

Mechanical resistance of concrete used in the construction of informal housing in the City of Cajamarca 2025

César Erixon, Zorrilla Rodríguez¹ ; Miguel Angel, Mosqueira Moreno Dr² 
Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr³ 

¹Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. czorrillar_epg17@unc.edu.pe

²Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

³Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

Abstract— *Informal construction is a persistent phenomenon worldwide, particularly in Latin America, where it is estimated that between 30% and 70% of urban buildings are constructed without technical supervision. In contexts of rapid urban growth and economic inequality, low-income populations access housing through self-construction, without complying with technical standards or structural safety regulations. This research evaluated the mechanical properties of informal concrete used in homes in the Huacariz, Mollepampa, and Nuevo Cajamarca sectors of the city of Cajamarca. Compressive, flexural, and tensile strength were analyzed and compared with the minimum values required by the NTP, ACI, and RNE technical standards. The methodology adopted a quantitative, descriptive, non-experimental, and cross-sectional approach, applying standardized laboratory tests to 450 specimens extracted in situ from 30 homes. The results showed that informal concrete does not meet the minimum strength requirements, registering negative differences of up to 41.28% in compression (the minimum standard value is 210.00 kg/cm²), 52.92% in flexure (the minimum standard value is 38.00 kg/cm²), and 39.31% in tension (the minimum standard value is 19.82 kg/cm²). While the Nuevo Cajamarca sector showed better results than the other sectors, they still fall below the standards established in the regulations. This demonstrates that the informal concrete used in the evaluated homes does not meet the minimum structural strength requirements, posing a significant risk to the safety of their occupants.*

Keywords— *Informal concrete, mechanical properties, compressive strength, flexural strength, tensile strength.*

Resistencia mecánica del concreto usado en la construcción de viviendas informales de la Ciudad de Cajamarca 2025

César Erixon, Zorrilla Rodríguez¹ ; Miguel Angel, Mosqueira Moreno Dr² ;

Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr³ 

¹Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. czorrillar_epg17@unc.edu.pe

²Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

³Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

Resumen— La construcción informal es un fenómeno persistente en el mundo, particularmente en América Latina, donde se estima que entre el 30 % y el 70 % de las edificaciones urbanas son construidas sin supervisión técnica. En contextos de rápido crecimiento urbano y desigualdad económica, las poblaciones de bajos ingresos acceden a viviendas mediante la autoconstrucción, sin cumplir con los estándares técnicos ni normas de seguridad estructural. En esta investigación se evaluó la resistencia mecánica del concreto utilizado en las viviendas autoconstruidas de los sectores Huacariz, Mollepampa y Nuevo Cajamarca, en la ciudad de Cajamarca. Se analizó la resistencia a compresión, flexión y tracción, comparándolas con los valores mínimos exigidos por las normas técnicas NTP, ACI y RNE. La metodología adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo, no experimental y transversal, aplicando ensayos normalizados en laboratorio a 450 probetas extraídas in situ de 30 viviendas. Los resultados evidenciaron que el concreto informal no alcanza los valores mínimos de resistencia establecidos, registrando diferencias negativas de hasta 41.28% en compresión, cuyo valor normativo mínimo es de 210 kg/cm², 52.92% en flexión, cuyo valor normativo mínimo es de 38 kg/cm², y 39.31% en tracción, cuyo valor normativo mínimo es de 19.82 kg/cm². Si bien el sector Nuevo Cajamarca presentó resultados extralimitados respecto a los otros sectores, siguen por debajo de los estándares establecidos en la normativa. Demostrando que el concreto utilizado en las viviendas autoconstruidas no cumple con los requisitos mínimos de resistencia estructural, constituyendo un riesgo significativo para la seguridad de sus ocupantes.

