procedimiento más empleado para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos moldeados o extraídos de estructuras. Esta propiedad se expresa en megapascales (MPa) y representa la capacidad del material para soportar cargas de compresión antes de fallar. La confiabilidad de los resultados depende directamente de la correcta aplicación de los protocolos de ensayo, la calibración del equipo de compresión y las condiciones de curado de las probetas (Neville y Brooks, 2010).

#### **a. Ensayo a compresión**

El ensayo de compresión es el procedimiento más empleado para determinar la resistencia mecánica del concreto en su estado endurecido, siendo un indicador directo de la calidad estructural del material. Según la Norma Técnica Peruana NTP 339,034 (INACAL, 2021), este ensayo consiste en aplicar una carga axial creciente sobre probetas cilíndricas moldeadas o extraídas de estructuras, hasta que se produzca su falla total. La resistencia a compresión ( $f'_c$ ) se calcula dividiendo la carga máxima soportada entre el área de la sección transversal del espécimen.

De acuerdo con los lineamientos normativos, las probetas deben ser ensayadas dentro de intervalos de tiempo precisos según su edad de curado, con el fin de garantizar resultados representativos del proceso de ganancia de resistencia.

En la tabla 5 se presentan los valores de tolerancia temporal recomendados.

**Tabla 5**

*Edades de ensayo y márgenes de tolerancia permitidos en cilindros de concreto*

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
24 horas	± 0,5 h o 2,1 %
3 días	± 2 h o 2,8 %
7 días	± 6 h o 3,6 %
28 días	± 20 h o 3,0 %
90 días	± 48 h o 2,2 %

*Nota.* Adaptado de Norma Técnica Peruana NTP 339,034: Concreto – Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021).

Durante la ejecución del ensayo, cada probeta debe colocarse centrada y alineada con el eje de carga de la máquina de compresión, evitando inclinaciones o excentricidades que alteren los resultados. La platina superior de la prensa posee una rótula esférica que debe ajustarse hasta quedar paralela a la superficie del espécimen, asegurando un contacto uniforme (American Society for Testing and Materials [ASTM], 2024).

Antes de iniciar la carga, se verifica que el indicador de esfuerzo esté calibrado en cero y que las superficies de contacto se encuentren limpias y secas. En caso de requerir nivelación, se pueden emplear almohadillas de neopreno o tapones de azufre fundido, siempre centradas respecto al eje del cilindro y con una desviación angular no mayor de 0,5°.

La carga debe aplicarse de forma continua, uniforme y sin impactos, a una velocidad de incremento de esfuerzo controlada entre  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s. Durante la fase final del ensayo no se debe modificar la velocidad, incluso cuando el espécimen empiece a fracturarse, ya que ello garantiza una rotura progresiva y representativa del comportamiento real del concreto (INACAL, 2021).

La Figura 6 presenta una prensa hidráulica utilizada comúnmente en los laboratorios de control de calidad para la ejecución de este tipo de ensayos.

### **Figura 6**

*Prensa hidráulica utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto*



*Nota.* Representación técnica del equipo empleado en el ensayo de compresión del concreto, elaborado según la NTP 339,034 (INACAL, 2021) y la ASTM C39/C39M (2024).

#### **b. Tipos de fallas o fracturas**

En los ensayos de compresión, los especímenes de concreto pueden presentar distintos modos de fractura, los cuales dependen de factores como la calidad del concreto, la homogeneidad de la mezcla, el alineamiento del espécimen, la velocidad de carga, el curado y las condiciones de los apoyos. De acuerdo con la NTP 339,034 (INACAL, 2021) y la ASTM C39/C39M (2024), existen seis tipos principales de fallas que permiten evaluar visualmente el comportamiento estructural del concreto ante la carga de compresión.

Estas fallas son indicadores fundamentales de la calidad del material y de la correcta ejecución del ensayo, por lo que su observación y registro constituyen parte esencial del control de calidad del concreto endurecido.

- **Falla tipo cono o cónica**

Se caracteriza por la formación de un cono en uno o ambos extremos del espécimen, producto del esfuerzo cortante a lo largo de planos inclinados entre 30° y 45° con respecto al eje vertical. Este tipo de ruptura es el modo típico o deseable, ya que representa una distribución uniforme de esfuerzos y una respuesta adecuada del concreto ante la carga. Según Neville (2011), esta falla refleja una mezcla bien compactada, con correcta relación agua-cemento y curado apropiado.

- **Falla tipo corte o cizallamiento**

En esta modalidad, el cilindro se fractura a lo largo de un plano diagonal casi vertical, como resultado de un mal alineamiento entre las placas de la prensa o de una distribución irregular de cargas. De acuerdo con el ACI 214R-11 (2017), este tipo de falla suele presentarse cuando existen imperfecciones en los apoyos o una excesiva excentricidad en la carga.

- **Falla tipo columna partida**

Se observa cuando el cilindro se divide verticalmente en dos o más partes sin formación de cono. Este tipo de fractura indica una deficiente adherencia interna entre la pasta y los agregados o una mezcla con alto contenido de agua, lo que genera baja cohesión interna (Mindess, Young y Darwin, 2015).

- **Falla tipo corte lateral**

Esta fractura se presenta con una línea de fisura inclinada o lateral, producto de una carga aplicada de manera asimétrica o con defectos de paralelismo entre las placas. El patrón es más común en cilindros moldeados con agregados gruesos mal distribuidos o con superficies irregulares en los extremos (Kosmatka, Kerkhoff y Panarese, 2011).

- **Falla tipo fragmentada**

Se caracteriza por una ruptura violenta y repentina, con proyección de fragmentos en distintas direcciones. Este tipo de fractura suele presentarse en concretos muy

densos o de alta resistencia, donde la energía acumulada durante la carga se libera abruptamente (Mehta y Monteiro, 2014). Generalmente ocurre cuando el ensayo se realiza con velocidades de carga elevadas o con baja capacidad de absorción de energía.

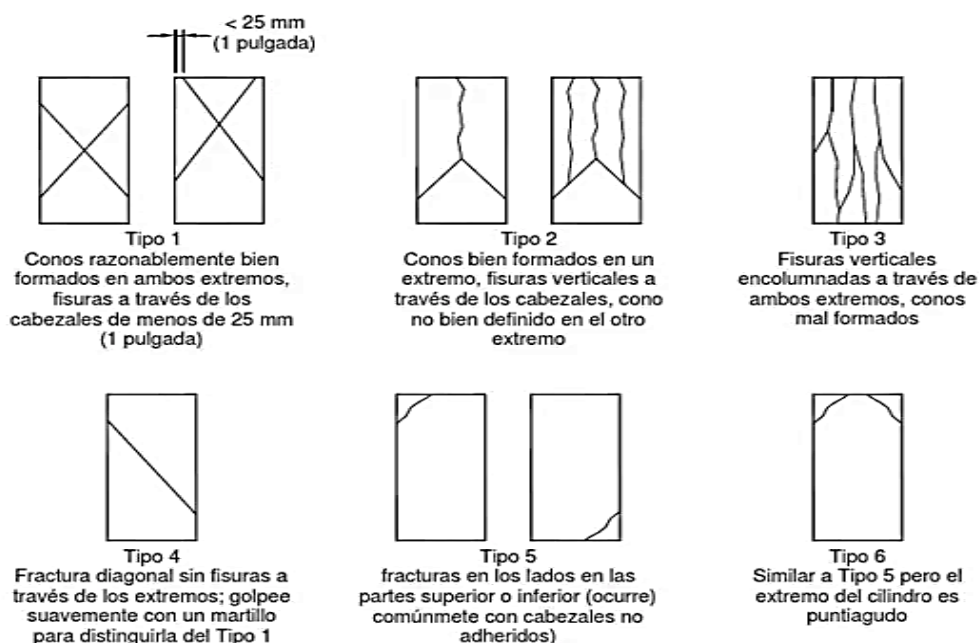
- **Falla tipo forma de tambor o barril**

Se produce cuando el espécimen se expande lateralmente sin una fisura clara, adoptando una forma abombada o convexa, similar a un barril. Este comportamiento es típico de concretos con elevado contenido de pasta o confinados lateralmente, donde la carga genera una deformación plástica significativa antes de la fractura total (Neville, 2012).

Estas seis formas de ruptura son consideradas en la inspección visual posterior al ensayo, ya que permiten corroborar la validez del resultado y detectar posibles errores experimentales o defectos en el material. La identificación precisa del patrón de falla ayuda a verificar si el concreto alcanzó su resistencia real o si existieron irregularidades durante el proceso de carga, curado o elaboración de la muestra.

### Figura 7

*Tipos de fallas en especímenes cilíndricos de concreto sometidos a compresión*



*Nota.* Representación esquemática elaborada con base en la NTP 339,034 (INACAL, 2021) y la ASTM C39/C39M (2024). Elaboración propia.

### c. Numero de pruebas de probetas cilíndricas de 15x30 cm

El número de probetas requeridas para evaluar la resistencia a la compresión del concreto depende de la finalidad del ensayo, el nivel de control de calidad requerido y la normativa técnica aplicable.

En el Perú, la Norma E.060 “Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2019) establece que “cada muestra estará constituida por un mínimo de 2 probetas cilíndricas moldeadas del mismo lote de concreto” (p. 54). Esta disposición busca optimizar los recursos en campo sin comprometer la confiabilidad de los resultados, siempre que las condiciones de fabricación y curado sean uniformes.

Asimismo, la NTP 339,034 (INACAL, 2021) recomienda el uso de probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, las cuales deben someterse a ensayo de compresión a edades típicas de 7, 14 y 28 días. La proporción altura/diámetro (2:1) asegura una adecuada distribución de esfuerzos durante la carga, evitando concentraciones de tensión y mejorando la representatividad del resultado obtenido.

Por su parte, los lineamientos del ACI 318-19 (2019) y del ACI 214R-11 (2017) sugieren que, para fines de control de calidad o evaluación estadística, se deben ensayar al menos tres especímenes por lote o jornada de producción, con el fin de obtener una media confiable y determinar la desviación estándar del material.

No obstante, para proyectos de menor escala o de investigación aplicada, la utilización de dos probetas por muestra, conforme al RNE, resulta suficiente siempre que se aseguren condiciones controladas de curado, transporte y ensayo (Neville, 2012).

#### *Resistencia promedio sin tener la desviación estándar*

En el control de calidad del concreto, la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) representa el valor mínimo que deben alcanzar las probetas ensayadas para garantizar que el concreto cumpla con la resistencia de diseño ( $f'_c$ ) especificada en el proyecto. En aquellos casos en los que no se dispone de un historial estadístico suficiente para calcular la desviación estándar ( $\sigma$ ) como sucede en obras menores o estudios experimentales, las normas internacionales permiten el uso de relaciones empíricas que establecen incrementos mínimos sobre la resistencia de diseño (Mehta y Monteiro, 2014).

Según el American Concrete Institute (ACI 318-19) y la Norma Técnica Peruana E.060 “Concreto Armado” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020),

cuando no se cuenta con registros previos de ensayos, la resistencia promedio requerida debe estimarse añadiendo un margen de seguridad a la resistencia especificada, con el propósito de compensar posibles variaciones en la calidad de los materiales, procedimientos de mezclado o condiciones de curado. Dichos incrementos se resumen en la Tabla 6, expresados en unidades técnicas tanto en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) como en megapascales (MPa).

A continuación, se presenta la tabla 6 donde se muestra la resistencia promedio a la compresión sin la desviación estándar:

**Tabla 6**

*Resistencia promedio a la compresión requerida sin datos estadísticos de desviación estándar*

<b>Resistencia especificada (<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>Resistencia promedio requerida (<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>Resistencia especificada (MPa)</b>	<b>Resistencia promedio requerida (MPa)</b>
$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 70$	$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 84$	$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,5$
$f'_c > 350$	$f'_{cr} = f'_c + 98$	$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,1 f'_c + 5,0$

*Nota.* Adaptado de la Norma Técnica E.060 "Concreto Armado" (MVCS, 2019) y del American Concrete Institute, ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI, 2019).

### 2.2.8. Factores que influyen en la calidad del concreto

La calidad del concreto es el resultado del comportamiento conjunto de sus componentes, del proceso constructivo y de las condiciones ambientales durante el mezclado, transporte, colocación y curado. Este conjunto de variables influye de manera determinante en sus propiedades físicas y mecánicas tanto en estado fresco como endurecido.

Según Neville (2012), la calidad del concreto depende principalmente de la adecuada selección y proporción de sus materiales constituyentes, del control de la relación agua/cemento, del uso de aditivos químicos y minerales, así como de una correcta ejecución constructiva. A continuación, se describen los principales factores que condicionan su calidad:

**a. Relación agua/cemento (a/c)**

Este parámetro es considerado el factor más influyente en la resistencia a compresión y la durabilidad del concreto. Una menor relación a/c produce un concreto más compacto y resistente, aunque puede reducir su trabajabilidad si no se utilizan aditivos plastificantes (Mehta y Monteiro, 2014). Según la ACI 211,1-91 (2016), la relación a/c óptima para obtener un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  oscila entre 0,50 y 0,60, dependiendo del tipo de agregado y del nivel de trabajabilidad requerido.

**b. Tipo y calidad de los agregados**

Los agregados ocupan aproximadamente el 70–80 % del volumen del concreto, por lo que sus características físicas y químicas influyen significativamente en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del material. Aspectos como la granulometría, forma, textura superficial, limpieza y absorción de agua deben estar debidamente controlados según NTP 400,037:2005 y ASTM C33/C33M-18 (ASTM, 2020).

**c. Proporción de mezcla**

La dosificación adecuada de los materiales según métodos estandarizados que garantiza la obtención de concretos con propiedades mecánicas consistentes. El desequilibrio en la proporción de cemento, agua o agregados puede derivar en concretos con problemas de segregación, baja resistencia o excesiva retracción.

**d. Compactación**

Una compactación deficiente genera vacíos internos que reducen la resistencia a compresión, aumentan la permeabilidad y disminuyen la durabilidad del concreto. La vibración mecánica mediante vibradores internos o externos es el método más efectivo para lograr una consolidación adecuada (Kosmatka y Wilson, 2016).

**e. Curado**

El curado es esencial para mantener las condiciones óptimas de hidratación del cemento. La falta de curado adecuado puede reducir hasta en 50 % la resistencia final del concreto (Mindess et al., 2017). Los métodos comunes de curado incluyen el sellado con mantas húmedas, plástico, aspersion de agua o el uso de compuestos de curado.

## f. Condiciones ambientales

Factores como temperatura, humedad relativa y velocidad del viento durante el fraguado y curado del concreto afectan su comportamiento inicial. Altas temperaturas aceleran la evaporación del agua de la mezcla, reduciendo el tiempo de fraguado y favoreciendo la fisuración plástica.

A continuación, se presenta la tabla 7 donde se muestra resumen de los factores más relevantes:

**Tabla 7**

*Principales factores que influyen en la calidad del concreto*

<b>Factor</b>	<b>Influencia principal</b>	<b>Norma de referencia</b>
Relación agua/cemento	Afecta la resistencia, durabilidad y permeabilidad	ACI 211,1-91; ASTM C192
Agregados	Afectan la resistencia, trabajabilidad y cohesión	ASTM C33; NTP 400,037:2005
Proporción de mezcla	Influye en todas las propiedades mecánicas y físicas del concreto	ACI 211,1-91
Compactación	Reduce vacíos y mejora la resistencia	ASTM C31
Curado	Mantiene hidratación, controla retracción	ASTM C511
Condiciones ambientales	Afecta fraguado, evaporación y riesgo de fisuración	ASTM C1064

*Nota.* Adaptado de Mehta y Monteiro (2014), Neville (2012), y ASTM International (2020).

### 2.2.9. Métodos de diseño de mezcla

#### a. Método Empírico

La dosificación empírica del concreto es un método tradicional que se basa principalmente en la experiencia práctica de los maestros de obra o albañiles, quienes establecen las proporciones de los materiales (cemento, arena, grava y agua) en

función de criterios visuales o del comportamiento observado de la mezcla, sin recurrir a métodos de diseño normativos o cálculos técnicos detallados.

El uso del denominado “hormigón” como agregado natural mezcla sin control de arena y grava es común en construcciones empíricas realizadas por personal no técnico. Sin embargo, esta práctica genera concretos de baja resistencia y durabilidad debido a la ausencia de control granulométrico y presencia de impurezas. Según el R.N.E. (2020), el hormigón solo debe emplearse en mezclas con resistencia menor o igual a 10 MPa, con un mínimo de 255 kg/m<sup>3</sup> de cemento. Su composición heterogénea impide lograr una adecuada adherencia entre los componentes y una compactación eficiente. Por ello, su uso en elementos estructurales no es recomendable, ya que compromete la capacidad portante del concreto.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020), este procedimiento es ampliamente utilizado en el sector de la autoconstrucción y obras menores, debido a su simplicidad y bajo requerimiento de recursos técnicos. Normalmente, las proporciones se expresan en términos volumétricos, por ejemplo, 1:2:3 (cemento:arena:grava) o mediante unidades empíricas como baldes o carretillas.

A diferencia del método normado, como el ACI 211,1, la dosificación empírica no garantiza uniformidad ni cumplimiento de una resistencia especificada ( $f'c$ ), ya que no considera factores determinantes como la relación agua/cemento, el módulo de fineza de los agregados o la humedad superficial. Sin embargo, en contextos donde se busca rapidez o no se dispone de infraestructura técnica, sigue siendo una práctica recurrente en el ámbito constructivo peruano (Yáñez y Ríos, 2019).

- **Usos comunes**

La dosificación empírica es característica de las viviendas autoconstruidas y de obras menores, como veredas, sobrecimientos, cimientos corridos, muros no estructurales o losas de baja exigencia. En la mayoría de casos, se aplica en zonas periurbanas o rurales, donde la supervisión técnica es limitada y los materiales se obtienen de canteras locales sin control granulométrico (Cáceres, 2020).

Asimismo, suele emplearse en proyectos que no exigen certificaciones estructurales o en construcciones que se desarrollan de forma progresiva por etapas, ajustando las proporciones del concreto según la experiencia empírica del operario y las condiciones climáticas del día (Gutiérrez y Salinas, 2021). Este tipo de dosificación también se asocia a contextos socioeconómicos con limitada disponibilidad de laboratorios o

asesoramiento técnico profesional, lo que refuerza su uso generalizado en la autoconstrucción informal.