Palabras clave— Concreto informal, propiedades mecánicas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del artículo se basa en la tesis: “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto informal usado en las construcciones de la ciudad de Cajamarca”, del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca [1]

En América Latina, se enfrenta un alto índice de viviendas construidas sin asistencia técnica. Esta informalidad compromete la resistencia de las edificaciones, especialmente en zonas de alto peligro sísmico [2]. Recordemos que el Perú es parte del círculo de fuego lugar donde ocurren el 80% de los sismos de todo el mundo, por lo que la peligrosidad de la

existencia de un sismo de gran magnitud siempre tiene una gran probabilidad de ocurrencia

En el Perú, el 80 % de las viviendas han sido construidas mediante procesos informales, sin licencia de construcción y sin dirección técnica, representando un enorme riesgo frente a los desastres naturales, especialmente a los sismos, dado que el país se encuentra en una zona altamente sísmica [3]. A pesar de los avances normativos, como la implementación del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la existencia de Normas Técnicas Peruanas (NTP), estas disposiciones son generalmente ignoradas en la construcción de viviendas autoconstruidas.

En la ciudad de Cajamarca, los sectores periféricos como Huacariz, Mollepampa y Nuevo Cajamarca experimentan un crecimiento urbano acelerado, caracterizado por la autoconstrucción de viviendas sin asesoría técnica especializada. Esta práctica constructiva comúnmente implica la preparación manual del concreto en obra, sin procedimientos estandarizados ni pruebas de control de calidad, lo que deriva en resistencias mecánicas muy variables y, en muchos casos, insuficientes para soportar cargas sísmicas mínimas. Investigaciones previas se ha evidenciado que en zonas como el sector Fila Alta de Jaén, también en la región Cajamarca, el concreto utilizado en viviendas de autoconstrucción no cumple con los estándares normativos [4]

Uno de los aspectos más críticos de esta situación es la fabricación empírica del concreto. En muchas obras no se realizan diseños de mezcla, ensayos de laboratorio ni verificación de la resistencia de los elementos estructurales. En su lugar, se utiliza una dosificación “tradicional” comúnmente se utiliza la dosificación 1:2:3 (cemento, arena, piedra), sin medir la relación agua/cemento ni las características de los materiales empleados además de utilizar un proceso de mezclado manual. Esto influye directamente en la resistencia a la compresión, la tracción y la flexión, que son parámetros fundamentales para la seguridad estructural de cualquier edificación [5]

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y las Normas Técnicas Peruanas establecen valores mínimos de resistencia del concreto, que generalmente oscilan entre 175 kg/cm² y 210 kg/cm² (17.5 MPa a 21 MPa) para elementos estructurales convencionales [5]. Sin embargo, diversos estudios han revelado que en la autoconstrucción muchas veces estos valores no se alcanzan, lo que convierte a estas edificaciones en estructuras frágiles y peligrosas.

La investigación demuestra que el concreto informal empleado en viviendas de la ciudad de Cajamarca presenta, en muchos casos, resistencias inferiores a las exigidas por la normativa vigente, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural de estas edificaciones. Considerando que Cajamarca se ubica en una zona sísmica 3, estas deficiencias representan un riesgo significativo de fallas estructurales e incluso colapso ante eventos sísmicos, afectando a población de bajos recursos que construyen sin asistencia técnica.

En este contexto, los resultados obtenidos en la presente investigación serán discutidos y contrastados con antecedentes nacionales relevantes, particularmente con los estudios de Guerrero [6] y García [7], los cuales abordan la evaluación de la resistencia del concreto en viviendas de autoconstrucción. Esta comparación permitirá identificar similitudes y diferencias en el comportamiento mecánico del concreto informal, así como reforzar la validez de los hallazgos en relación con la problemática estudiada.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio presenta un diseño no experimental, ya que no se manipulan las variables, sino que se analiza el comportamiento del concreto informal tal como se emplea en las construcciones existentes de la ciudad de Cajamarca. Asimismo, corresponde a un nivel descriptivo, debido a que se limita a caracterizar las propiedades mecánicas del concreto sin establecer relaciones causales. Finalmente, el diseño es de tipo transversal, puesto que la recolección de datos se realizó en un único momento, evaluándose una muestra de 450 especímenes de concreto provenientes de diversas edificaciones.

Se empleó el método hipotético-deductivo, mediante el cual se formularon hipótesis basadas en antecedentes y se contrastaron a través de ensayos de laboratorio, con el fin de evaluar la resistencia mecánica del concreto informal utilizado en construcciones de la ciudad de Cajamarca. Asimismo, se aplicó el método de observación y medición, que consistió en la obtención y ensayo de probetas elaboradas a partir de muestras representativas, siguiendo normas técnicas nacionales e internacionales, para determinar objetivamente sus propiedades mecánicas.

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS POR ZONA ESTUDIADA

DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS POR ZONA ESTUDIADA						
Edad de ensayo	Zona de expansión Urbana					
	Huacariz		Mollepampa		Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca)	
	No. casas	No. probetas por casa	No. casas	No. probetas por casa	No. casas	No. probetas por casa
28 días	10	15	10	15	10	15
Sub total	150		150		150	
Total	450					

Nota: Adaptado de Ref. [1]

A. Técnicas de recopilación de información

Se realizó una revisión de ensayos con las normas técnicas y antecedentes científicos relacionados con el concreto informal. Además, se ejecutaron ensayos de laboratorio estandarizados de compresión, flexión y tracción sobre las probetas extraídas, obteniendo datos cuantitativos de sus propiedades mecánicas.

B. Técnicas para procesar y analizar información

Los resultados de los ensayos fueron organizados en tablas, analizados mediante estadística descriptiva y comparados con los valores normativos vigentes, lo que permitió interpretar el nivel de cumplimiento del concreto informal y formular conclusiones sobre su seguridad estructural y recomendaciones técnicas.

C. Equipos

- Prensa hidráulica de compresión: Para determinar la resistencia a compresión de las probetas.
- Banco de flexión: Para medir la resistencia a flexión de vigas y probetas de concreto.
- Máquina de tracción: Para ensayos de resistencia a tracción en probetas estándar.
- Vibrómetro o compactador de probetas: Para asegurar una correcta consolidación de las probetas en laboratorio.
- Cinta métrica, calibradores y balanzas: Para medir dimensiones, masas y proporciones de elementos ensayados.

D. Materiales

- Cemento Portland Tipo I (marca utilizada en obra).
- Arena y grava extraídas de los mismos sectores de la ciudad donde se evaluó el concreto.
- Agua potable para la elaboración de las probetas y su curado.
- Moldes de concreto (cilíndricos y prismáticos) para la preparación de probetas estándar.

E. Insumos

- Aceite desmoldante.
- Etiquetas y marcadores para identificar cada probeta.
- Papelería y fichas de registro para documentar resultados
- Equipos de protección personal (EPP): guantes, gafas y cascos.

F. Estándares mínimos normativos

A continuación, se muestran los valores normativos mínimos vigentes, establecidos en las diferentes normas para las propiedades evaluadas: compresión, flexión y tracción indirecta. En el caso de la resistencia a tracción por flexión y tracción indirecta se ha determinado usando las formulas usadas por el ACI 318 y considerando la resistencia mínima a compresión.

TABLA II
ESTÁNDARES MÍNIMOS NORMATIVOS

Propiedad Evaluada	Norma referencial	Valor normativo mínimo
Compresión (kg/cm ²)	NTP 339.034 / ACI / RNE	210.00
Flexión (kg/cm ²)	ACI 318	38.00
Tracción (kg/cm ²)	ACI 318	19.82

Nota: Adaptado de Ref. [1]

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resistencia a compresión

3.1.1. Sector Huacariz

De acuerdo con la Tabla 3 y Figura 1, la resistencia promedio a la compresión en Huacariz fue de 123.32 kg/cm² (que varía en un rango de 105.35 kg/cm² y 152.71 kg/cm²), representa 41.28 % menos que el valor mínimo establecido. El valor evidencia deficiencias significativas en la capacidad del concreto para soportar cargas axiales

TABLA III
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE VIVIENDAS EN EL SECTOR HUACARIZ

Nº Vivienda	Resistencia promedio del concreto (kg/cm ²)	Resistencia promedio del concreto (MPa)	% de la Resistencia a compresión mínima
01	105.35	10.33	50.17
02	125.43	12.30	59.73
03	107.31	10.52	51.10
04	124.14	12.17	59.11
05	152.71	14.98	72.72
06	149.36	14.65	71.12
07	110.08	10.80	52.42
08	128.16	12.57	61.03
09	117.74	11.55	56.07
10	112.94	11.08	53.78
Promedio	123.32	12.09	58.72
Máximo	152.71	14.98	72.72
Mínimo	105.35	10.33	50.17