- **Ventajas y Desventajas**

La principal ventaja de la dosificación empírica radica en su simplicidad operativa: no requiere instrumentos de laboratorio ni personal especializado, lo que reduce significativamente los costos iniciales y permite una ejecución rápida del concreto en campo. Además, la disponibilidad de materiales locales y el uso de proporciones prácticas facilitan su aplicación inmediata en proyectos pequeños.

Sin embargo, presenta desventajas estructurales críticas, ya que no garantiza una resistencia uniforme ni el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas por las normas NTP 339,034 o ACI 318. La falta de control en la relación agua/cemento, la variabilidad granulométrica de los agregados y la ausencia de ensayos de laboratorio conducen a concretos con alta porosidad, fisuración prematura y baja durabilidad (Neville, 2012).

Por estas razones, la dosificación empírica debe limitarse únicamente a elementos no estructurales o de baja carga, evitando su aplicación en estructuras principales como columnas, vigas o losas portantes, donde se exige precisión en el cumplimiento de la resistencia de diseño ( $f'c$ ) y control de calidad en los materiales.

## **b. Método del Agregado Global**

El método del agregado global se presenta como una alternativa práctica y técnica para el diseño de mezclas de concreto, sustentada en la combinación proporcional de agregados finos y gruesos hasta alcanzar la mayor compactación posible del conjunto. A diferencia del método ACI 211,1, este enfoque no se basa únicamente en valores tabulados, sino que considera el comportamiento físico real de los materiales disponibles, lo que permite ajustar el diseño del concreto a las condiciones locales y a la calidad de los agregados utilizados.

Según González García (2003), este método busca optimizar la granulometría total del agregado mediante la mezcla controlada de fracciones finas y gruesas, especialmente útil cuando los materiales presentan una distribución deficiente o provienen de fuentes naturales con poca uniformidad. Esta optimización reduce los vacíos internos del

concreto, mejora la densificación del esqueleto granular y contribuye a una mayor resistencia y durabilidad del material endurecido.

El procedimiento inicia con la preparación de diversas proporciones de arena y piedra, por ejemplo, 40 % de agregado fino y 60 % de agregado grueso, o 50 %-50 %, determinándose experimentalmente aquella que logre el mayor peso unitario seco compactado. Dicha proporción se considera la más eficiente, pues representa el punto de equilibrio entre compactación y trabajabilidad. A partir de estos resultados se calcula la relación agua/cemento (a/c) necesaria para alcanzar la resistencia de diseño deseada, definiéndose así una dosificación ajustada a las características reales del material (Zegarra y Poma, 2022).

En regiones del sur del Perú, este método resulta especialmente útil debido al uso frecuente del hormigón natural, material formado por la mezcla natural de arena y piedra rodada proveniente de canteras o cauces fluviales. Bajo el enfoque del agregado global, dicho puede aprovecharse eficazmente, siempre que se controle su granulometría, humedad y contenido de impurezas. Cuando se combina con proporciones técnicas de cemento y agua, es posible obtener concretos con buen desempeño mecánico, transformando un material usualmente empírico en un recurso aprovechable dentro de un diseño normado (Cruz y Huerta, 2020).

Los estudios, como los desarrollados por Huamán y López (2021) y Zegarra y Poma (2022), confirman que las mezclas diseñadas mediante este método alcanzan resistencias a la compresión similares a las obtenidas con el método ACI 211,1, siempre que se controle la humedad, la relación a/c y la granulometría. Además, al optimizar la compactación del agregado, se reduce el consumo de cemento, lo que implica beneficios económicos y ambientales relevantes para la construcción sostenible.

En síntesis, el método del agregado global constituye una alternativa técnica viable para contextos donde los materiales presentan variabilidad granulométrica o no cumplen estrictamente con las especificaciones normativas. Su aplicación permite obtener concretos resistentes, trabajables y de bajo costo, representando una opción eficiente y adaptable para obras de vivienda y proyectos civiles que buscan equilibrio entre calidad y economía.

### **c. Método ACI (American Concrete Institute)**

El método ACI 211,1, desarrollado por el American Concrete Institute, constituye una de las metodologías más aceptadas a nivel internacional para el diseño de mezclas de

concreto estructural. Este procedimiento busca determinar la proporción óptima de los materiales componentes (cemento, agua, agregados finos y gruesos) a fin de alcanzar una resistencia especificada a la compresión ( $f_c$ ), una trabajabilidad adecuada y una durabilidad garantizada (ACI Committee 211, 2002).

En términos metodológicos, el proceso de diseño se basa en una secuencia sistemática de pasos que incluyen:

- Selección de la resistencia objetivo ( $f_{cr}$ ), que se define considerando la variabilidad estadística de los ensayos y la resistencia especificada.
- Determinación de la relación agua/cemento ( $a/c$ ), en función del tipo de cemento, las condiciones de exposición y la durabilidad requerida.
- Estimación del contenido de agua y aire requerido, de acuerdo con el tamaño máximo nominal del agregado y la consistencia deseada.
- Selección del volumen de agregado grueso según su tamaño máximo, forma y peso unitario seco compactado.
- Cálculo del contenido de cemento en función de la relación agua/cemento y el contenido de agua establecido.
- Ajuste por humedad y absorción de los agregados, así como la corrección por trabajabilidad para obtener una mezcla uniforme

A diferencia de los métodos empíricos, el ACI 211,1 permite una predicción cuantitativa del desempeño mecánico del concreto, lo que facilita cumplir con los requisitos normativos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.060, 2020). Además, este método es aplicable tanto a concretos simples como a concretos modificados con aditivos o cementos compuestos, adaptándose a las condiciones locales de los materiales (Neville y Brooks, 2010).

Asimismo, la aplicación del método ACI promueve la optimización económica de la mezcla, al evitar el uso excesivo de cemento y controlar la cantidad de agua, factores directamente vinculados a la resistencia y durabilidad del material. Por ello, su uso resulta fundamental en proyectos estructurales de viviendas formales y obras de infraestructura, donde se exige precisión en la dosificación y control de calidad mediante ensayos normalizados.

### 2.2.10. Comparación entre método empírico y método normativo

Desde un punto de vista técnico, el método normativo como el ACI ofrecen una mayor precisión, confiabilidad y repetibilidad en comparación con la dosificación empírica. Mientras que el método empírico puede ser adecuada para obras no estructurales, su uso en elementos portantes pone en riesgo la seguridad estructural.

A continuación, se presenta la tabla 8 donde se muestra la comparación del método empírico y normativo:

**Tabla 8**

*Comparación entre el método de dosificación empírica y normativo*

<b>Criterio</b>	<b>Método empírico</b>	<b>Método normativo</b>
Base del diseño	Experiencia práctica	Ensayos y cálculos
Control de calidad	Bajo	Alto
Costos iniciales	Bajos	Moderados
Precisión de resistencia	Variable	Controlada y predecible
Aplicación	Obras menores o rurales	Obras estructurales o técnicas

*Nota.* Adaptado de Kosmatka y Wilson (2016) y NTP 339,034:2011.

### 2.2.11. Factores que afectan al costo del concreto

El costo del concreto está influenciado por una variedad de factores técnicos, logísticos y económicos. Entre los más relevantes se encuentran:

- *Tipo y cantidad de cemento:* Representa hasta el 50 % del costo total del concreto. Su elección influye directamente en la resistencia y durabilidad del material (Mehta y Monteiro, 2014).
- *Características de los agregados:* La disponibilidad, transporte y tipo de agregado inciden significativamente en el costo.
- *Relación agua/cemento (a/c):* A menor relación a/c, mayor resistencia, pero también mayor uso de cemento o aditivos.
- *Uso de aditivos:* Aumentan el costo inicial, pero pueden mejorar la eficiencia y reducir otros costos indirectos.

- *Mano de obra y maquinaria:* El nivel de tecnificación influye en la productividad y, por tanto, en los costos de producción.
- *Método de dosificación empleado:* Una dosificación empírica puede reducir costos iniciales, pero conlleva riesgos de variabilidad; en cambio, los métodos técnicos optimizan el uso de materiales.

A continuación, se presenta la tabla 9 donde se muestra los principales factores que inciden en el costo del concreto:

**Tabla 9**

*Principales factores que inciden en el costo del concreto*

<b>Factor técnico</b>	<b>Incidencia estimada</b>	<b>Comentario técnico relevante</b>
Cemento	40–50 %	Material de mayor costo, sensible a especificaciones
Agregados	20–30 %	Dependen de disponibilidad local y transporte
Agua	1–2 %	Costos bajos, pero críticos para propiedades del concreto
Aditivos	5–10 %	Aumentan costos, pero mejoran comportamiento mecánico
Mano de obra	10–15 %	Variabilidad según región y tecnificación
Energía y equipos	5–10 %	Costos asociados al mezclado, transporte y colocación

*Nota. Adaptado de Mehta y Monteiro (2014), y datos de análisis de costos unitarios del sector construcción en Perú (S10 – 2023).*

### 2.2.12. Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios (APU) constituye una herramienta esencial dentro de la ingeniería de costos, ya que permite determinar el valor monetario de cada partida o actividad constructiva en función de los recursos empleados, rendimientos y condiciones de ejecución. En el contexto del concreto, el APU sirve para establecer el costo directo por metro cúbico (S./m<sup>3</sup>) considerando los materiales, la mano de obra y el equipo requerido para su elaboración (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el análisis de precios unitarios debe realizarse con base en la descomposición técnica de cada proceso constructivo, determinando el rendimiento real de la mano de obra y los

consumos unitarios de materiales, expresados por unidad de medida. Este procedimiento permite elaborar presupuestos precisos, controlar costos y comparar alternativas constructivas, tal como se plantea en el presente estudio.

En estudios comparativos de mezclas de concreto, como los realizados por Morales y Huamán (2020), el APU permite establecer una relación entre la resistencia alcanzada ( $f_c$ ) y el costo real por unidad de volumen, determinando cuál método de dosificación (empírico, ACI, Global) resulta más eficiente económicamente sin comprometer la calidad estructural. Por otra parte, Gutiérrez (2019) señala que, en el contexto de la autoconstrucción peruana, los costos asociados a la dosificación empírica suelen ser menores debido al uso de materiales locales y a la ausencia de control técnico; sin embargo, dichos ahorros iniciales se compensan negativamente por la baja durabilidad y el incremento del mantenimiento estructural a largo plazo. En cambio, los métodos normalizados (como el ACI 211,1) implican un mayor costo inicial, pero garantizan un desempeño mecánico uniforme y seguro.

En síntesis, el análisis de precios unitarios permite no solo cuantificar económicamente el concreto producido bajo distintos métodos de diseño de mezcla, sino también evaluar su eficiencia técnico-económica mediante la comparación entre costo y resistencia obtenida, lo cual constituye un parámetro clave en la toma de decisiones constructivas racionales.

A continuación, se presenta la tabla 10 donde se muestra los componentes del APU del concreto

**Tabla 10**  
*Componentes del análisis de precios unitarios del concreto*

<b>Componente</b>	<b>Descripción técnica</b>	<b>Unidad</b>
Materiales	Incluye el costo de cemento, agregados (fino y grueso), agua y hormigón, según el tipo de mezcla empleada.	S/./m <sup>3</sup>
Mano de obra	Considera el rendimiento de albañiles, ayudantes y operarios durante la mezcla, vaciado y curado.	H-h/m <sup>3</sup>
Equipos y herramientas	Trompo mezclador, vibrador, moldes y herramientas menores utilizadas en la producción.	S/./m <sup>3</sup>
Costos	Gastos generales, energía, agua y control de calidad.	% sobre costo
Utilidad y tributos	Porcentaje asignado a la ganancia del contratista y al IGV vigente.	% sobre subtotal

*Nota.* Adaptado de Manual de Costos Unitarios de Construcción del Perú (SENCICO, 2021) y Norma E.020 – Cargas y Costos Unitarios (MVCS, 2020).

### 2.2.13. Relación entre resistencia y costo

La relación entre resistencia y costo del concreto no es lineal. A medida que se incrementa la resistencia, el costo también aumenta, debido principalmente a una mayor demanda de cemento y/o aditivos. Sin embargo, este incremento puede justificarse si permite una reducción del tamaño de los elementos estructurales o una mejora significativa en la durabilidad.

A continuación, se presenta la tabla 11 donde se muestra la comparación entre la resistencia y el costo por m<sup>3</sup>:

**Tabla 11**

*Comparación entre resistencia objetivo y costo aproximado por m<sup>3</sup>*

<b>Resistencia f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Método de dosificación</b>	<b>Costo estimado (S/ por m<sup>3</sup>)</b>
175	Empírico	310– 330
210	Global	340 – 360
210	ACI	360 – 400

*Nota.* Adaptado de los valores referenciales según análisis de precios unitarios regionales (S10 – Tacna, 2024). Incluye materiales, mano de obra y equipos.

### 2.2.14. Optimización costo-beneficio en viviendas

En contextos de vivienda urbana, especialmente en distritos como Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, donde predomina la autoconstrucción, es común que se opte por la dosificación empírica debido a su bajo costo inicial. No obstante, este enfoque puede generar concretos de baja resistencia y durabilidad limitada, lo que implica costos de reparación o refuerzo a mediano plazo.

Por tanto, la optimización del concreto debe contemplar una visión costo-beneficio integral: no solo el costo por m<sup>3</sup>, sino también la vida útil, el mantenimiento futuro, la seguridad estructural y el cumplimiento normativo. El método ACI, aunque más costoso en la etapa inicial, permiten obtener concretos de mayor calidad y vida útil prolongada, lo cual representa un ahorro económico en el largo plazo (Neville, 2012).

### **2.2.15. Normativas y recomendaciones técnicas**

El concreto es uno de los materiales estructurales más regulados en la ingeniería civil, debido a su papel fundamental en la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las edificaciones. Por ello, tanto a nivel nacional como internacional, se han establecido normas que estandarizan los procedimientos de diseño de mezcla, producción, curado, control de calidad y ensayo de resistencia.

En el contexto peruano, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) constituyen el marco obligatorio, mientras que las normas del American Concrete Institute (ACI) y de la American Society for Testing and Materials (ASTM) sirven como referencia técnica complementaria (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2021).

#### **a. Normas técnicas peruanas (NTP)**

El principal cuerpo normativo nacional es la Norma E.060 “Concreto Armado”, la cual regula el diseño, la construcción y el control de elementos estructurales de concreto reforzado. Esta norma define los requisitos mínimos de resistencia, durabilidad, ductilidad y control de materiales, así como los criterios para el diseño estructural bajo cargas sísmicas y gravitacionales (RNE, 2019).

#### **b. Normas internacionales relevantes (ACI, ASTM)**

Las normas internacionales tienen una alta incidencia en la formulación de las normativas locales. Las más utilizadas en Perú son:

- *ACI 211,1*: Proporciona el método estándar para el diseño de mezclas de concreto convencional. Establece una secuencia de pasos que consideran el tamaño máximo del agregado, el revenimiento, la resistencia deseada, la relación agua/cemento, el contenido de aire y el ajuste final de los volúmenes de mezcla.
- *ACI 318*: Regula los requisitos para el concreto estructural en edificios, incluyendo aspectos de diseño, construcción y supervisión.
- *ASTM C39/C39M*: Especifica el procedimiento estándar para la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concretos moldeados en obra o en laboratorio.

- *ASTM C192/C192M*: Establece las prácticas para la elaboración y curado de especímenes de concreto en condiciones de laboratorio.
- *ASTM C33/C33M*: Establece los requisitos para agregados de concreto.

Estas normas se han convertido en referencias universales, debido a su rigurosidad científica y amplia aceptación por parte de la comunidad ingenieril.

A continuación, se presenta la tabla 12 donde se muestra las principales normas internacionales para el diseño de concreto:

**Tabla 12**

*Principales normas internacionales utilizadas en el diseño y evaluación del concreto*

<b>Norma</b>	<b>Institución</b>	<b>Aplicación principal</b>
ACI 211,1	ACI	Diseño de mezclas de concreto
ACI 318	ACI	Diseño estructural de concreto reforzado
ASTM C39	ASTM	Ensayo de resistencia a compresión
ASTM C192	ASTM	Elaboración y curado de probetas en laboratorio
ASTM C33	ASTM	Requisitos para agregados para concreto

*Nota. Adaptado de ACI (2014) y ASTM (2020).*

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Cemento**

Material hidráulico finamente pulverizado que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece por reacción química, adquiriendo resistencia incluso bajo condiciones de inmersión. En el Perú, el cemento portland tipo HE es el más utilizado en edificaciones convencionales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

### **2.3.2. Hormigón**

Es un material natural conformado por una mezcla de arena gruesa y piedra sin chancar en proporciones aleatorias. Se comercializa como un producto único y se utiliza

principalmente en concretos de baja resistencia, destinados a la ejecución de cimientos, sobrecimientos y falsos pisos. Su uso se debe a su bajo costo y disponibilidad local, aunque no es recomendable para elementos estructurales que requieran control de resistencia o diseño técnico (Aceros Arequipa, 2023).

### **2.3.3. Agregado fino**

Material granular natural o triturado, compuesto por partículas que pasan en su totalidad por la malla 3/8" (9,5 mm) y se retienen mayormente en la malla N° 200 (0,075 mm). Generalmente se emplea arena de río o de cantera y constituye el mayor volumen de masa en el concreto (Neville y Brooks, 2010).

### **2.3.4. Agregado grueso**

Conjunto de partículas minerales, naturales o trituradas, que se retienen en la malla N° 4 (4,75 mm), y cuya granulometría influye directamente en la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto (Mindess, Young y Darwin, 2017).

### **2.3.5. Agua**

Elemento indispensable para la hidratación del cemento y la trabajabilidad del concreto. El agua utilizada debe estar libre de contaminantes, aceites, sales y materia orgánica, cumpliendo con la NTP 339,127 para asegurar la calidad del producto final (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

### **2.3.6. Resistencia a compresión**

Propiedad mecánica que indica la capacidad del concreto endurecido para soportar cargas axiales sin colapsar. Se expresa en kg/cm<sup>2</sup> o MPa y se evalúa a través del ensayo de cilindros de concreto a los 7, 14 y 28 días conforme a la norma ASTM C39 (ASTM International, 2023).

### **2.3.7. Diseño de mezcla empírica**

Método no normado utilizado comúnmente en obras informales que se basa en proporciones tradicionales (como 1:2:3) sin considerar las características físicas de los materiales. Si bien puede generar concretos de mediana resistencia, su variabilidad es alta (Carrión, 2020).