Nota: El valor normativo mínimo es 210 kg/cm² Ref. [1]

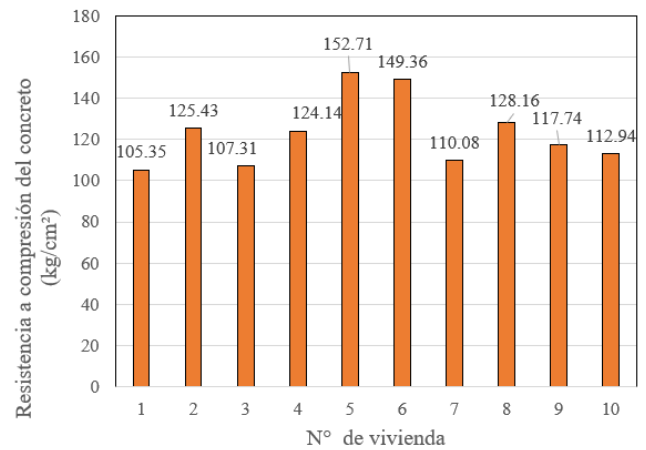


Fig. 1 Gráfica de resistencia a compresión de viviendas en el Sector Huacariz [1]

3.1.2. Sector Mollepampa

Según los resultados de la Tabla 4 y la Figura 2, en Mollepampa la resistencia a la compresión alcanzó 151.59 kg/cm² (que varía en un rango de 114.76 kg/cm² y 187.13 kg/cm²), un 27.81 % debajo del valor mínimo establecido. Por lo que, sigue reflejando deficiencias importantes en la calidad del concreto informal empleado, lo que podría afectar la estabilidad de la estructura ante cargas extremas o sísmicas.

TABLA IV
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE VIVIENDAS EN EL SECTOR MOLLEPAMPA

Nº Vivienda	Resistencia promedio del concreto (kg/cm ²)	Resistencia promedio del concreto (MPa)	% de la Resistencia a compresión mínima
01	116.49	11.42	55.47
02	144.41	14.16	68.77
03	185.35	18.18	88.26
04	185.41	18.18	88.29
05	151.83	14.89	72.30
06	187.13	18.35	89.11
07	148.51	14.56	70.72
08	166.20	16.30	79.14
09	114.76	11.25	54.65
10	115.82	11.36	55.15
Promedio	151.59	14.87	72.19
Máximo	187.13	18.35	89.11
Mínimo	114.76	11.25	54.65

Nota: El valor normativo mínimo es 210 kg/cm² Ref. [1]

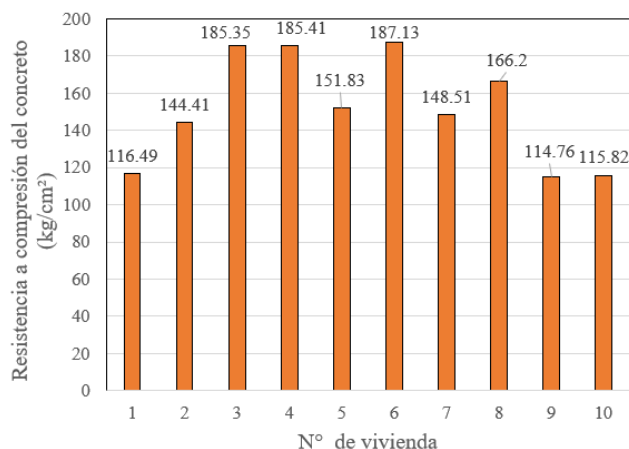


Fig. 2 Gráfica de resistencia compresión de viviendas en el Sector Mollepampa [1]

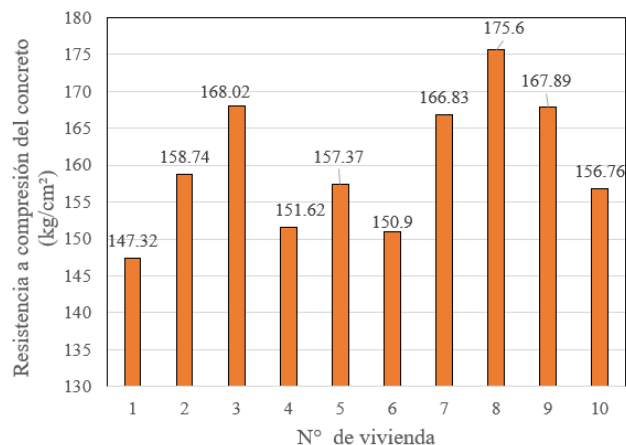


Fig. 3 Gráfica de resistencia compresión de viviendas en el Sector Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) [1]

3.1.3. Sector Nuevo Cajamarca

De acuerdo con la Tabla 5 y la Figura 3, la resistencia a la compresión promedio en Nuevo Cajamarca fue de 160.11 kg/cm² (que varía en un rango de 143.32 kg/cm² y 175.60 kg/cm²), en promedio es 23.76 % menor que el valor normativo mínimo establecido en el capítulo 21 de la Norma E.060 (210 kg/cm²).

TABLA V
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR NUEVO CAJAMARCA (SECTOR DE CAJAMARCA)

Nº Vivienda	Resistencia promedio del concreto (kg/cm²)	Resistencia promedio del concreto (MPa)	% de la Resistencia a compresión mínima
01	147.32	14.45	70.15
02	158.74	15.57	75.59
03	168.02	16.48	80.01
04	151.62	14.87	72.20
05	157.37	15.43	74.94
06	150.90	14.80	71.86
07	166.83	16.36	79.44
08	175.60	17.22	83.62
09	167.89	16.46	79.95
10	156.76	15.37	74.65
Promedio	160.11	15.70	76.24
Máximo	175.60	17.22	83.62
Mínimo	147.32	14.45	70.15

Nota: El valor mínimo es 210 kg/cm². Ref. [1]

Para la resistencia a la compresión, los resultados muestran que ningún sector alcanzó el valor normativo mínimo de 210 kg/cm². El sector Huacariz tiene la resistencia promedio más baja de 123.32 kg/cm², con una diferencia negativa del 41.28%. Mollepampa (151.59 kg/cm²) y Nuevo Cajamarca (160.11 kg/cm²), con diferencias de -27.81% y -23.76%, respectivamente.

3.2. Resistencia a la flexión “Módulo de rotura”

3.2.1. Sector Huacariz

De acuerdo con la Tabla 6 y la Figura 4, el módulo de rotura promedio en Huacariz fue 17.89 kg/cm² (que varía en un rango de 15.80 kg/cm² y 21.54 kg/cm²), lo que representa un 52.92 % menos que el valor sugerido de 38 kg/cm². Evidenciando que el concreto tiene una capacidad limitada para soportar esfuerzos de tracción por flexión.

TABLA VI
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR HUACARIZ

Descripción	Módulo de rotura (kg/cm²)	Módulo de rotura (MPa)	% de Módulo de rotura mínimo
M - 1	19.00	1.86	50.00
M - 2	20.18	1.98	53.11
M - 3	21.54	2.11	56.68
M - 4	17.52	1.72	46.11
M - 5	16.30	1.60	42.89
M - 6	16.26	1.59	42.79
M - 7	15.80	1.55	41.58
M - 8	18.06	1.77	47.53
M - 9	17.19	1.69	45.24
M - 10	17.05	1.67	44.87
Promedio	17.89	1.75	47.08
Máximo	21.54	2.11	56.68
Mínimo	15.80	1.55	41.58

Nota: El valor mínimo es 38 kg/cm². Ref. [1].