### **2.3.8. Diseño de mezcla de Agregado Global**

El diseño de mezcla por el método del agregado global es un procedimiento técnico que consiste en determinar la proporción óptima entre los agregados finos y gruesos previamente combinados, con el fin de obtener el máximo peso unitario seco compactado y reducir el volumen de vacíos en la mezcla. Este método se basa en la observación experimental del comportamiento real de los materiales locales y busca lograr concretos con buena trabajabilidad, resistencia y economía, ajustados a las condiciones específicas de cada zona. Según González García (2003), su aplicación permite optimizar la granulometría de los agregados, especialmente cuando se utilizan materiales naturales como el hormigón (arena y piedra rodada), mejorando su desempeño estructural al integrarlos en un diseño controlado y técnicamente evaluado.

### **2.3.9. Diseño de mezcla ACI**

Procedimiento estandarizado desarrollado por el American Concrete Institute (ACI 211,1), que permite calcular proporciones óptimas de materiales en función de la resistencia deseada, trabajabilidad, granulometría y contenido de aire, mejorando la eficiencia del concreto (American Concrete Institute, 2002).

### **2.3.10. Relación agua/cemento (a/c)**

Proporción entre la masa de agua y la masa de cemento en la mezcla de concreto. Su valor influye directamente en la resistencia y durabilidad del concreto: a menor relación a/c, mayor resistencia, pero menor trabajabilidad (Neville, 2012).

### **2.3.11. Análisis de precios unitarios**

Conjunto de gastos asociados a la producción del concreto por metro cúbico, incluyendo materiales (cemento, agregados, agua), mano de obra y equipos. Su análisis permite determinar la opción más económica entre distintos diseños (Morales y Ramos, 2018).

### **2.3.12. Concreto**

Material compuesto por cemento, agua, agregados finos y gruesos, con o sin aditivos, que al fraguar y endurecer desarrolla resistencia mecánica. Su versatilidad lo convierte en el material estructural más empleado a nivel mundial (Neville, 2012).

### **2.3.13. Probetas**

Cilindros de concretos moldeados en laboratorio con dimensiones estandarizadas (150 mm x 300 mm) empleados para ensayos de resistencia a compresión. Deben curarse en condiciones controladas hasta el momento del ensayo (ASTM C31/C31M-23, 2023).

### **2.3.14. Trabajabilidad**

Facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, colocado y compactado sin segregación. Es una de las propiedades más relevantes en estado fresco y está directamente relacionada con el contenido de agua y el tipo de agregados (Mindess et al., 2003).

### **2.3.15. Control de calidad del concreto**

Conjunto de procedimientos técnicos y ensayos que aseguran que el concreto cumpla con las especificaciones de diseño, resistencia y durabilidad. Incluye la evaluación de materiales, ensayos de laboratorio, seguimiento en obra y registros de producción (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de investigación

La presente investigación se considera de tipo experimental porque se aplican y comparan los métodos distintos de dosificación del concreto: el empírico y el de diseño de mezcla. En este estudio se manipulan las condiciones de elaboración del concreto para observar cómo influyen en su resistencia y en su costo final. De esta manera, se busca comprobar, mediante ensayos y resultados reales, cuál método ofrece un mejor desempeño en las viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

### 3.2. Acciones y actividades

El presente estudio se desarrollará en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, en viviendas unifamiliares representativas que hayan empleado concreto para elementos estructurales (columnas y vigas) deseando una resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  no diseñado técnicamente, con la finalidad de obtener un análisis comparativo entre la resistencia mecánica y el costo unitario del concreto elaborado mediante tipos de dosificación: empírica, método Global y método ACI 211,1.

La investigación se estructura en fases secuenciales que responden a los objetivos específicos planteados:

#### a. Punto de recolección

Esta fase inicial resultó fundamental para definir el ámbito de análisis de la investigación y asegurar la representatividad de las muestras de concreto a estudiar dentro del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna. El trabajo de campo consistió en un reconocimiento sistemático de los diferentes sectores del distrito, con el propósito de identificar viviendas unifamiliares que se encontraran en proceso de construcción o que hubieran sido edificadas recientemente.

Durante el recorrido, se identificaron dos grupos claramente diferenciados de edificaciones. En primer lugar, se encontraron viviendas que contaban con licencia de edificación emitida por la municipalidad y con supervisión técnica profesional a cargo de ingenieros civiles o arquitectos. Estas fueron descartadas del estudio, ya que su proceso

constructivo se realizó bajo criterios técnicos y normativos, lo cual no representaba el tipo de construcción empírica que se pretendía analizar.

En contraste, se identificaron también viviendas que no contaban con licencia municipal ni con supervisión técnica. Estas edificaciones fueron seleccionadas como objeto de estudio por reflejar las características propias de la construcción informal o empírica, es decir, obras autogestionadas por los propios propietarios sin la participación de profesionales especializados ni control de calidad en la elaboración del concreto. Para validar esta condición, se realizaron observaciones directas y breves entrevistas a los responsables de las obras, verificando la ausencia de planos aprobados, permisos de construcción y dirección técnica registrada. La elección del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa se justifica por su condición de zona urbana en expansión, donde aún persisten sectores periféricos con predominancia de prácticas constructivas tradicionales semejantes a las que históricamente se desarrollaron en zonas como Viñani. En estas áreas es común encontrar edificaciones levantadas sin asesoramiento profesional, con empleo de métodos empíricos y materiales de procedencia no controlada.

Finalmente, se seleccionaron cuatro viviendas informales ubicadas en distintos sectores del distrito, de las cuales se obtuvieron muestras representativas de concreto para su posterior análisis experimental en laboratorio. En dichas edificaciones se evidenció que se había empleado concreto para elementos estructurales (columnas y vigas), con la intención de alcanzar una resistencia característica de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Las ubicaciones geográficas de las viviendas seleccionadas, así como los registros fotográficos y las fichas de identificación, se presentan detalladamente en la Figura 8.

### **Figura 8**

#### *Ubicación de las viviendas informales*



*Nota.* Mapa representativo de las viviendas analizadas extraído de Google Earth Pro

## **b. Recolección de muestras de concreto elaborado con dosificación empírica**

En esta etapa se efectuó la recolección y registro de muestras de concreto procedentes de viviendas informales previamente seleccionadas en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. El objetivo principal fue obtener muestras representativas del concreto elaborado mediante dosificación empírica, es decir, mezclas producidas sin respaldo técnico ni control de laboratorio, elaboradas a criterio de los maestros de obra o propietarios, quienes definen las proporciones de materiales de forma visual o mediante recipientes de uso común (baldes, carretillas, latas, entre otros).

Para la obtención de la información necesaria, se realizaron entrevistas breves a los responsables de las construcciones informales, con el fin de registrar las proporciones empíricas utilizadas (cantidad de sacos de cemento, número de baldes de hormigón y volúmenes aproximados de agua).

Por ello, se solicitó de manera cordial al maestro de obra que nos facilite una porción de la mezcla de concreto que se utilizara en los elementos estructurales, con el fin de preparar las briquetas para los ensayos. En cada vivienda se elaboraron cuatro briquetas, de las cuales dos serán ensayadas a los 7 días y dos a los 28 días. Todas las briquetas se fabricaron con dimensiones estándar de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Asimismo, se identificó la procedencia de los materiales empleados en cada vivienda principalmente el hormigón verificando si provenían de canteras o de acopios informales. Este reconocimiento fue importante para determinar la influencia de la calidad de los materiales en la resistencia del concreto. En todo momento se coordinó y obtuvo la autorización verbal de los propietarios y maestros para realizar la toma de muestras y el registro fotográfico detalladamente en el Anexo 07, asegurando un procedimiento ético y transparente.

### **Figura 9**

*Ubicación de la vivienda 01*



**Figura 10***Ubicación de la vivienda 02*

*Nota.* Mapa representativo de las viviendas analizadas extraído de Google Earth Pro.

**Figura 11***Ubicación de la vivienda 03*

*Nota.* Mapa representativo de las viviendas analizadas extraído de Google Earth Pro

**Figura 12***Ubicación de la vivienda 04*

*Nota.* Mapa representativo de las viviendas analizadas extraído de Google Earth Pro.

### **c. Elaboración de los ensayos en laboratorio**

Posteriormente, empleando los mismos materiales recolectados de las viviendas informales, se elaboraron las mezclas correspondientes bajo los métodos técnicos de dosificación Agregado Global y ACI 211,1, con el propósito de comparar de manera directa el comportamiento mecánico del concreto empírico frente a los concretos diseñados técnicamente. Para ello, se realizó la caracterización completa de los materiales en laboratorio, aplicando ensayos normalizados de granulometría (NTP 400,012), absorción y peso específico (NTP 400,021 y NTP 400,022), así como la determinación del módulo de finura y el contenido de humedad, garantizando la precisión en el control de variables.

En el caso del método del Agregado Global, se elaboró una mezcla utilizando los mismos materiales recolectados en las viviendas autoconstruidas (hormigón, cemento y agua), logrando alcanzar una resistencia cercana a los 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual permitió establecer una base comparativa equilibrada con respecto al concreto empírico. Por otro lado, mediante el método ACI 211,1, se diseñó una mezcla con materiales controlados (arena, piedra chancada, cemento y agua), orientada a alcanzar una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, siguiendo los criterios establecidos por el American Concrete Institute.

La preparación de las tres mezclas (empírica, Agregado Global y ACI 211,1) se realizó utilizando un trompo mezclador mecánico, asegurando una mezcla uniforme y homogénea. El pesaje de los materiales se efectuó con balanzas digitales de precisión, manteniendo un control estricto sobre las proporciones de cada componente, reduciendo los errores asociados a la variación de masa y garantizando la reproducibilidad de los resultados experimentales.

#### **d. Elaboración de las probetas y ensayos de resistencia a compresión**

La fase de elaboración de probetas y ejecución de los ensayos de resistencia a compresión constituyó el eje central del trabajo experimental, al permitir comparar el comportamiento mecánico del concreto elaborado mediante dosificación empírica, método de Agregado Global y el método ACI 211,1.

Los procedimientos se desarrollaron íntegramente en el laboratorio, siguiendo los lineamientos de las normas NTP 339,033:2021, NTP 339,034:2021 y ASTM C39/C39M-21, que regulan el moldeo, curado y ensayo de especímenes de concreto.

En total, se elaboraron 24 probetas cilíndricas de concreto, correspondientes a cuatro viviendas informales del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, empleándose cuatro probetas por vivienda.

Las muestras representaron tres condiciones de dosificación:

- Concreto empírico, reproducido por los maestros de obra respecto a proporciones volumétricas y materiales utilizados.
- Concreto diseñado bajo el método del Agregado Global, se elaboró empleando los mismos insumos utilizados en el concreto empírico (cemento Tipo HE, hormigón, y agua potable) con una dosificación técnicamente calculada.
- Concreto diseñado bajo el método ACI 211, empleando los mismos materiales (cemento Tipo HE, agregados finos y gruesos, y agua potable) con una dosificación técnicamente calculada.

Cada probeta se moldeó utilizando moldes metálicos cilíndricos de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, en conformidad con las normas NTP 339,033 y ASTM C31/C31M.

Previo al vaciado, los moldes fueron engrasados internamente para facilitar el desmolde posterior.

El llenado se efectuó en tres capas de igual espesor, cada una compactada con una varilla de acero liso de 5/8" y 60 cm de longitud, aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos con el fin de eliminar el aire atrapado y garantizar la homogeneidad de la mezcla.

Posteriormente, las superficies fueron enrasadas con llana metálica, rotuladas con el código correspondiente a la vivienda y tipo de dosificación, y colocadas sobre una superficie nivelada y no absorbente.

Las probetas permanecieron en curado inicial durante 24 horas, en ambiente protegido contra la desecación y radiación solar directa.

Finalizado este periodo, se trasladaron a los tanques de curado del laboratorio, sumergidas en agua potable a una temperatura controlada de  $23 \pm 2$  °C, conforme a lo establecido en la NTP 339,183:2021 y ASTM C511-19.

El proceso de curado se mantuvo hasta alcanzar las edades de ensayo de 7 y 28 días, garantizando condiciones homogéneas de humedad y temperatura.

Los ensayos de resistencia a compresión fueron realizados en una prensa hidráulica, aplicando la carga de forma continua y sin impacto, con una velocidad de esfuerzo controlada, según lo estipulado en la NTP 339,034:2021.

Durante el ensayo, cada probeta fue cuidadosamente centrada respecto al eje de carga para evitar excentricidades, y se registró la carga máxima de rotura (P), calculando la resistencia unitaria a través de la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

donde:

$f'c$  = resistencia a la compresión (MPa),

P = carga máxima aplicada (KN),

A = área transversal de la probeta (mm<sup>2</sup>).

Los resultados son detallados de las proporciones empíricas, características de materiales y resultados de los ensayos se presentan en el Anexo 06.

Finalmente, estos valores permitieron realizar un análisis comparativo del desempeño mecánico entre el concreto empírico elaborado por los maestros de obra y

el concreto diseñado bajo el método del Agregado Global y ACI 211,1, evidenciando las diferencias derivadas de la dosificación, compactación y control de calidad.

#### **e. Análisis de costos del metro cúbico de concreto**

Para el análisis económico comparativo de las mezclas de concreto, se recopilaron precios unitarios locales correspondientes a los principales insumos empleados en la elaboración de las mezclas, tales como cemento, hormigón, agregados (finos y gruesos), agua y mano de obra.

Estos valores fueron empleados para calcular el costo directo por metro cúbico de concreto en cada uno de los métodos de dosificación evaluados, considerando tanto la dosificación empírica, el método de Agregado Global y el método ACI 211,1.

Asimismo, la estimación económica incorporó las mermas de materiales y los factores de producción reales, de acuerdo con los rendimientos típicos en obras locales de Tacna.

Para asegurar la confiabilidad de los valores empleados, los precios referenciales y rendimientos se tomaron de fuentes especializadas del sector construcción, la Revista Costos (2025), la cual constituyen referentes técnicos ampliamente utilizados en la elaboración de presupuestos y análisis unitarios en el ámbito nacional.

#### **f. Comparación de resultados**

Los resultados obtenidos en las pruebas de compresión se sistematizarán en tablas y gráficos comparativos, analizando el cumplimiento de las especificaciones normativas (NTP E.060) y la variación relativa entre los métodos de dosificación. Asimismo, se confrontarán los costos obtenidos por metro cúbico entre las mezclas. Se aplicará análisis estadístico básico para validar la consistencia de los resultados.

### **3.3. Materiales e instrumentos**

Para la ejecución del presente estudio se emplearon diversos materiales, herramientas e instrumentos de laboratorio, indispensables para la elaboración de las mezclas, el curado de probetas y los ensayos de resistencia del concreto.

Los materiales utilizados cumplen con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y los lineamientos de la ASTM, garantizando así la confiabilidad de los resultados experimentales.

**a. Materiales empleados en la elaboración de las mezclas de concreto**

- *Cemento Yura PRO Tipo HE*: Cemento hidráulico de alta resistencia inicial, utilizado como aglomerante principal en todas las mezclas. Cumple con la NTP 334,082:2020, y la ASTM/C1157M-20 lo que asegura su adecuada hidratación y desarrollo de resistencia temprana.
- *Agregado fino (arena)*: Procedente de canteras locales de Tacna, libre de materia orgánica y partículas deleznales. Se caracterizó granulométricamente conforme a la NTP 400,037:2018, manteniendo una distribución adecuada de tamaños de partícula.
- *Agregado grueso (piedra chancada)*: Proveniente de la cantera Arunta, lavado, clasificado y tamizado según la NTP 400,011:2016. Presenta forma angular y textura rugosa, lo que favorece la adherencia con la pasta.
- *Hormigón*: Material utilizado en viviendas de autoconstrucción del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, compuesto por una mezcla natural de arena y piedra sin chancar. Este material, común en obras empíricas, fue evaluado por su influencia en la resistencia del concreto, conforme a lo dispuesto por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019).
- *Agua potable*: Agua limpia y libre de impurezas químicas u orgánicas, utilizada tanto para la mezcla como para el curado del concreto. Cumple con la NTP 339,127:2015 y la ASTM C1602/C1602M-18, garantizando que no afecte las reacciones de hidratación del cemento.

**b. Equipos e instrumentos de medición y ensayo**

- *Balanza digital de precisión*: Equipo con una sensibilidad de  $\pm 1$  g, utilizado para el pesaje exacto de los materiales cementantes y agregados, asegurando la precisión de las proporciones en cada mezcla.

- *Tamices normalizados (serie ASTM):* Juego de tamices metálicos conforme a la ASTM E11, empleados para determinar la granulometría del agregado fino y grueso y verificar la adecuación de las curvas granulométricas utilizadas en el método ACI.
- *Trompo mezclador de concreto:* Equipo mecánico empleado para la homogeneización de los materiales y la preparación de las mezclas bajo condiciones controladas de laboratorio, conforme a las recomendaciones de la ASTM C192/C192M-19.
- *Moldes cilíndricos metálicos:* Utilizados para el moldeo de probetas de concreto de acuerdo con la ASTM C470/C470M-14 y la NTP 339,033:2021, garantizando uniformidad dimensional y facilidad de desmolde.
- *Varilla metálica lisa:* Empleada para la compactación manual de las probetas durante el llenado de los moldes. La varilla posee un extremo esférico, conforme a los lineamientos de la ASTM C31/C31M-21, asegurando una adecuada densificación del concreto fresco.
- *Martillo de goma:* El martillo de goma es una herramienta de impacto compuesta por una cabeza cilíndrica de caucho vulcanizado y un mango de madera o fibra, diseñada para aplicar golpes controlados sin dañar la superficie de contacto.
- *Prensa hidráulica de compresión:* Máquina calibrada conforme a la ASTM C39/C39M-21, empleada para realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, bajo una velocidad de carga controlada de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s.
- *Regla metálica:* Instrumentos de medición utilizados para verificar las dimensiones de los moldes, alturas de las capas de llenado y espesores de los elementos ensayados.
- *Recipientes y bandejas plásticas:* Utilizados para la mezcla manual de materiales, limpieza de agregados, manejo de muestras y transporte del concreto fresco dentro del laboratorio.
- *Software Microsoft Excel:* Herramienta computacional empleada para el procesamiento estadístico, tabulación de resultados experimentales, cálculo de promedios, desviaciones estándar y elaboración de gráficos comparativos entre los métodos de diseño.

### **3.4. Población y muestra de estudio**

#### **3.4.1. Población**

La población de estudio está conformada por las viviendas unifamiliares en proceso de construcción durante el año 2025 en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna, Perú. Estas edificaciones utilizan concreto como principal material estructural y aplican métodos de dosificación empírica en obra.