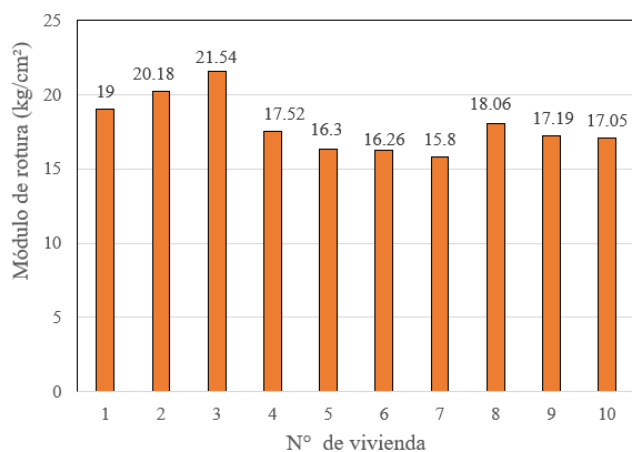


Fig. 4 Gráfica de resistencia a flexión de viviendas en el Sector Huacariz [1]

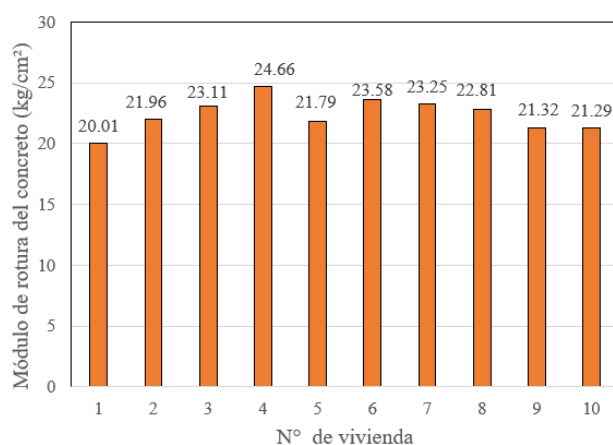


Fig. 5 Gráfica de resistencia a flexión de viviendas en el Sector Mollepampa [1]

3.2.2. Sector Mollepampa

De acuerdo con la Tabla 7 y la Figura 5, el módulo de rotura promedio en Mollepampa fue de 22.38 kg/cm² (que varía en un rango de 20.01 kg/cm² y 24.66 kg/cm²), un 41.10% inferior al valor mínimo de 38 kg/cm². El concreto presenta deficiencias similares en su resistencia a la flexión, lo que incrementa la probabilidad de fisuración y fallas frágiles en los elementos estructurales.

TABLA VII
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR MOLLEPAMPA

Descripción	Módulo de rotura (kg/cm²)	Módulo de rotura (MPa)	% de Módulo de rotura mínimo
M - 1	20.01	1.96	52.66
M - 2	21.96	2.15	57.79
M - 3	23.11	2.27	60.82
M - 4	24.66	2.42	64.89
M - 5	21.79	2.14	57.34
M - 6	23.58	2.31	62.05
M - 7	23.25	2.28	61.18
M - 8	22.81	2.24	60.03
M - 9	21.32	2.09	56.11
M - 10	21.29	2.09	56.03
Promedio	22.38	2.19	47.08
Máximo	24.66	2.42	64.89
Mínimo	20.01	1.96	52.66

Nota: El valor mínimo es 38 kg/cm² Ref. [1]

3.2.2. Sector Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca)

De acuerdo con Tabla 8 y la Figura 6, el módulo de rotura promedio en Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) alcanzó 24.10 kg/cm² (que varía en un rango de 22.36 kg/cm² y 25.88 kg/cm²), un 36.58 % por debajo del valor mínimo de 38 kg/cm². El concreto muestra limitación frente a esfuerzos de flexión, lo cual puede generar fisuración en los elementos estructurales sometidos a este tipo de esfuerzo.

TABLA VIII
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR NUEVO CAJAMARCA (SECTOR DE CAJAMARCA)

Descripción	Módulo de rotura (kg/cm²)	Módulo de rotura (MPa)	% de Módulo de rotura mínimo
M - 1	23.89	2.34	62.87
M - 2	24.23	2.38	63.76
M - 3	25.88	2.54	68.11
M - 4	24.15	2.37	63.55
M - 5	22.36	2.19	58.84
M - 6	23.51	2.31	61.87
M - 7	25.82	2.53	67.95
M - 8	22.90	2.25	60.26
M - 9	24.22	2.38	63.74
M - 10	24.03	2.36	63.24
Promedio	24.10	2.36	63.42
Máximo	25.88	2.54	68.11
Mínimo	22.36	2.19	58.84

Nota: El valor mínimo es 38 kg/cm² Ref. [1]

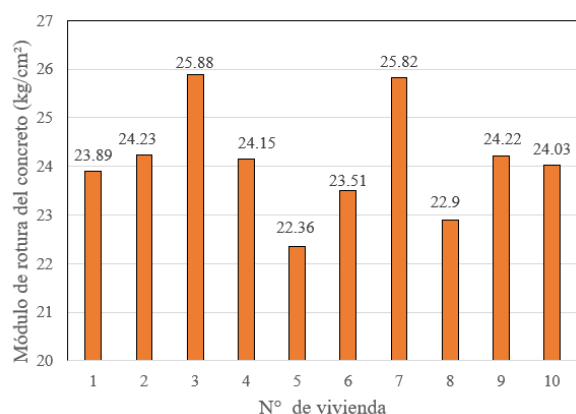


Fig. 6 Gráfica de resistencia a flexión de viviendas en Sector Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) [1]

Para la resistencia a tracción por flexión o módulo de rotura, se tiene que el módulo de rotura es de 38 kg/cm². Se observa que en el sector de Huacariz obtuvo 17.89 kg/cm² en promedio, siendo menor en 52.92% que lo sugerido. Para el sector de Mollepampa alcanzó en promedio 22.38 kg/cm² también siendo menor en -41.10% y Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca), 24.10 kg/cm² de manera similar a los otros sectores fue menor en 36.58%. Los valores muestran la deficiente resistencia a la tracción por flexión, lo cual podría causar una falla en elementos estructurales sometidos a flexión como es el caso de las vigas.

3.3. Resistencia a la tracción indirecta

3.3.1. Sector Huacariz

Según la Tabla 9 y la Figura 7, la resistencia a la tracción indirecta en Huacariz fue de 12.03 kg/cm² (varía en un rango de 11.52 kg/cm² y 12.79 kg/cm²), lo que representa el 39.31 % menos que el valor normativo de 19.82 kg/cm². Este bajo desempeño evidencia una cohesión interna deficiente del concreto, e incrementa la probabilidad de aparición de fisuras y fallas frágiles en elementos estructurales sometidos a esfuerzos de tensión.

TABLA IX
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR HUACARIZ

Descripción	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Resistencia a la tracción (MPa)	% Resistencia a tracción
M - 1	11.52	1.13	58.14
M - 2	12.79	1.25	64.53
M - 3	12.20	1.20	61.53
M - 4	12.44	1.22	62.77
M - 5	11.84	1.16	59.71
M - 6	11.92	1.17	60.14
M - 7	12.08	1.18	60.94
M - 8	11.67	1.14	58.88
M - 9	11.61	1.14	58.59
M - 10	12.21	1.20	61.62
Promedio	12.03	1.18	60.69
Máximo	12.79	1.25	64.53
Mínimo	11.52	2.19	58.14

Nota: El valor mínimo es 19.82 kg/cm² Ref. [1].

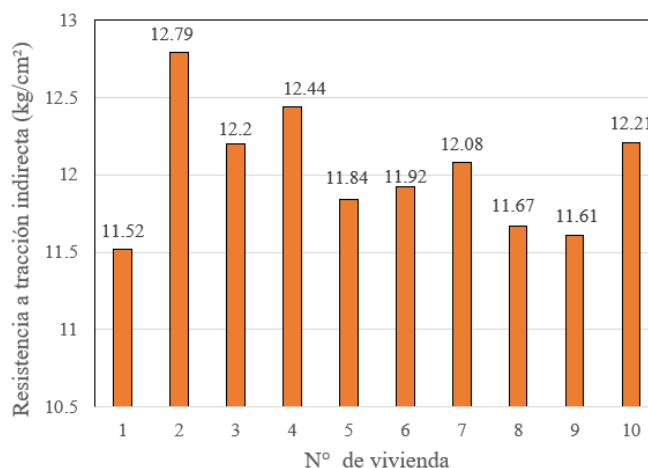


Fig. 7 Gráfica de resistencia a tracción indirecta de viviendas en Sector Huacariz [1]

3.3.2. Sector Mollepampa

De acuerdo con la Tabla 10 y la Figura 8, en Mollepampa la resistencia promedio a la tracción indirecta fue de 15.09 kg/cm² (que varía en un rango de 14.239 kg/cm² y 15.752 kg/cm²), lo que representa en promedio 23.88 % inferior al valor sugerido de 19.82 kg/cm², que se establece dentro del capítulo ACI 318 ($\approx 9.44\%$ f'c), esta resistencia sigue siendo insuficiente, comprometiendo el comportamiento del concreto frente a esfuerzos de tensión.