Esta población fue delimitada considerando que el concreto empleado para estructuras de viviendas debe cumplir como mínimo con una resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>, según la Norma Técnica Peruana E.060 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020). Asimismo, se consideró la existencia de obras civiles que apliquen en su diseño alguno de los métodos de dosificación objeto del estudio.

Adicionalmente, para la selección de las viviendas a evaluar, se establecieron los siguientes criterios: que las construcciones no cuenten con mano de obra calificada, no dispongan de supervisión profesional por parte de ingenieros o arquitectos, carezcan de planos estructurales aprobados, no posean licencia de construcción y que su ejecución se desarrolle en un contexto totalmente informal. Estos requisitos permiten enfocar el análisis en edificaciones representativas de las prácticas constructivas empíricas que se realizan con frecuencia en el ámbito urbano del distrito.

#### **3.4.2. Muestra de Estudio**

La muestra del presente estudio estuvo conformada por cuatro viviendas unifamiliares de carácter informal, ubicadas en distintos sectores del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, en la provincia de Tacna. La selección se realizó bajo el criterio de que dichas edificaciones se encontraban en proceso de construcción sin supervisión técnica profesional ni dirección responsable de obra, condiciones que reflejan prácticas típicas de autoconstrucción empírica prevalentes en zonas urbanas en expansión del distrito. Cabe señalar que, al año 2025, el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa no cuenta con un programa municipal directo de registro o conteo actualizado de viviendas informales; por esta razón, se efectuó un reconocimiento de campo para identificar aquellas construcciones que presentaban características propias de la informalidad, garantizando así la representatividad del contexto real que se buscó analizar.

De cada una de las cuatro viviendas seleccionadas se elaboraron cuatro probetas cilíndricas de concreto, obteniendo un total de dieciséis (16) unidades de ensayo. Estas probetas representan el concreto elaborado mediante el método empírico, tal como fue preparado en obra por los maestros de construcción, quienes emplearon hormigón una mezcla natural de arena gruesa y piedra junto con cemento y agua, sin control técnico ni dosificación precisa.

Adicionalmente, con los mismos materiales recolectados en obra cemento Yura PRO HE, hormigón (mezcla de arena gruesa y piedra en proporciones aleatorias) y agua potable se elaboraron mezclas aplicando el método de Agregado Global, obteniéndose cuatro (4) probetas adicionales. Finalmente, se realizó un tercer diseño de mezcla bajo el método ACI, pero utilizando agregados separados (arena y piedra chancada provenientes de la misma cantera) para evaluar el efecto del tipo de agregado en la resistencia y el comportamiento del concreto. De este modo, se fabricaron cuatro (4) probetas adicionales, alcanzando un total general de veinticuatro (24) probetas ensayadas.

Este diseño muestral permitió establecer una comparación directa entre tres diseños de elaboración de concreto:

- Diseño de mezcla empírica, propia de viviendas informales.
- Diseño de mezcla de Agregado Global con hormigón (mezcla natural de arena y piedra).
- Diseño de mezcla ACI 211,1 con agregados separados (arena y piedra chancada).

La conformación de esta muestra buscó representar la realidad constructiva del distrito, evaluando el impacto que tienen las condiciones de informalidad y el tipo de dosificación sobre la resistencia mecánica y el costo unitario del concreto empleado en viviendas unifamiliares.

### **3.5. Operacionalización de Variables**

#### **3.5.1. Variable independiente**

- Método de diseño de mezcla
- Dosificación Empírica

### 3.5.2. Variable dependiente

- Resistencia mecánica máxima del concreto
- Costo del Concreto

A continuación, se presenta la tabla 13 donde se muestra la operacionalización de variables de la presente investigación:

**Tabla 13**

*Operacionalización de variables de investigación*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Técnicas o métodos</b>
Métodos de dosificación de mezcla	Procedimiento para determinar las proporciones de cemento, agregados, agua y aditivos con el fin de obtener un concreto con propiedades específicas	Tipo de dosificación	Empírico ACI 211 Agregado Global	Cemento (kg) Agua (L) Arena (kg) Piedra (kg)	Revisión de procedimientos de dosificación y control de mezclas.
Resistencia mecánica del concreto	Capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión, medida en kg/cm <sup>2</sup> bajo normas técnicas.	Resistencia a la compresión	f'c a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ) f'c a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	< 140 kg/cm <sup>2</sup> = Baja 140–210 kg/cm <sup>2</sup> = Media > 210 kg/cm <sup>2</sup> = Alta	Ensayo de compresión en probetas cilíndricas según NTP 339,034 y ASTM C39.
Costo del concreto	Valor monetario por m <sup>3</sup> de concreto producido, considerando materiales, mano de obra	Costo directo	S/ por m <sup>3</sup>	< S/ 280 = Bajo S/ 280–320 = Medio > S/ 320 = Alto	Presupuesto unitario y cotización de insumos según la Revista Costos.

*Nota. Adaptado de ACI (2014).*

### **3.6. Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento y análisis de datos se desarrollaron de forma ordenada, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos. Los valores de resistencia a la compresión fueron organizados en hojas de cálculo, agrupando las muestras según el tipo de dosificación aplicada (empírica, agregado global y ACI) y el tiempo de curado de 7 y 28 días. Luego, se calcularon los promedios y porcentajes de variación para comparar el comportamiento de cada método. Para el tratamiento de la información se utilizó el programa Microsoft Excel, elaborando tablas y gráficos que facilitaron la interpretación visual de los resultados. Finalmente, el análisis se efectuó conforme a los lineamientos establecidos en la NTP 339,034 y la ACI 211,1, a fin de verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos exigidos para el concreto estructural.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Estado situacional de las viviendas evaluadas

El presente estudio se desarrolló en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, con el propósito de analizar las condiciones constructivas de diversas viviendas edificadas de manera empírica. Durante el trabajo de campo se constató que la mayoría de estas edificaciones fueron ejecutadas por maestros de obra sin la participación de un ingeniero civil responsable, ni la existencia de planos estructurales o memorias de cálculo. Esta situación evidencia una práctica común en la zona, donde la autoconstrucción se realiza sin un control técnico adecuado ni supervisión profesional.

Al realizar la inspección de las mezclas utilizadas, se observó que los constructores no aplican un diseño de mezcla conforme a los parámetros establecidos por la normativa vigente. En lugar de emplear los materiales necesarios como agregado fino, agregado grueso, cemento y agua, se utiliza únicamente una combinación de hormigón, agua y cemento, sin criterios de dosificación definidos. Este hallazgo resultó inesperado dentro del desarrollo de la investigación y modificó parcialmente la metodología prevista.

Dicha práctica constructiva refleja la falta de conocimiento técnico y la ausencia de asesoramiento profesional, factores que influyen directamente en la calidad, durabilidad y seguridad estructural de las viviendas del distrito evaluado.

### 4.2. Concreto con hormigón con dosificación empírica

En la presente investigación se realizó un análisis de cuatro viviendas construidas de manera empírica en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa. De cada vivienda se extrajeron cuatro muestras de concreto, destinándose dos para su ensayo de compresión a los 7 días y las otras dos a los 28 días. Las mezclas fueron tomadas directamente del material utilizado por los maestros de obra durante la ejecución de elementos estructurales, principalmente columnas y vigas.

Durante el estudio se identificó que los constructores emplearon una mezcla compuesta únicamente por hormigón, cemento y agua, omitiendo el uso adecuado de agregado fino y grueso, lo que evidencia la ausencia de un diseño de mezcla técnicamente controlado. Cada vivienda fue ejecutada por un maestro de obra distinto,

quien aplicó su propia dosificación empírica, sin parámetros estandarizados ni criterios de calidad definidos.

Para obtener la dosificación correspondiente a  $1 \text{ m}^3$  de concreto elaborado mediante el método empírico, se solicitó a los maestros de obra de cada una de las cuatro viviendas que prepararan el concreto que utilizan habitualmente para sus elementos estructurales, pero esta vez destinado a la elaboración de cuatro briquetas. Cada briketa tiene dimensiones de  $30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ , por lo que su volumen individual es de  $0,0053 \text{ m}^3$ , resultando un volumen total de  $0,0212 \text{ m}^3$  para las cuatro unidades. Los maestros realizaron la dosificación de manera empírica tal como la aplican en sus obras y proporcionaron las cantidades de materiales en kilogramos. Posteriormente, nosotros realizamos el pesado en obra del cemento, hormigón y agua utilizados, con el fin de extrapolar estos valores y determinar la dosificación equivalente para  $1 \text{ m}^3$  de concreto, manteniendo la proporción exacta del diseño empírico empleado para los elementos estructurales.

Vivienda 1: esto se elaboró para las 4 briquetas con un volumen de  $0,0212 \text{ m}^3$

hormigón = 38 Kg

cemento = 6,55 Kg

agua = 4,30 L

haciendo regla de 3 simples para un  $1 \text{ m}^3$

hormigón = 1792 Kg

cemento (7,27 bls) = 309 Kg

agua = 204 L

Vivienda 2: esto se elaboró para las 4 briquetas con un volumen de  $0,0212 \text{ m}^3$

hormigón = 37,5 Kg

cemento = 6,95 Kg

agua = 4,4 L

haciendo regla de 3 simples para un  $1 \text{ m}^3$

hormigón = 1769 Kg

cemento (7,72 bls) = 328 Kg

agua = 208 L

Vivienda 3: esto se elaboró para las 4 briquetas con un volumen de 0,0212 m<sup>3</sup>

hormigón = 38 Kg

cemento = 6,80 Kg

agua = 4,30 L

haciendo regla de 3 simples para un 1 m<sup>3</sup>

hormigón = 1797 Kg

cemento (7,55 bls) = 321 Kg

agua = 204 L

Vivienda 4: esto se elaboró para las 4 briquetas con un volumen de 0,0212 m<sup>3</sup>

hormigón = 38,70 Kg

cemento = 6,15 Kg

agua = 4,30 L

haciendo regla de 3 simples para un 1 m<sup>3</sup>

hormigón = 1826 Kg

cemento (6,82 bls) = 290 Kg

agua = 204 L

Como resultado, se obtuvieron resistencias a la compresión variables entre las muestras, reflejando la influencia directa de las proporciones utilizadas y la falta de control técnico en la elaboración del concreto. Estos resultados permitieron evidenciar las deficiencias constructivas derivadas del empirismo en la fabricación de mezclas estructurales.

A continuación, se presenta la tabla 14 donde se muestra la dosificación de las viviendas evaluadas:

**Tabla 14***Dosificación de los maestros encargados de las viviendas*

Descripción	Resistencia promedio 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Dosificación (ft <sup>3</sup> )
Vivienda 1	124,47	156,13	1-5,80-28lt
Vivienda 2	145,77	174,44	1-5,40-27lt
Vivienda 3	130,86	167,84	1-5,60-27lt
Vivienda 4	95,62	126,31	1-6,30-30lt

*Nota.* Se muestra la resistencia promedio de los 7 y 28 días y su dosificación en pie<sup>3</sup>.

#### 4.2.1. Análisis de resistencia de concreto con dosificación empírica

A continuación, se presenta la tabla 15 donde se muestra la resistencia a la compresión de las 2 edades de la vivienda 1 evaluada:

**Tabla 15***Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 1 evaluada*

N° de prob	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad(días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	09/09/2025	16/09/2025	7	177	211,30	121,93	124,47
2	09/09/2025	16/09/2025	7	177	220,12	127,02	
3	09/09/2025	07/10/2025	28	177	276,52	159,56	156,13
4	09/09/2025	07/10/2025	28	177	264,63	152,70	

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días de la vivienda 1.

A continuación, se presenta la tabla 16 donde se muestra la resistencia a la compresión de las 2 edades de la vivienda 2 evaluada:

**Tabla 16***Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 2 evaluada*

N° de prob	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad(días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11/09/2025	18/09/2025	7	177	255,60	147,49	145,77
2	11/09/2025	18/09/2025	7	177	249,64	144,05	
3	11/09/2025	09/10/2025	28	177	301,35	174,02	174,44
4	11/09/2025	09/10/2025	28	177	303,02	174,86	

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días de la vivienda 2.

A continuación, se presenta la tabla 17 donde se muestra la resistencia a la compresión de las 2 edades de la vivienda 3 evaluada:

**Tabla 17**

*Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 3 evaluada*

N° de prob	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad(días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12/09/2025	19/09/2025	7	177	231,99	133,87	130,86
2	12/09/2025	19/09/2025	7	177	221,55	127,84	
3	12/09/2025	10/10/2025	28	177	296,33	170,99	167,84
4	12/09/2025	10/10/2025	28	177	285,41	164,69	

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días de la vivienda 3.

A continuación, se presenta la tabla 18 donde se muestra la resistencia a la compresión de las 2 edades de la vivienda 4 evaluada:

**Tabla 18**

*Resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de la vivienda 4 evaluada*

N° de prob	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad(días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	16/09/2025	23/09/2025	7	177	161,39	93,13	95,62
2	16/09/2025	23/09/2025	7	177	170,03	98,11	
3	16/09/2025	14/10/2025	28	177	211,31	121,93	126,31
4	16/09/2025	14/10/2025	28	177	226,46	130,68	

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días de la vivienda 4.

#### **4.3. Concreto con hormigón empleando diseño de mezcla de Agregado Global**

##### **4.3.1. Ensayos previos al diseño de mezcla – hormigón**

###### **a. Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra)**

El ensayo de peso específico de la grava, efectuado conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-127, arrojó un valor promedio de 2,655 g/cm<sup>3</sup>, obtenido a partir de las muestras. Por su parte, el ensayo de absorción de la grava

registró un promedio de 1,256%, evidenciando que el agregado grueso presenta una adecuada densidad y una baja capacidad de absorción de agua, características favorables para la elaboración del concreto, el ensayo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 5.

#### **b. Peso específico y absorción agregado fino (arena)**

De acuerdo con el ensayo de peso específico de la arena, realizado según la norma ASTM C-128, se obtuvo un valor promedio de 2,654 g/cm<sup>3</sup> considerando las muestras. Asimismo, en el ensayo de absorción de la arena, el valor promedio determinado fue de 1,003%, lo cual indica una adecuada calidad y comportamiento del agregado fino frente a la absorción de agua, se puede ver detalladamente en el anexo 5.

#### **c. Peso unitario suelto y compactado (piedra y arena)**

El ensayo de peso unitario se realizó tanto para el agregado fino (arena) como para el agregado grueso (grava), ambos provenientes de la cantera Arunta, con el objetivo de determinar la densidad aparente del material en sus diferentes condiciones.

Para el agregado fino, se utilizaron tres muestras en condición suelta o sin compactar, obteniéndose un valor promedio de 1,602 g/cm<sup>3</sup>. Posteriormente, las mismas fueron evaluadas en condición compactada o varillada, alcanzando un promedio de 1,798 g/cm<sup>3</sup>.

En cuanto al agregado grueso, también se emplearon tres muestras, registrándose un valor promedio de 1,506 g/cm<sup>3</sup> en estado suelto o sin compactar. Bajo condición compactada o varillada, el promedio fue de 1,567 g/cm<sup>3</sup>.

Estos resultados permiten identificar las variaciones de densidad entre ambos agregados, las cuales influyen directamente en el diseño de mezcla del concreto, garantizando una adecuada dosificación y comportamiento estructural del material, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 5.

#### **d. Ensayo de humedad (piedra y arena)**

El ensayo de humedad natural se realizó con el propósito de determinar el contenido de agua presente en los agregados en su estado natural, lo cual es un parámetro fundamental para el diseño de mezclas de concreto.

Para el agregado fino (arena) proveniente de la cantera Arunta, se tomaron dos muestras representativas, obteniéndose un valor promedio de humedad del 1,165%.

Por otro lado, en el caso del agregado grueso (piedra), también se evaluaron dos muestras, alcanzándose un promedio de 0,620%.

Estos valores indican que el agregado fino presenta una mayor retención de humedad en comparación con el agregado grueso, debido a su mayor superficie específica y granulometría más fina.

La determinación de la humedad natural es esencial, ya que permite realizar los ajustes necesarios en la cantidad de agua de mezcla, asegurando así la consistencia, trabajabilidad y resistencia adecuada del concreto en su estado fresco y endurecido, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 5.

#### **e. Análisis granulométrico por tamizado (piedra)**

El análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (piedra) se llevó a cabo conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-136, con el fin de determinar la distribución de los tamaños de partículas y su adecuación para el diseño de mezclas de concreto.

Se empleó una muestra representativa de 5156,40 g, la cual fue sometida a una serie de tamices normalizados para evaluar su composición granulométrica.

El tamaño máximo nominal del agregado analizado fue de 3/4" (pulgadas), valor que se encuentra dentro del rango comúnmente utilizado en concretos estructurales.

Los resultados obtenidos evidencian una distribución uniforme de partículas, lo que contribuye a mejorar la compacidad, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto.

En conjunto, el análisis confirma que el agregado grueso presenta una granulometría adecuada, cumpliendo con los requisitos exigidos por la norma y garantizando un comportamiento óptimo dentro de la mezcla, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 5.

#### **f. Análisis granulométrico por tamizado (arena)**

El análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena) se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-136, con el objetivo de determinar la distribución de tamaños de partículas y su influencia en las propiedades del concreto.

Para el ensayo, se empleó una muestra de 516,00 g, la cual fue sometida a una serie de tamices normalizados. Los resultados obtenidos permitieron calcular un módulo de fineza de 2,72, valor que se encuentra dentro del rango recomendado para agregados finos utilizados en mezclas de concreto estructural.

Asimismo, se obtuvo un porcentaje retenido parcial promedio de 3,13% y un retenido acumulado de 101,88%, lo que evidencia una adecuada distribución granulométrica.

Estos resultados indican que la arena presenta una granulometría bien graduada, contribuyendo favorablemente a la trabajabilidad, compacidad y resistencia del concreto, factores determinantes para lograr un desempeño óptimo en las obras de construcción, se puede ver a detalle en el anexo 4.

A continuación, se presenta la tabla 19 se muestra los datos de los ensayos del agregado global para un diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ :

**Tabla 19**

*Tabla resumen de ensayos de agregado global para el diseño de mezcla  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .*

<b>Características</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
Peso Específico (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	2,655
Peso Específico (Arena)	$\text{g/cm}^3$	2,654
Peso Unitario Suelto (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	1,506
Peso Unitario Suelto (Arena)	$\text{g/cm}^3$	1,602
Peso Unitario Compactado (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	1,567
Peso Unitario Compactado (Arena)	$\text{g/cm}^3$	1,798
Tamaño Máximo nominal		3/4"
Módulo de Fineza		2,72
Absorción (Piedra)	%	1,256
Absorción (Arena)	%	1,003
Contenido de humedad (Piedra)	%	0,620
Contenido de humedad (Arena)	%	1,165

*Nota.* Se muestra los valores de los ensayos previos al diseño de mezcla.

La dosificación establecida para el método de Agregado Global se determinó en función de 1 pie cúbico ( $\text{pie}^3$ ) de concreto, obteniéndose las siguientes proporciones de materiales: cemento 1,000 BLS, agregado grueso 2,669 BLS, agregado fino 2,108 BLS y agua 24,378 litros. Esta dosificación representa la cantidad requerida de cada

componente para la elaboración de un pie cúbico de mezcla, utilizada como base para el análisis comparativo del presente estudio.

#### 4.3.2. Dosificación para concreto con hormigón

Diseño para un metro cubico de concreto elaborado con hormigón de la cantera Arunta Tacna -2025, el diseño de mezcla mostrado se detalla en el anexo 03.

(Agregado fino =789,13kg + Agregado grueso= 959,29kg)

Agregado global(hormigón)= 1748,42 kilogramos (esa la suma del Ag.F +Ag.G)

cemento (8,61 bls) = 366,00 Kg

agua = 209,80 L

A continuación, se presenta la tabla 20 se muestra la lectura de rotura a los 7 días usando el mismo material de las viviendas denominado hormigón:

**Tabla 20**

*Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 7 días.*

N° de prob	f'c deseado	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
1	210	20/09/2025	27/09/2025	7	177	335,60	193,66	191,48
		5						
2	210	20/09/2025	27/09/2025	7	177	328,05	189,30	
		5						

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 días del diseño de mezcla método global con hormigón.

A continuación, se presenta la tabla 21 se muestra la lectura de rotura a los 28 días usando el mismo material de las viviendas denominado hormigón:

**Tabla 21**

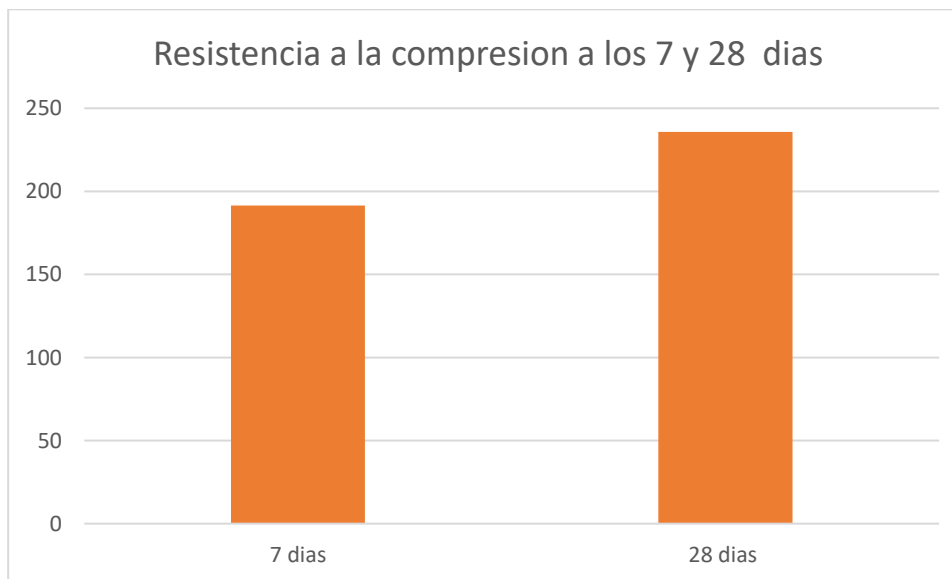
*Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 28 días.*

N° de prob	f'c deseado	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
1	210	20/09/2025	18/10/2025	28	177	401,33	231,58	235,70
2	210	20/09/2025	18/10/2025	28	177	415,61	239,82	

*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 28 días del diseño de mezcla ACI 211,1 con hormigón.

**Figura 13**

*Resistencia a la compresión a las dos edades de 7 y 28 días.*



*Nota.* Se muestra la resistencia a la compresión promedio a los 7 y 28 días utilizando diseño de mezcla método global empleando hormigón, cemento y agua.

#### **4.4. Concreto con agregado fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211**

##### **4.4.1. Ensayos al agregado fino y grueso**

Se utilizó el método ACI 211 para diseñar la mezcla de concreto con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Este procedimiento requiere realizar ensayos a los agregados para conocer sus propiedades físicas. Con dichos resultados se determinan las proporciones adecuadas de cada material. Así se garantiza una mezcla resistente, durable y trabajable todo ello se detalla en la tabla 21.

##### **a. Peso específico y absorción del agregado grueso (piedra)**

El ensayo de peso específico de la grava, efectuado conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-127, arrojó un valor promedio de  $2,662 \text{ g/cm}^3$ , obtenido a partir de las muestras 1 y 2. Por su parte, el ensayo de absorción de la grava registró un promedio de 1,07%, evidenciando que el agregado grueso presenta una adecuada densidad y una baja capacidad de absorción de agua, características favorables para la elaboración del concreto, el ensayo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 4.

**b. Peso específico y absorción agregado fino (arena)**

De acuerdo con el ensayo de peso específico de la arena, realizado según la norma ASTM C-128, se obtuvo un valor promedio de  $2,646 \text{ g/cm}^3$  considerando las muestras 1 y 2. Asimismo, en el ensayo de absorción de la arena, el valor promedio determinado fue de 1,61%, lo cual indica una adecuada calidad y comportamiento del agregado fino frente a la absorción de agua, se puede ver detalladamente en el anexo 4.

**c. Peso unitario suelto y compactado (piedra y arena)**

El ensayo de peso unitario se realizó tanto para el agregado fino (arena) como para el agregado grueso (grava), ambos provenientes de la cantera Arunta, con el objetivo de determinar la densidad aparente del material en sus diferentes condiciones.

Para el agregado fino, se utilizaron tres muestras en condición suelta o sin compactar, obteniéndose un valor promedio de  $1,646 \text{ g/cm}^3$ . Posteriormente, las mismas fueron evaluadas en condición compactada o varillada, alcanzando un promedio de  $1,778 \text{ g/cm}^3$ .

En cuanto al agregado grueso, también se emplearon tres muestras, registrándose un valor promedio de  $1,422 \text{ g/cm}^3$  en estado suelto o sin compactar. Bajo condición compactada o varillada, el promedio fue de  $1,548 \text{ g/cm}^3$ .

Estos resultados permiten identificar las variaciones de densidad entre ambos agregados, las cuales influyen directamente en el diseño de mezcla del concreto, garantizando una adecuada dosificación y comportamiento estructural del material, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 4.

**d. Ensayo de humedad (piedra y arena)**

El ensayo de humedad natural se realizó con el propósito de determinar el contenido de agua presente en los agregados en su estado natural, lo cual es un parámetro fundamental para el diseño de mezclas de concreto.

Para el agregado fino (arena) proveniente de la cantera Arunta, se tomaron dos muestras representativas, obteniéndose un valor promedio de humedad del 1,64%.

Por otro lado, en el caso del agregado grueso (piedra), también se evaluaron dos muestras, alcanzándose un promedio de 0,72%.

Estos valores indican que el agregado fino presenta una mayor retención de humedad en comparación con el agregado grueso, debido a su mayor superficie específica y granulometría más fina.

La determinación de la humedad natural es esencial, ya que permite realizar los ajustes necesarios en la cantidad de agua de mezcla, asegurando así la consistencia, trabajabilidad y resistencia adecuada del concreto en su estado fresco y endurecido, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 4.

#### **e. Análisis granulométrico por tamizado (piedra)**

El análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso (piedra) se llevó a cabo conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-136, con el fin de determinar la distribución de los tamaños de partículas y su adecuación para el diseño de mezclas de concreto.

Se empleó una muestra representativa de 5932,1 g, la cual fue sometida a una serie de tamices normalizados para evaluar su composición granulométrica.

El tamaño máximo nominal del agregado analizado fue de 3/4" (pulgadas), valor que se encuentra dentro del rango comúnmente utilizado en concretos estructurales.

Los resultados obtenidos evidencian una distribución uniforme de partículas, lo que contribuye a mejorar la compacidad, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto.

En conjunto, el análisis confirma que el agregado grueso presenta una granulometría adecuada, cumpliendo con los requisitos exigidos por la norma y garantizando un comportamiento óptimo dentro de la mezcla, todo lo mencionado se puede ver detalladamente en el anexo 4.

#### **f. Análisis granulométrico por tamizado (arena)**

El análisis granulométrico por tamizado del agregado fino (arena) se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la norma ASTM C-136, con el objetivo de determinar la distribución de tamaños de partículas y su influencia en las propiedades del concreto.

Para el ensayo, se empleó una muestra de 559,60 g, la cual fue sometida a una serie de tamices normalizados. Los resultados obtenidos permitieron calcular un módulo de fineza de 2,7, valor que se encuentra dentro del rango recomendado para agregados finos utilizados en mezclas de concreto estructural.

Asimismo, se obtuvo un porcentaje retenido parcial promedio de 3,13% y un retenido acumulado de 101,88%, lo que evidencia una adecuada distribución granulométrica.

Estos resultados indican que la arena presenta una granulometría bien graduada, contribuyendo favorablemente a la trabajabilidad, compacidad y resistencia del concreto, factores determinantes para lograr un desempeño óptimo en las obras de construcción, se puede ver a detalle en el anexo 4.

A continuación, se presenta la tabla 22 se muestra los datos de los ensayos de los agregados para el diseño ACI:

**Tabla 22**

*Tabla resumen de ensayos de agregados para el diseño de mezcla ACI  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .*

<b>Características</b>	<b>unidades</b>	<b>valores</b>
Peso Específico (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	2,662
Peso Específico (Arena)	$\text{g/cm}^3$	2,646
Peso Unitario Suelto (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	1,422
Peso Unitario Suelto (Arena)	$\text{g/cm}^3$	1,646
Peso Unitario Compactado (Piedra)	$\text{g/cm}^3$	1,548
Peso Unitario Compactado (Arena)	$\text{g/cm}^3$	1,778
Tamaño Máximo nominal		3/4"
Módulo de Fineza		2,70
Absorción (Piedra)	%	1,070
Absorción (Arena)	%	1,610
Contenido de humedad (Piedra)	%	0,720
Contenido de humedad (Arena)	%	1,640

*Nota.* Se muestra los valores de los ensayos previos al diseño de mezcla.

#### **4.4.2. Dosificación para concreto con agregado fino y grueso $f'c=210\text{kg/cm}^2$**

Los resultados de dosificación obtenidos usando el método ACI 211 para el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  para  $1\text{m}^3$  de concreto es el siguiente, se detalla en el anexo 02.

Cemento= 771,85 kg

Agregado grueso = 982,26 kg

Cemento (8,61 bls) = 366 kg

Agua = 208,19 L

La dosificación establecida para el método ACI se determinó en función de 1 pie cúbico (pie<sup>3</sup>) de concreto, obteniéndose las siguientes proporciones de materiales: cemento 1,000 BLS, agregado grueso 2,684 BLS, agregado fino 2,109 BLS y agua 24,77 litros. Esta dosificación representa la cantidad requerida de cada componente para la elaboración de un pie cúbico de mezcla, utilizada como base para el análisis comparativo del presente estudio.

#### 4.4.3. Análisis de resistencia a la compresión de concreto con fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211,1

Para determinar la resistencia a la compresión conforme a la NTP 339,183 se prepararon probetas cilíndricas de concreto de 150 mm x 300 mm (6 x 12 in). El llenado se realizó en tres capas iguales; para cada capa se utilizó un pisón de 4,5 kg (10 lb) para compactar y varillar el concreto, el número de varillados depende del diámetro del cilindro si es de 150mm(6pulg) son 25 varillados de forma perpendicular a la base del cilindro. Inmediatamente después del varillado de cada capa, se aplicaron golpes suaves y uniformes con un martillo de goma alrededor de todo el perímetro del molde aproximadamente 10 a 15 golpes con el fin de cerrar posibles vacíos adheridos a las paredes del molde y ayudar a la salida de burbujas de aire. Este procedimiento se repitió capa por capa hasta completar el molde; la compactación se continuó hasta observar la exudación de mortero en la superficie, indicador de adecuada consolidación.

Una vez determinadas las dosificaciones correspondientes de agregados, cemento y agua, se procedió con la elaboración de las probetas de concreto. En total se fabricaron cuatro probetas cilíndricas: dos destinadas a ser ensayadas a los 7 días y las otras dos a los 28 días de curado, con el propósito de evaluar y comparar la resistencia a la compresión del concreto en ambas edades.

A continuación, se presenta la tabla 23 se muestra la lectura de rotura a los 7 días usando los agregados por separados (piedra chancada y arena):

**Tabla 23**

*Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 7 días.*

Nº de prob	f'c deseado	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Lectura KN	Resist. kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
1	210	25/09/2025	02/10/2025	7	177	383,30	221,18	234,43
2	210	25/09/2025	02/10/2025	7	177	429,24	247,69	

A continuación, se presenta la tabla 24 se muestra la lectura de rotura a los 7 días usando los agregados por separados (piedra chancada y arena):

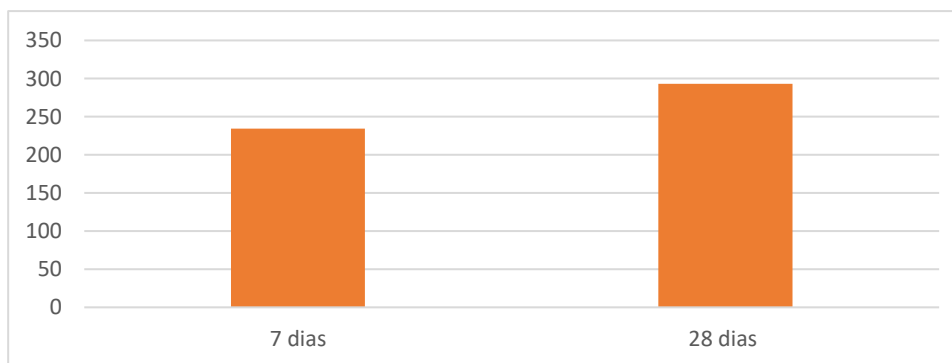
**Tabla 24**

*Tabla resumen de lectura de rotura de probeta a los 28 días.*

<b>N° de prob</b>	<b>f'c deseado</b>	<b>Fecha de vaciado</b>	<b>Fecha de rotura</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Lectura KN</b>	<b>Resist. kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio</b>
1	210	25/09/2025	23/10/2025	28	177	510,63	294,65	293,20
2	210	25/09/2025	23/10/2025	28	177	505,59	291,75	

**Figura 14**

*Resistencia a la compresión a las dos edades 7 y 28 días*



*Nota.* Comparación de resistencia promedio a la compresión de las probetas ensayadas a los 7 y 28 días utilizando método de diseño de mezcla ACI 211,1.

#### **4.5. Análisis de costos unitarios con cemento yura PRO HE**

##### **4.5.1. Concreto con dosificación empírica usando cemento yura pro HE**

Asimismo, se realizó el análisis comparativo de cuatro diseños empíricos, correspondientes a cuatro viviendas diferentes. En este sentido, cada una de ellas fue ejecutada por distintos maestros de obra, quienes aplicaron sus propias dosificaciones en la mezcla del concreto, generando variaciones tanto en los costos de producción como en las resistencias mecánicas obtenidas. De este modo, dichas diferencias permitieron identificar de manera objetiva la influencia del criterio empírico del ejecutor en los resultados finales de las obras.

Por otro lado, para el análisis de precios unitarios se consideró un rendimiento promedio de 25 m<sup>3</sup> por día, con la finalidad de mantener una base homogénea en la evaluación económica. Asimismo, las cantidades correspondientes a la mano de obra y al uso de equipos se determinaron a partir de la Revista de Costos, mientras que, en el caso de los materiales, se emplearon exclusivamente las cantidades resultantes de cada diseño de mezcla evaluado, a fin de reflejar con mayor precisión las particularidades técnicas de cada dosificación analizada.

A continuación, se presenta la tabla 25 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla para la vivienda 1:

**Tabla 25**

*Precio unitario de la vivienda 1*

Descripción de insumo	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial
Mano de obra					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,2	0,0640	35,99	2,30
Operario	HH	2	0,6400	29,99	19,19
Oficial	HH	1	0,3200	23,6	7,55
Peón	HH	8	2,5600	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2	0,6400	31,21	19,97
Materiales					<b>201,91</b>
Hormigón	m3		0,6780	35,33	23,95
Agua	m3		0,2090	6,14	1,28
Cemento Yura pro HE	bol		7,2700	24,3	176,68
Equipo					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,0500	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,3200	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,3200	25,7	8,22
Costo unitario por m <sup>3</sup>					321,31

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto utilizado para la vivienda 01 se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos).*

A continuación, se presenta la tabla 26 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla para la vivienda 2:

**Tabla 26**  
*Precio unitario de la vivienda 2*

Descripción de insumo	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,2	0,0640	35,99	2,30
Operario	HH	2	0,6400	29,99	19,19
Oficial	HH	1	0,3200	23,6	7,55
Peón	HH	8	2,5600	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2	0,6400	31,21	19,97
<b>Materiales</b>					<b>212,56</b>
Hormigón	m3		0,6720	35,33	23,74
Agua	m3		0,2090	6,14	1,28
Cemento Yura pro HE	bol		7,7100	24,3	187,54
<b>Equipo</b>					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,0500	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,3200	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,3200	25,7	8,22
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>					<b>331,96</b>

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto utilizado para la vivienda 02 se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos).*

A continuación, se presenta la tabla 27 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla para la vivienda 3:

**Tabla 27**  
*Precio unitario de la vivienda 3*

Descripción de insumo	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,2	0,0640	35,99	2,30
Operario	HH	2	0,6400	29,99	19,19
Oficial	HH	1	0,3200	23,6	7,55
Peón	HH	8	2,5600	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2	0,6400	31,21	19,97
<b>Materiales</b>					<b>208,63</b>
Hormigón	m3		0,6740	35,33	23,81
Agua	m3		0,2090	6,14	1,28
Cemento Yura pro HE	bol		7,5500	24,3	183,54
<b>Equipo</b>					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,0500	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,3200	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,3200	25,7	8,22
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>					<b>328,03</b>

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto utilizado para la vivienda 03 se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos).*

A continuación, se presenta la tabla 28 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla para la vivienda 4:

**Tabla 28**

*Precio unitario de la vivienda 4*

Descripción de insumo	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,2	0,0640	35,99	2,30
Operario	HH	2	0,6400	29,99	19,19
Oficial	HH	1	0,3200	23,6	7,55
Peón	HH	8	2,5600	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2	0,6400	31,21	19,97
<b>Materiales</b>					<b>191,27</b>
Hormigón	m3		0,6840	35,33	24,17
Agua	m3		0,2100	6,14	1,29
Cemento Yura pro HE	bol		6,8100	24,3	165,81
<b>Equipo</b>					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,0500	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,3200	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,3200	25,7	8,22
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>					<b>310,66</b>

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto utilizado para la vivienda 04 se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos).*

#### 4.5.2. Concreto con hormigón empleando diseño de agregado global

En la Tabla 28 se presentan los resultados obtenidos considerando el vaciado de elementos estructurales con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando hormigón, cemento, agua como ingredientes fundamentales, tomando como referencia los precios actualizados a setiembre de 2025 y un rendimiento estimado de 25 m<sup>3</sup> por día.

A continuación, se presenta la tabla 29 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla del agregado global:

**Tabla 29**

*Análisis de precios unitarios para concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando hormigón.*

<b>Descripción de insumo</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,2	0,064	35,99	2,30
Operario	HH	2	0,64	29,99	19,19
Oficial	HH	1	0,32	23,60	7,55
Peón	HH	8	2,56	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2	0,64	31,21	19,97
<b>Materiales</b>					<b>233,78</b>
Hormigón	m3		0,659	35,33	23,28
Agua	m3		0,210	6,14	1,28
Cemento Yura pro HE	bol		8,61	24,3	209,22
<b>Equipo</b>					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,05	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,32	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,32	25,7	8,22
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>					<b>353,18</b>

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto empleando hormigón, cemento y agua utilizando diseño de mezcla Método Global se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos).*

#### **4.6. Concreto con agregado fino y grueso empleando diseño de mezcla ACI 211**

En la Tabla 29 se presentan los resultados obtenidos considerando el vaciado de elementos estructurales con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando agregado fino, agregado grueso, agua y cemento como ingredientes principales, tomando como referencia los precios actualizados a setiembre de 2025 y un rendimiento estimado de 25 m<sup>3</sup> por día.

A continuación, se presenta la tabla 30 se muestra el precio unitario del diseño de mezcla del ACI:

**Tabla 30**

*Análisis de precios unitarios para concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  usando Agregado fino y Agregado grueso.*

Descripción de insumo	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					<b>103,70</b>
Capataz	HH	0,200	0,064	35,99	2,30
Operario	HH	2,000	0,640	29,99	19,19
Oficial	HH	1,000	0,320	23,6	7,55
Peón	HH	8,000	2,560	21,36	54,68
Operador equipo liviano	HH	2,000	0,640	31,21	19,97
<b>Materiales</b>					<b>255,26</b>
Agregado grueso	m3		0,369	93,33	34,44
Agregado fino	m3		0,292	35,33	10,32
Agua	m3		0,208	6,14	1,28
Cemento Yura pro HE	bls		8,61	24,3	209,22
<b>Equipo</b>					<b>15,69</b>
Herramientas manuales	%mo		0,05	103,69	5,18
Vibrador de concreto 4HP	HM	1	0,32	7,13	2,28
Mezcladora tambor 11p3	HM	1	0,32	25,70	8,22
<b>Costo unitario por m<sup>3</sup></b>					<b>374,65</b>

*Nota. Se muestra el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto empleando agregado fino, grueso, cemento y agua utilizando diseño de mezcla ACI 211. se basó en los valores referenciales publicados por Revista Costos, consultados a través de su portal oficial (Revista Costos, s. f.).*

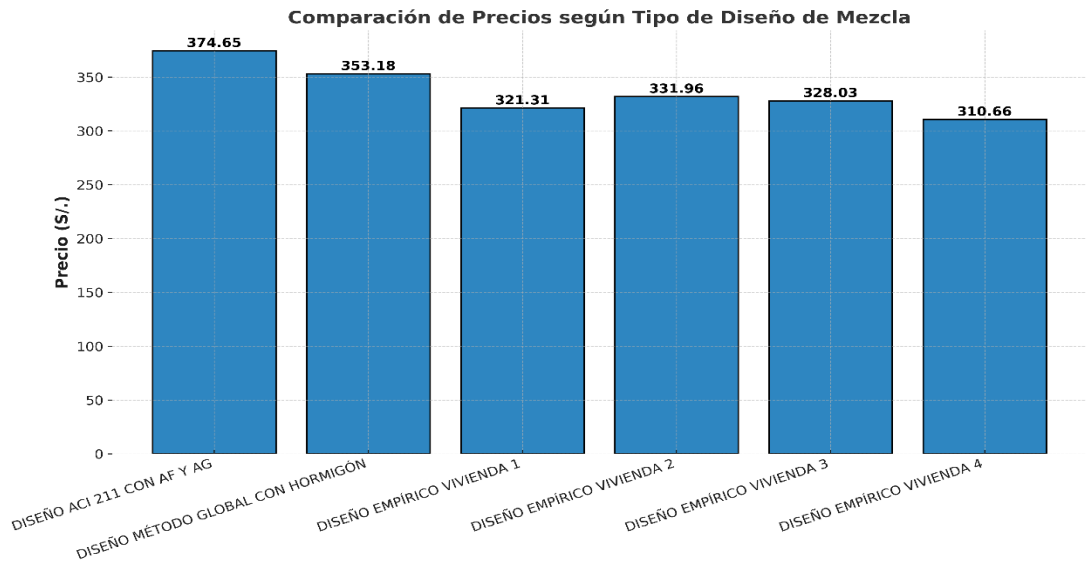
A continuación, se presenta la tabla 31 se muestra un resumen de los precios por m<sup>3</sup> de concreto de los diferentes diseños de mezcla:

**Tabla 31**

*Tabla resumen de precios para un metro cubico de concreto empleando diferentes diseños de mezclas.*

Tipo de diseño de mezcla	Precio S/.
Diseño aci 211 con af y ag	374,65
Diseño método global con hormigón	353,18
Diseño empírico vivienda 1	321,31
Diseño empírico vivienda 2	331,96
Diseño empírico vivienda 3	328,03
Diseño empírico vivienda 4	310,66

*Nota. Se muestra los precios unitarios por metro cubico de concreto de cada uno de los diseños de mezclas.*

**Figura 15***Comparación de precios de los diseños de mezcla*

*Nota.* Se muestra gráficamente la diferencia de precios por metro cubico de concreto de los diferentes diseños de mezcla.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Según los antecedentes nacionales muestran una tendencia similar. Palacios (2017) y Cuyate (2019), en estudios desarrollados en Chiclayo, identificaron que la falta de control técnico y el exceso de agua en las mezclas generan concretos de baja resistencia, con valores promedio inferiores a  $175 \text{ kg/cm}^2$ . En el caso del presente trabajo, las viviendas autoconstruidas en Gregorio Albarracín Lanchipa mostraron las resistencias, con valores entre  $126,31$  y  $174,44 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, resultado de la sustitución de la piedra chancada y agregado fino, por hormigón y de la dosificación empírica sin criterios técnicos. Este paralelismo evidencia que los problemas constructivos observados en otras regiones del país también se manifiestan en Tacna, principalmente por la falta de supervisión profesional y la dependencia de métodos empíricos basados en la experiencia empírica de los constructores.

De igual modo, Gamboa (2024) demostró en Cajamarca que la intervención técnica influye significativamente en la calidad del concreto. Sus resultados mostraron resistencias promedio de  $233,66 \text{ kg/cm}^2$  en edificaciones con dirección técnica, frente a  $140,69 \text{ kg/cm}^2$  en viviendas empíricas. Este comportamiento se replica en los resultados obtenidos en la presente investigación, donde los concretos diseñados mediante el método ACI 211,1 superaron los  $290 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que las mezclas empíricas no sobrepasaron los  $175 \text{ kg/cm}^2$ . Se confirma, así, que la aplicación de métodos de diseño normalizados permite obtener concretos con mayor uniformidad, mejor desempeño mecánico y menor variabilidad en comparación con las mezclas empíricas.

En el contexto local, los estudios realizados por Dávalos y Jallurana (2024) y Vicente (2016) guardan estrecha relación con los hallazgos de esta tesis. Dávalos y Jallurana (2024) identificaron que el concreto utilizado en viviendas informales del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa presentó resistencias promedio de  $153,06 \text{ kg/cm}^2$ , valor que se encuentra por debajo del mínimo exigido por la normativa vigente. Estos resultados coinciden plenamente con los obtenidos en el presente trabajo, donde las resistencias no superaron los  $174,44 \text{ kg/cm}^2$  en las mezclas empíricas, reforzando la necesidad de reemplazar los métodos tradicionales por procedimientos técnicos como el Agregado Global y el ACI 211,1.

Por su parte, Vicente (2016) destacó que el tipo de cemento empleado influye directamente en la resistencia del concreto, observando un mejor desempeño en cementos tipo Yura HE y Sol Tipo I respecto a los cementos puzolánicos. En esta

investigación, el uso del cemento Yura Pro HE contribuyó al buen comportamiento de las mezclas diseñadas mediante los métodos del Agregado Global y ACI 211,1, aunque este efecto no fue suficiente para compensar las deficiencias de las mezclas empíricas, donde la falta de agregados adecuados y el exceso de agua afectaron la resistencia final del concreto.

Finalmente, Jiménez y Polo (2024) demostraron que el concreto autocompactante, pese a su mayor costo, ofrece resistencias superiores al concreto convencional, señalando que el control técnico incrementa el valor económico, pero asegura un mejor desempeño estructural. Este mismo principio se evidenció en los resultados del presente trabajo, donde las mezclas de Agregado Global y ACI, aunque más costosas (353,18 a 374,65 soles/m<sup>3</sup>) alcanzaron resistencias elevadas (235,70 a 293,20 kg/cm<sup>2</sup>), en contraste con las mezclas empíricas más económicas (310,66 a 331,96 soles/m<sup>3</sup>) pero de baja resistencia (126,31 a 174,44 kg/cm<sup>2</sup>).

En conjunto, los antecedentes revisados respaldan de manera sólida los resultados de la presente investigación. Se confirma que la aplicación de métodos técnicos como el Agregado Global y el ACI 211,1 permite obtener concretos con resistencias significativamente mayores, garantizando su durabilidad y desempeño estructural, incluso si implica un costo ligeramente superior. Del mismo modo, se comprueba que las prácticas empíricas, aún comunes en la autoconstrucción del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, conducen a concretos de baja calidad y alto riesgo estructural, evidenciando la necesidad de promover la capacitación técnica y la implementación de normativas constructivas en el ámbito local.

A continuación, se presenta la tabla 32 se muestra la diferencia de resistencia y costos de las muestras evaluadas:

**Tabla 32**

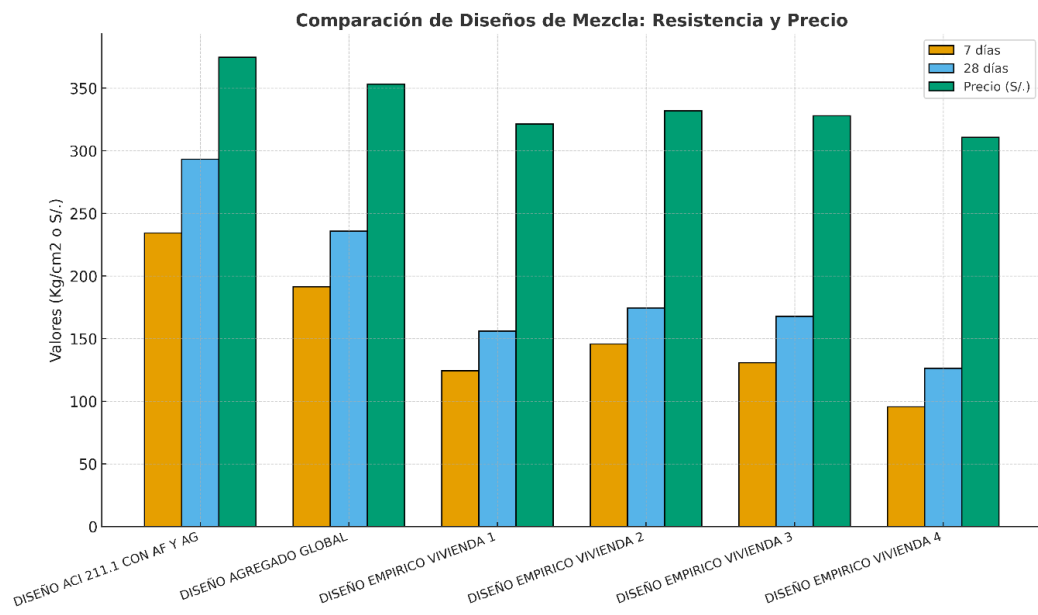
*Diferencia de resistencia y costos de todas las muestras*

<b>Tipo de diseño de mezcla</b>	<b>Resistencia promedio a los 7 días (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia promedio a los 28 días (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Precio S/.</b>
Diseño aci 211,1 con af y ag	234,43	293,20	374,65
Diseño del agregado global	191,48	235,70	353,18
Diseño empírico vivienda 1	124,47	156,13	321,31
Diseño empírico vivienda 2	145,77	174,44	331,96
Diseño empírico vivienda 3	130,86	167,84	328,03
Diseño empírico vivienda 4	95,62	126,31	310,66

*Nota.* Se muestra la diferencia de precios en base a sus resistencias a la compresión obtenidas a los 7 y 28 días.

**Figura 16**

*Comparación de resistencia y costo según el tipo de diseño de mezcla*



*Nota.* Comparación grafica de resistencias a la compresión y costo por m<sup>3</sup> a los 7 y 28 días.

## CONCLUSIONES

Se determinó que el concreto elaborado mediante el método ACI 211 presentó la mayor resistencia mecánica promedio de 293,20 kg/cm<sup>2</sup>, superando al diseño por método global con hormigón (235,70 kg/cm<sup>2</sup>) y, con mayor diferencia, a las mezclas empíricas de viviendas, cuyas resistencias oscilaron entre 126,31 kg/cm<sup>2</sup> y 174,44 kg/cm<sup>2</sup>. Este comportamiento demuestra que la aplicación de métodos técnicos de dosificación permite obtener concretos con propiedades estructurales superiores, garantizando una mejor calidad y seguridad en las construcciones. Asimismo, el análisis económico evidenció que, si bien el costo del concreto diseñado con el método ACI (S/ 374,65) es mayor que el de las mezclas empíricas (S/ 310,66 a S/ 331,96), la relación costo-beneficio resulta favorable, dado el incremento significativo de resistencia y durabilidad del material.

Se logró recolectar y ensayar muestras de concreto provenientes de viviendas construidas mediante dosificación empírica en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna. Los resultados de laboratorio revelaron una baja uniformidad y una resistencia promedio insuficiente para cumplir con los valores normativos mínimos establecidos para elementos estructurales, lo que evidencia la falta de control técnico en la preparación de las mezclas empleadas en autoconstrucción.

Se diseñaron mezclas de concreto aplicando los métodos ACI 211 y método del agregado global con hormigón, empleando los mismos materiales locales para garantizar la comparabilidad de resultados. Las resistencias obtenidas validaron la efectividad de los métodos de diseño, demostrando que el control preciso de la relación agua/cemento y la adecuada proporción de agregados incrementan notablemente la resistencia a la compresión del concreto.

Finalmente, el análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo por metro cúbico de cada tipo de mezcla comprobó que el método ACI, aunque presenta un costo ligeramente mayor, ofrece una resistencia superior al promedio de las mezclas empíricas, representando una alternativa técnicamente más segura y económicamente sostenible a largo plazo. En consecuencia, la adopción de métodos estandarizados de

diseño, como el ACI 211, resulta indispensable para mejorar la calidad del concreto en edificaciones del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa y reducir los riesgos estructurales asociados a prácticas empíricas de construcción.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa que se sugiera emplear preferentemente el método ACI 211 para la elaboración de mezclas de concreto en las edificaciones del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, dado que su aplicación permite alcanzar desempeños mecánicos superiores y una evaluación económica más favorable en comparación con las prácticas empíricas.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa limitar la utilización de dosificaciones empíricas en elementos con función estructural, debido a que los valores de resistencia obtenidos resultan insuficientes frente a los requerimientos normativos, incrementando la probabilidad de deficiencias estructurales en edificaciones de autoconstrucción.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa reforzar los mecanismos de control y fiscalización técnica, así como a incentivar la implementación de procedimientos normalizados para el diseño de mezclas de concreto, contribuyendo así a elevar los estándares de seguridad y calidad en las obras de vivienda del distrito.

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracín Lanchipa optar por procedimientos técnicos estandarizados en el diseño del concreto, considerando que, a pesar de implicar un mayor costo inicial por metro cúbico, estos garantizan un mejor comportamiento mecánico y una mayor vida útil del material, representando una solución más confiable y sostenible frente a métodos no controlados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 360 en Concreto. (2023). *¿Como elegir concreto para piscinas y tanques de agua?* Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/como-elegir-concreto-para-piscinas-y-tanques-de-agua/>
- Acevedo Alejandra, S. C. (2018). Papel del estado frente a la autoconstrucción en el peru. 1950-1968 . *PAIDEIA XXI*, 2.
- American Concrete Institute. (2022). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Obtenido de <https://www.concrete.org/>
- ASTM International. (2020). *ASTM C125-15a: Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*. Obtenido de <https://d.altajhiz.com/std/ASTM%20C125-15a/>
- ASTM International. (2023). *ASTM C39/C39M-23 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Obtenido de <https://conrec.ac.ir/wp-content/uploads/2023/10/C39C39M.19249.pdf>
- Bernal, I. (2018). *Programa presupuestal n° 068: reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres*. Lima,Peru. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20,500,12816/5184>
- Cementos Pacasmayo. (s.f.). *Ensayo de compresion de cilindros de concreto*. Obtenido de <https://www.pacasmayo.com.pe/>
- Cuyate Atencio, C. D. (2019). *Evaluación de la resistencia en compresión del concreto usado en construcciones, Chiclayo 2019*[Tesis de Título Profesional, UCV]. Repositorio Nacional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20,500,12692/35729>
- Dávalos Vilca, J. A. (2024). *Evaluación de la calidad del concreto usado en la construcción de viviendas informales del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna 2024* [Título Profesional, UPT]. Repositorio Nacional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20,500,12969/4085>
- Esquivel Vasquez, J. E. (2023). *Eficiencia del método de dosificación de mezcla de un concreto convencional respecto a la resistencia a la compresión y flexión, Trujillo 2022* [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/36270>

- Gamboa Johanson, A. y. (2024). *Análisis comparativo de resistencia a compresión del concreto de viviendas construidas de manera empírica y con dirección técnica en el sector La Paccha - Cajamarca, 2023* [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/41550>
- Jiménez Salinas, M. G. (2024). *Análisis comparativo de costos directos y resistencia a la compresión entre el concreto tradicional y el concreto autocompactante en el distrito de Tacna, 2021*[Tesis de Título Profesional, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20,500,12969/3712>
- L., K. S. (2011). *Design and Control of Concrete Mixtures (15th ed.)*. Portland Cement Association.
- M., M. P. (2006). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials (3rd ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Matallana, R. (2019). *EL CONCRETO fundamentos y nuevas tecnologías*. CORONA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Norma Técnica E.060: Concreto armado*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales>
- Neville, A. (2012). *Properties of Concrete (5th ed.)*. Pearson Education.
- Neville, A. M. (210). *Concrete Technology(2nd ed.)*. Pearson Education.
- Organizacion Internacional para la Normalizacion. (2009). *ISO 14001:2004 Environmental Management Systems*.
- Paco Quispe, E. P. (2023). *“Calidad de concreto en viviendas autoconstruidas en el distrito de ciudad nueva de la ciudad de tacna en el año 2023”* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil , UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN]. REPOSITORIO INSTITUCIONAL. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20,500,12510/4353>
- Palacios Heras, L. G. (2017). *Evaluación de la calidad del concreto usado en construcciones informales en la ciudad de Eten, provincia de Chiclayo, región Lambayeque en el año 2017*[Tesis de Título Profesional,USMP]. Repositorio Nacional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20,500,12727/3942>

- Pancca Cruz, W. M. (2018). *“Estudio comparativo del diseño, costo, producción y calidad del concreto dosificado in situ vs premezclado . para zonas accesibles de las ciudades de Puno y Juliaca”*[tesis para optar el título de ingeniero civil, universidad nacional del altiplano]. repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20,500,14082/7570>
- Parrales Plua, E. G. (2022). *Diseño de mezcla de hormigón utilizando Metacaolín para obtener una resistencia a la compresión mayor a 210 Kg/cm<sup>2</sup>*[Tesis de Título Profesional, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8441>
- Revista Costos. (s.f.). *Base de datos de precios y costos de la construcción*. Obtenido de Revista Costos: <https://store.costosperu.com/>
- RNE. (2020). *E.060 Concreto Armado*. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la Construcción . Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Rojas Zárate, F. I. (2024). *Propuesta de modificación del método Faury-Joisel para dosificación de hormigones* [Tesis de Título Profesional, Universidad de Talca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.otalca.cl/repositorio/handle/1950/15709>
- Sánchez Quispe, R. (2025). *Optimización del diseño de mezcla de un concreto con alta resistencia en Huancayo, 2023*[Tesis de Título Profesional, Universidad Peruana de los Andes]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20,500,12848/9211>
- Torres Mojena, L. O. (2019). *Propuesta de diseño de mezcla para la elaboración del hormigón en la Unidad Básica de Servicios de Hormigón* [Tesis de Título Profesional, Universidad de Matanzas]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/3437/TD2019%20L%C3%A1zaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vicente Mercado, R. A. (2016). *Diferencia en la Resistencia de los Concretos por Efecto de los Tipos de Cemento Comercializados en la Ciudad de Tacna, 2016*[Tesis de Título Profesional]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20,500,12969/160>

Virruet Paredes, R. E. (2022). *Análisis comparativo en el diseño de mezcla de concreto empleando aditivos superplastificantes e incorporadores de aire para evaluar la resistencia mecánica máxima del concreto autocompactante, Tacna 2022*[Tesis de Título Profesional, UNJBG]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20,500,12510/4339>

**ANEXOS**

### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICACIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo varían la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica en comparación con métodos de diseño de mezcla, utilizando los mismos materiales, en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Comparar la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla, aplicado en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El concreto elaborado mediante los métodos de diseño de mezcla presenta mayor resistencia mecánica y un costo más eficiente que el concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Dosificación empírica Métodos de diseño de mezcla</p>	<p>Tipo de dosificación empírica. Tipo de dosificación método ACI Tipo de dosificación método Global</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación Explicativo-Comparativo</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto producido mediante dosificación empírica en obras locales?</p> <p>¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto producido mediante métodos de diseño con los mismos materiales?</p> <p>¿Qué diferencias existen en la resistencia mecánica y el costo entre ambas formas de dosificación?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Recolectar y ensayar muestras de concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas construidas en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna, 2025</p> <p>Diseñar mezclas de concreto aplicando métodos de diseño con los mismos materiales y evaluar su resistencia mecánica</p> <p>Analizar y comparar la resistencia mecánica y costo por metro cúbico del concreto obtenido mediante los métodos de dosificación</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>El concreto elaborado mediante dosificación empírica en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa presenta niveles de resistencia mecánica inferiores a los establecidos por las normas técnicas</p> <p>El concreto diseñado mediante métodos técnico, utilizando los mismos materiales que en las viviendas estudiadas, alcanza mayores valores de resistencia mecánica a compresión que el concreto empírico</p> <p>Existen diferencias significativas en la resistencia mecánica y el costo del concreto entre la dosificación empírica y los métodos de diseño de mezcla aplicados en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Resistencia mecánica Costo del Concreto</p>	<p>Resistencia a compresión a 7 días. Resistencia a compresión a 28 días. Costo por m3 del concreto</p>	<p>Diseño de investigación. Experimental</p>

## ANEXO 2: Diseño de mezcla con Agregado Fino y Agregado Grueso

### DISEÑO DE MEZCLA ACI 211 - F'c 210 kg/cm<sup>2</sup>

**PROYECTO :** Análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna, 2025

**AUTORES :** Quiñonez Pilco, Rodolfo Brayan - Laguna Paredes, Oscar Alonzo Ricardo

**MUESTRA :** Hormigón - Diseño de Mezcla de Concreto F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

#### MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

ITEM	CARACTERISTICAS		CONSIDERACIONES	
1	Peso Especifico (Piedra) (g/cc)	2.662	Peso especifico (Cemento) (g/cc)	3.000
2	Peso Especifico (Arena) (g/cc)	2.646	Peso especifico (Agua) (g/cc)	1.000
3	Peso Unitario Suelto (g/cc) (Piedra)	1.422		
4	Peso Unitario Suelto (g/cc) (Arena)	1.646		
5	Peso Unitario Compactado (g/cc) (Piedra)	1.548	Agua	205
6	Peso Unitario Compactado (g/cc) (Arena)	1.778	Aire	2.00
7	Tamaño Máximo nominal	3/4"	Relacion Agua/Cemento	0.560
8	Modulo de Fineza	2.70	Vol de ag. Grueso	0.63
9	Absorción (Piedra) (%)	1.070		
10	Absorción (Arena) (%)	1.610		
11	Contenido de humedad (Piedra) (%)	0.720		
12	Contenido de humedad (Arena) (%)	1.640		

#### VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)

CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m <sup>3</sup> )	P.E. (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Agua	0.205	1000.000	205.00
Cemento	0.122	3000.000	366.00
Agregado fino	0.287	2646.000	759.40
Agregado grueso	0.366	2662.000	975.24
Aire	0.020	-	-

#### CORRECCION POR HUMEDAD

CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agregado fino	1.016	771.854
Agregado grueso	1.007	982.262

#### CORRECCION POR ABSORCION

CARACTERISTICAS	Humedad	Correc. Absor.	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agregado fino	0.016	0.0161	0.0003
Agregado grueso	0.007	0.0107	-0.0035

#### CORRECCION POR HUMEDAD - ABSORCION

CARACTERISTICAS	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agregado fino	0.2278
Agregado grueso	-3.4133
Total	-3.1855

#### DISEÑO PARA 1.00 m<sup>3</sup>

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado fino	771.85
Agregado grueso	982.26
Cemento (8.61 BIs)	366.00
Agua	208.19
-	-
-	-

#### DISEÑO PARA 1 BOLSA DE CEMENTO

CARACTERISTICAS	Peso (kg)	Volumen (pie <sup>3</sup> )
Agregado grueso	114.060	2.684
Agregado fino	89.628	2.109
Cemento	42.500	1.000
Agua (litro)	24.175	24.175
-	-	-
-	-	-

#### DOSIFICACION (1 BIs cemento - pie<sup>3</sup>)

-	-	Cemento	1.000	Agregado grueso	2.684
-	-	Agua (Litro)	24.175	Agregado fino	2.109

### ANEXO 3: Diseño de mezcla con hormigón

#### DISEÑO DE MEZCLA METODO DE AGREGADO GLOBAL - F'c 210 kg/cm<sup>2</sup>

**PROYECTO :** Análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna, 2025

**AUTORES :** Quiñonez Pilco, Rodolfo Brayan - Laguna Paredes, Oscar Alonzo Ricardo

**MUESTRA :** Hormigón - Diseño de Mezcla de Concreto F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>-

#### MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

ITEM	CARACTERISTICAS		CONSIDERACIONES	
1	Peso Especifico (Piedra) (g/cc)	2.655	Peso especifico (Cemento) (g/cc)	3.000
2	Peso Especifico (Arena) (g/cc)	2.654	Peso especifico (Agua) (g/cc)	1.000
3	Peso Unitario Suelto (g/cc) (Piedra)	1.506	Agua 205 Aire 2.00 Relacion Agua/Cemento 0.560	
4	Peso Unitario Suelto (g/cc) (Arena)	1.602		
5	Peso Unitario Compactado (g/cc) (Piedra)	1.567		
6	Peso Unitario Compactado (g/cc) (Arena)	1.798		
7	Tamaño Máximo nominal	3/4"		
8	Modulo de Fineza	2.72		
9	Absorción (Piedra) (%)	1.256	Nota: Se esta usando una combinacion de 55% agregado grueso y 45% de agregado fino	
10	Absorción (Arena) (%)	1.003		
11	Contenido de humedad (Piedra) (%)	0.620		
12	Contenido de humedad (Arena) (%)	1.165		

#### VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)

CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m <sup>3</sup> )	P.E. (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	CARACTERISTICAS	(1+Humedad)	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agua	0.205	1000	205.00	Agregado fino	1.012	789.13
Cemento	0.122	3000	366.00	Agregado grueso	1.006	959.29
Agregado fino	0.294	2654	780.04			
Agregado grueso	0.359	2655	953.38			
Aire	0.020	-	-			

#### CORRECCION POR HUMEDAD

CORRECCION POR ABSORCION				CORRECCION POR HUMEDAD - ABSORCION	
CARACTERISTICAS	Humedad	Correc. Absor.	Vol. (m <sup>3</sup> )	CARACTERISTICAS	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agregado fino	0.01165	0.0100	0.00162	Corrección agua - Agregado fino	1.2637
Agregado grueso	0.006200	0.0126	-0.00636	Agregado grueso	-6.0635
Total					-4.7998

#### DISEÑO PARA 1.00 m<sup>3</sup>

CARACTERISTICAS	Peso (kg)	OBSERVACION :
Agregado fino	789.13	Si deseamos la dosificacion en el hormigon se sumaria el Ag.F+Ag.G y se considera como agregado global
Agregado grueso	959.29	
Cemento (8.61 Bls)	366.00	
Agua	209.80	
-	-	
-	-	

#### DISEÑO PARA 1 BOLSA DE CEMENTO

CARACTERISTICAS	Peso (kg)	Volumen (pie <sup>3</sup> )
Agregado grueso	111.393	2.621
Agregado fino	91.634	2.156
Cemento	42.500	1.000
Agua (litro)	24.362	24.362
-	-	-
-	-	-

#### DOSIFICACION (1 Bls cemento - pie<sup>3</sup>)

-	-	Cemento	1.000	Agregado grueso	2.621
-	-	Agua (Litro)	24.362	Agregado fino	2.156

## ANEXO 4: Ensayo de Agregados con Agregado Fino y Agregado Grueso

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

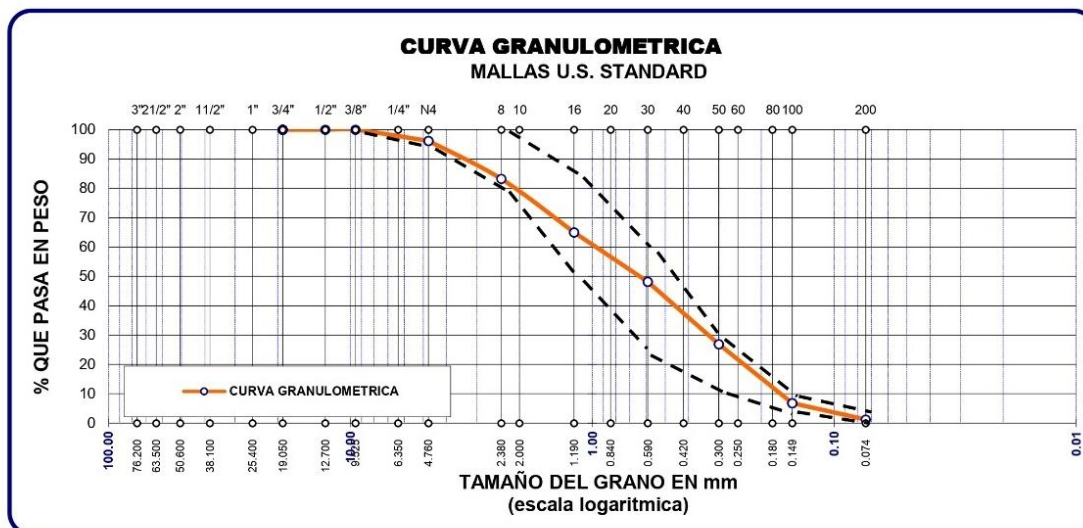
ASTM C - 136

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO  
ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA  
EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN - TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>Muestra : Agregado Fino</b>  <b>Peso de la Muestra</b> 559.60 gr. <b>Modulo de Fineza :</b> 2.7  <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra consiste de arena sarandeadada de perfil sub angular y sub redondeado
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	21.40	3.82	3.82	96.18	95 100	
No8	2.380	72.30	12.92	16.74	83.26	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	102.00	18.23	34.97	65.03	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	94.20	16.83	51.80	48.20	25 60	
No40	0.420						
No 50	0.300	119.00	21.27	73.07	26.93	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	112.50	20.10	93.17	6.83	2 10	
No200	0.074	31.20	5.58	98.75	1.25	0 5	
		17.50	3.13	101.88			
<b>TOTAL</b>		559.60					



## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

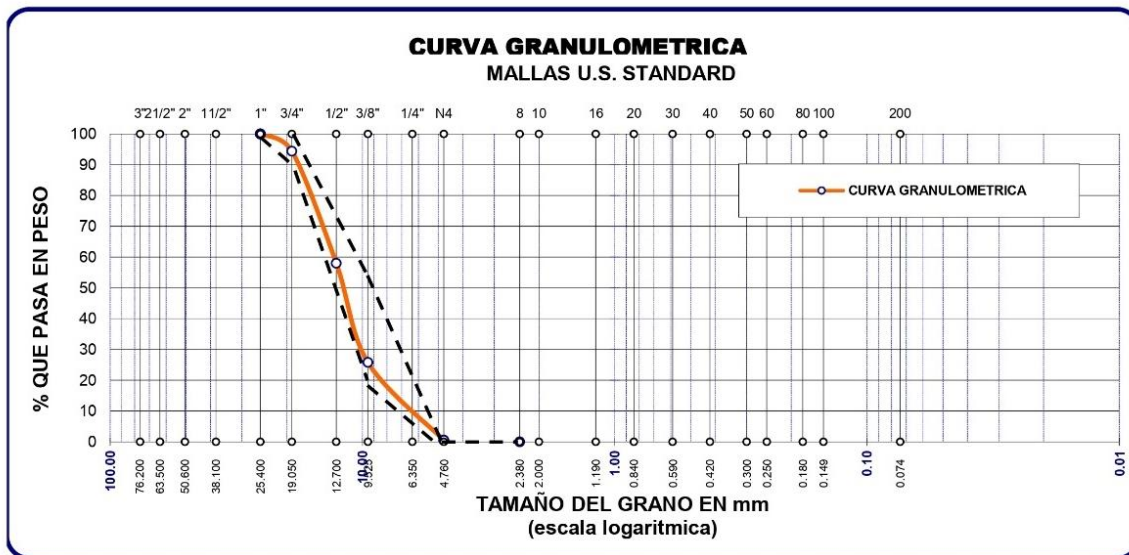
ASTM C - 136

**PROYECTO** : “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025”

**MUESTRA** : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

**FECHA** : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. 67	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>Muestra : Agregado Grueso</b>  <b>Cantera: ARUNTA</b>  Peso de la Muestra: 5932.1 gr. Tamaño Máximo <b>3/4"</b>  La muestra consiste de piedra chancada , proporcionada por el peticionario
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
3/4"	19.050	340.00	5.53	5.53	94.47	90 100	
1/2"	12.700	2240.00	36.42	41.94	58.06		
3/8"	9.525	1981.00	32.21	74.15	25.85	20 55	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1555.00	25.28	99.43	0.57	0 10	
No8	2.380	35.00	0.57	100.00	0.00	0 5	
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No 50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
<b>TOTAL</b>		6151.00					



PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO  
ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA  
EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

### ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

MUESTRA N°		AGREGADO FINO (ARUNTA)		AGREGADO GRUESO (ARUNTA)	
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra húmeda	gr.	597.6	490.5	542.0	578.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	588.2	482.4	538.3	574.1
Peso del Agua	gr.	9.4	8.1	3.7	4.3
Peso de la muestra seca neta	gr.	588.2	482.4	538.3	574.1
Porcentaje de humedad	%	1.60	1.68	0.69	0.75
Promedio		1.64		0.72	

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO  
MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA  
EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

### ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA

NORMA ASTM C-128

MUESTRA N°		1	2
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	791.4	792.5
Peso de la fiola + Agua	gr.	667.4	667.6
Peso de la muestra (sss)	gr.	200.0	200.0
Volumen desplazado	cc.	76.1	75.1
Peso específico	gr/cc.	2.630	2.663
Promedio	gr.cc.	2.646	

### ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LA ARENA

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (sss)	gr.	200.0	200.0
Peso de la muestra seca	gr.	196.8	196.9
Peso del Agua	gr.	3.2	3.1
Porcentaje de Absorción	%	1.64	1.58
Promedio	%	1.61	

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO  
 MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS  
 DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

### ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA

NORMA ASTM C-127

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra en el aire	gr.	759.9	627.2
Peso de la muestra en el agua	gr.	474.6	391.5
Volumen Desplazado	cc.	285.3	235.7
Peso específico	gr/cc.	2.664	2.661
Promedio	gr/cc.	2.662	

### ENSAYO DE ABSORCION DE LA GRAVA

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (sss)	gr.	759.0	626.1
Peso de la muestra seca	gr.	751.3	619.2
Peso del Agua	gr.	7.7	6.9
Porcentaje de Absorción	%	1.02	1.11
Promedio	%	1.07	

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO  
 MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS  
 DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

### ENSAYO DE PESOS UNITARIOS

NORMA ASTM C - 29

Agregado Fino (Arena) Cantera : Arunta		S U E L T O			V A R I L L A D O		
MUESTRA N°		1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr	12,120	12,350	11,850	12,555	12,528	12,519
Peso del molde	gr.	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
Peso de la muestra seca neta	gr.	5,330	5,560	5,060	5,765	5,738	5,729
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1.650	1.721	1.567	1.785	1.776	1.774
Promedio	gr/cc.	1.646			1.778		

Agregado Grueso (Grava) Cantera Arunta		S U E L T O			V A R I L L A D O		
MUESTRA N°		1	2	3	1	2	3
Peso del molde + la muestra seca	gr	11,520	11,342	11,291	11,785	11,850	11,735
Peso del molde	gr.	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
Peso de la muestra seca neta	gr.	4,730	4,552	4,501	4,995	5,060	4,945
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1.464	1.409	1.393	1.546	1.567	1.531
Promedio	gr/cc.	1.422			1.548		

## ANEXO 5: Ensayo de Agregado con Hormigón

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

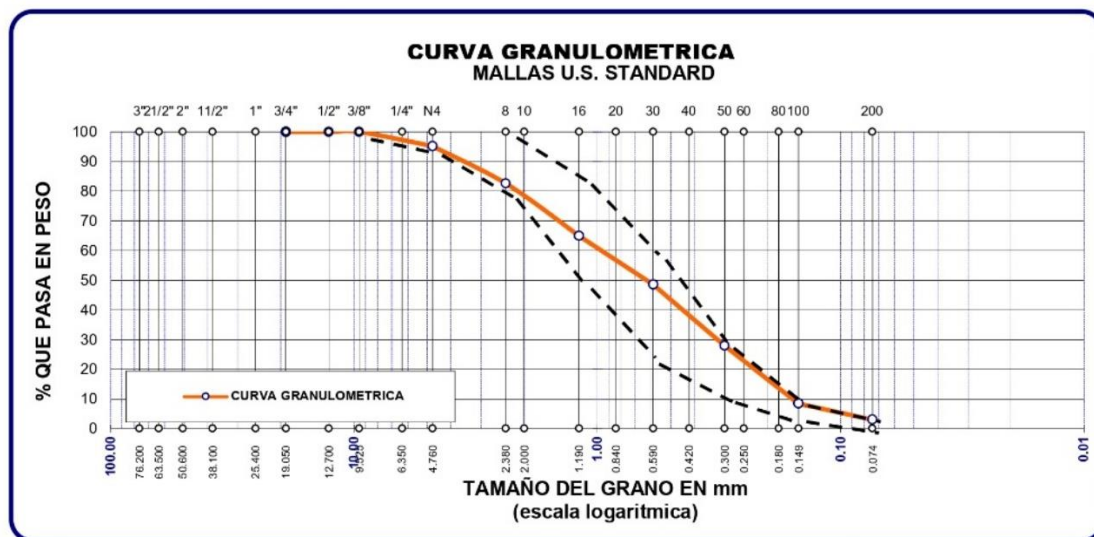
ASTM C - 136

**PROYECTO** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN - TACNA, 2025"

**MUESTRA** : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

**FECHA** : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Muestra : Agregado Fino
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	25.10	4.86	4.86	95.14	95 100	
No8	2.380	64.70	12.54	17.40	82.60	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	91.20	17.67	35.08	64.92	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	84.30	16.34	51.41	48.59	25 60	
No40	0.420						
No 50	0.300	106.50	20.64	72.05	27.95	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	100.60	19.50	91.55	8.45	2 10	
No200	0.074	27.90	5.41	96.96	3.04	0 5	
<b>FONDO</b>		15.70	3.04	100.00			Modulo de Fineza : 2.72
<b>TOTAL</b>		516.00					



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM C - 136

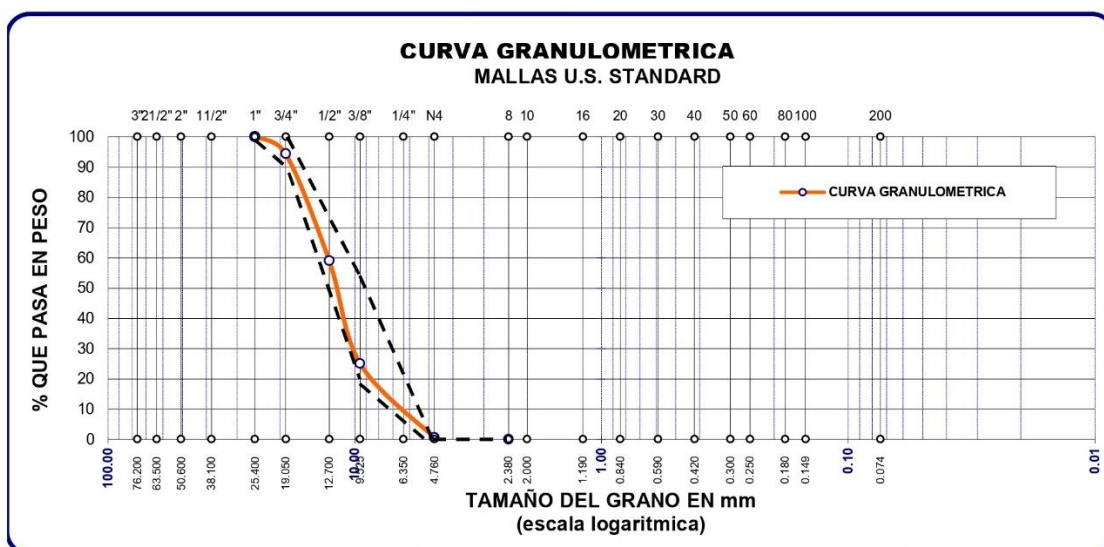
PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA

EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN – TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. 67	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Muestra : Agregado Grueso Cantera: ARUNTA
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
3/4"	19.050	290.50	5.63	5.63	94.37	90 100	
1/2"	12.700	1820.90	35.31	40.95	59.05		
3/8"	9.525	1752.60	33.99	74.94	25.06	20 55	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1264.00	24.51	99.45	0.55	0 10	
No8	2.380	28.40	0.55	100.00	0.00	0 5	
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No 50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
<b>TOTAL</b>		5156.40					Tamaño Máximo 3/4"



**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**NTP 339.185**

**PROYECTO :** Análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla en viviendas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - Tacna, 2025

**AUTORES:** Quiñonez Pilco, Rodolfo Brayan - Laguna Paredes, Oscar Alonzo Ricardo

**MUESTRA :** Hormigon

**Material:** Ag. Fino-Ag. Grueso

**Método de secado:** Por horno 110°C±5°C

**Datos adicionales:** -

**Agregado Fino**

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	CHF-1	CHF-2	CHF-3
W. Tara (g)	137,40	142,60	141,20
W.Tara + Muestra Húmeda (g)	638,30	643,30	642,50
W.Tara + Muestra Seca (g)	632,70	637,60	636,50
W. Muestra Humeda (g)	500,90	500,70	501,30
W. Muestra Seca (g)	495,30	495,00	495,30
W. Agua (g)	5,60	5,70	6,00
Contenido de Humedad (%)	1,131	1,152	1,211
Contenido de Humedad (%)	1,165		

**Agregado Grueso**

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	CHG-1	CHG-2	CHG-3
W. Tara (g)	226	164,00	229,00
W.Tara + Muestra Húmeda (g)	3380,00	3339,00	3305,00
W.Tara + Muestra Seca (g)	3359,00	3319,00	3288,00
W. Muestra Humeda (g)	3154,00	3175,00	3076,00
W. Muestra Seca (g)	3133,00	3155,00	3059,00
W. Agua (g)	21,00	20,00	17,00
Contenido de Humedad (%)	0,670	0,634	0,556
Contenido de Humedad (%)	0,620		

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN - TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

**ENSAYO DE PESOS UNITARIOS**  
NORMA ASTM C - 29

Agregado Fino (Arena) Cantera : Arunta		S U E L T O			V A R I L L A D O		
		1	2	3	1	2	3
MUESTRA Nº							
Peso del molde + la muestra seca	gr	11,967	11,935	11,989	12,602	12,623	12,571
Peso del molde	gr.	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
Peso de la muestra seca neta	gr.	5,177	5,145	5,199	5,812	5,833	5,781
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1.603	1.593	1.610	1.799	1.806	1.790
Promedio	gr/cc.		1.602			1.798	

Agregado Grueso (Grava) Cantera Arunta		S U E L T O			V A R I L L A D O		
		1	2	3	1	2	3
MUESTRA Nº							
Peso del molde + la muestra seca	gr	11,642	11,807	11,516	11,825	11,858	11,870
Peso del molde	gr.	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
Peso de la muestra seca neta	gr.	4,852	5,017	4,726	5,035	5,068	5,080
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1.502	1.553	1.463	1.559	1.569	1.573
Promedio	gr/cc.		1.506			1.567	

PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN - TACNA, 2025"

MUESTRA : AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.

FECHA : TACNA, SETIEMBRE DEL 2025

**ENSAYO DE PESOS UNITARIOS**  
NORMA ASTM C - 29



AG(%)	AF(%)	Nº DE COMBINACION
40	60	1
45	55	2
50	50	3
55	45	4
60	40	5
65	35	6

Agregado global Cantera : Arunta		V A R I L L A D O					
MUESTRA Nº		1	2	3	4	5	6
Peso del molde + la muestra seca	gr	12,315	12,308	12,334	12,353	12,341	12,351
Peso del molde	gr	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790	6,790
Peso de la muestra seca neta	gr	5,525	5,518	5,544	5,563	5,551	5,561
Volumen del molde	cc	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc	1.711	1.708	1.716	1.722	1.719	1.722
Peso Unitario	kg/m3	1,710.5	1,708.4	1,716.4	1,722.3	1,718.6	1,721.7

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN**  
**NTP. 400.022 - NTP. 400.021**

<b>PROYECTO :</b>	Análisis comparativo de la resistencia mecánica y el costo del concreto elaborado mediante dosificación empírica y métodos de diseño de mezcla en viviendas del distrito Gregorio Albarraçin Lanchipa - Tacna, 2025		
<b>AUTORES:</b>	Quiñonez Pilco, Rodolfo Brayan - Laguna Paredes, Oscar Alonzo Ricardo		
<b>MUESTRA:</b>	Hormigon		
<b>Material:</b>	Agregado fino - Agregado grueso	<b>Método de secado:</b>	Por horno 110°C±5°C
<b>Datos adicionales:</b>	Procedimiento gravimétrico (Picnómetro) - Ag. Fino Agregado sumergido en agua por 24 h ± 4 h - Ag. Grueso		

**GRAVEDAD ESPECIFICA (AG. FINO)**

ITEM	MUESTRAS		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
W. Tara (g)	74,29	77,05	77,16
W. Tara + Muestra SSS (g)	579,68	582,45	582,44
W. Tara + Muestra seca (g)	574,59	577,19	577,73
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	970,25	972,32	973,34
W. Fiola + Agua (g)	655,51	657,27	658,35
W. Muestra SSS (g)	505,39	505,40	505,28
W. Muestra Seca (g)	500,30	500,14	500,57
Absorción (%)	1,017	1,052	0,941
Peso específico aparente (g/cc)	2,624	2,627	2,631
Peso específico SSS (g/cc)	2,651	2,655	2,655
Peso específico nominal (g/cc)	2,696	2,702	2,697
<b>Absorción (Prom.)(%)</b>	<b>1,003</b>		
<b>Peso esp. aparente (g/cc)</b>	<b>2,627</b>		
<b>Peso específico SSS (g/cc)</b>	<b>2,654</b>		
<b>Peso específico nominal (g/cc)</b>	<b>2,699</b>		

**PESO ESPECÍFICO (AG. GRUESO)**

ITEM	MUESTRA		
	PE-1	PE-2	PE-3
W. Tara (g)	233,260	165,180	151,490
W.Tara + Muestra SSS (g)	1738,910	1670,950	1684,900
W. Tara + Muestra seca (g)	1720,040	1654,520	1663,780
Muestra sumergida (g)	938,420	939,280	955,020
W. Muestra Seca (g)	1486,780	1489,340	1512,290
W. Muestra SSS (g)	1505,650	1505,770	1533,410
W. Muestra SSS sumergida (g)	938,420	939,280	955,020
Volumen de la muestra SSS (cc)	567,230	566,490	578,390
Volumen de la muestra (cc)	548,360	550,060	557,270
Absorción (%)	1,269	1,103	1,397
Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)	2,621	2,629	2,615
Peso específico masa saturada con superficie seca (Pesss) (g/cc)	2,654	2,658	2,651
Peso específico aparente (Pea) (g/cc)	2,711	2,708	2,714
<b>Absorción (%)</b>	<b>1,256</b>		
<b>Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)</b>	<b>2,622</b>		
<b>Peso específico masa saturada con superficie seca (PeSSS) (g/cc)</b>	<b>2,655</b>		
<b>Peso específico aparente (Pea) (g/cc)</b>	<b>2,711</b>		

**RESULTADOS Ag. Fino**

Peso específico SSS (g/cc)	<b>2,654</b>
Absorción (%)	<b>1,003</b>

**RESULTADOS Ag. Grueso**

Peso específico SSS (g/cc)	<b>2,655</b>
Absorción (%)	<b>1,256</b>

## ANEXO 6: Ensayo de Rotura de Probetas

ENSAYO DE ROTURAS												
PROYECTO	: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA Y EL COSTO DEL CONCRETO ELABORADO MEDIANTE DOSIFICACIÓN EMPÍRICA Y MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA EN VIVIENDAS DEL DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN - TACNA, 2025"											
MUESTRA	: AGREGADO PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA.											
FECHA	: TACNA, SETIEMBRE DEL 2025											
							Patrones de Fractura					
N	CODIGO DE MUESTRA	OBSERVACION	fc	Fecha de	Fecha de	Edad	MEDIDA			carga maxima	Resist.	TIPO DE FRACTURA
			deseado	Vaciado	Rotura	(días)	longitud (mm)	diametro (mm)	area (mm2)	KN	kg/cm <sup>2</sup>	
1	M1-V1-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	09/09/25	16/09/25	7	300	150	17671.459	211.3	121.93	TIPO 5
2	M2-V1-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	09/09/25	16/09/25	7	300	150	17671.459	220.12	127.02	TIPO 5
3	M3-V1-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	09/09/25	07/10/25	28	300	150	17671.459	276.52	159.56	TIPO 5
4	M4-V1-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	09/09/25	07/10/25	28	300	150	17671.459	264.63	152.70	TIPO 5
5	M5-V2-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	11/09/25	18/09/25	7	300	150	17671.459	255.6	147.49	TIPO 3
6	M6-V2-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	11/09/25	18/09/25	7	300	150	17671.459	249.64	144.05	TIPO 3
7	M7-V2-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	11/09/25	09/10/25	28	300	150	17671.459	301.57	174.02	TIPO 3
8	M8-V2-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	11/09/25	09/10/25	28	300	150	17671.459	303.02	174.86	TIPO 3
9	M9-V3-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	12/09/25	19/09/25	7	300	150	17671.459	231.99	133.87	TIPO 5
10	M10-V3-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	12/09/25	19/09/25	7	300	150	17671.459	221.55	127.84	TIPO 5
11	M11-V3-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	12/09/25	10/10/25	28	300	150	17671.459	296.33	170.99	TIPO 5
12	M12-V3-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	12/09/25	10/10/25	28	300	150	17671.459	285.41	164.69	TIPO 5
13	M13-V4-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	16/09/25	23/09/25	7	300	150	17671.459	161.39	93.13	TIPO 5
14	M12-V4-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	16/09/25	23/09/25	7	300	150	17671.459	170.03	98.11	TIPO 5
15	M12-V4-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	16/09/25	14/10/25	28	300	150	17671.459	211.31	121.93	TIPO 3
16	M12-V4-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon	210	16/09/25	14/10/25	28	300	150	17671.459	226.46	130.68	TIPO 3
17	M12-HO-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon (ACI)	210	20/09/25	27/09/25	7	300	150	17671.459	335.6	193.66	TIPO 5
18	M12-HO-07	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon (ACI)	210	20/09/25	27/09/25	7	300	150	17671.459	328.05	189.30	TIPO 5
19	M12-HO-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon (ACI)	210	20/09/25	18/10/25	28	300	150	17671.459	401.33	231.58	TIPO 3
20	M12-HO-28	Muestra: CEMENTO YURA HE & Hormigon (ACI)	210	20/09/25	18/10/25	28	300	150	17671.459	415.61	239.82	TIPO 4
21	M12-AG.F & AG.G--07	Muestra: CEMENTO YURA HE -AGREGADO GRUESO Y FINO (ACI)	210	25/09/25	02/10/25	7	300	150	17671.459	383.3	221.18	TIPO 5
22	M12-AG.F & AG.G--07	Muestra: CEMENTO YURA HE -AGREGADO GRUESO Y FINO (ACI)	210	25/09/25	02/10/25	7	300	150	17671.459	429.24	247.69	TIPO 5
23	M12-AG.F & AG.G--28	Muestra: CEMENTO YURA HE -AGREGADO GRUESO Y FINO (ACI)	210	25/09/25	23/10/25	28	300	150	17671.459	510.63	294.65	TIPO 3
24	M12-AG.F & AG.G--28	Muestra: CEMENTO YURA HE -AGREGADO GRUESO Y FINO (ACI)	210	25/09/25	23/10/25	28	300	150	17671.459	505.59	291.75	TIPO 3