TABLA X
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL
SECTOR MOLLEPAMPA

Descripción	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Resistencia a la tracción (MPa)	% Resistencia a tracción
M - 1	15.37	1.51	77.52%
M - 2	15.69	1.54	79.14%
M - 3	15.23	1.49	76.83%
M - 4	14.24	1.40	71.84%
M - 5	14.57	1.43	73.49%
M - 6	15.75	1.54	79.48%
M - 7	14.70	1.44	74.14%
M - 8	14.91	1.46	75.23%
M - 9	15.30	1.50	77.21%
M - 10	15.12	1.48	76.31%
Promedio	15.09	1.48	76.12%
Máximo	15.75	1.54	79.48%
Mínimo	14.24	1.40	71.48%

Nota: El valor mínimo es 19.82 kg/cm² Ref. [1]

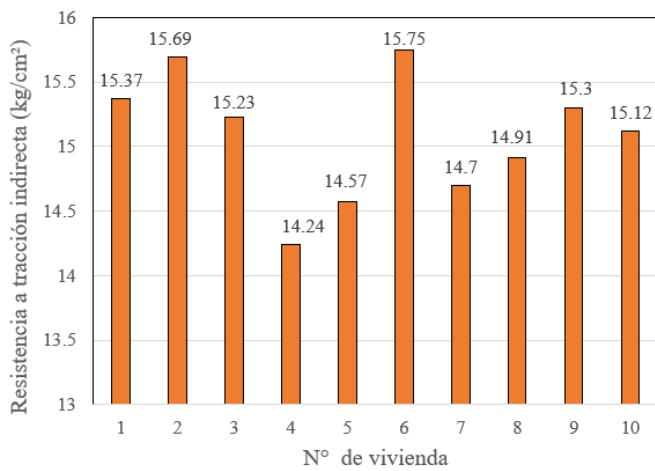


Fig. 8 Gráfica de resistencia a tracción de viviendas en el Sector Huacariz [1]

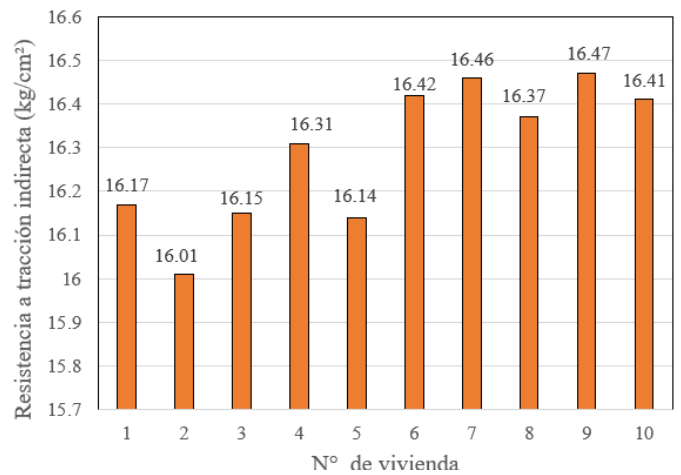


Fig. 9 Gráfica de resistencia a tracción de viviendas en el Sector Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) [1]

3.3.3. Sector Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca)

De la Tabla 11 y la Figura 9, el sector Nuevo Cajamarca presentó un promedio de 16.29 kg/cm² (que varía en un rango de 16.010 kg/cm² y 16.472 kg/cm²), un 17.81 % menor que el valor normativo 19.82 kg/cm².

TABLA XI
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIVIENDAS EN EL SECTOR
NUEVO CAJAMARCA (SECTOR DE CAJAMARCA)

Descripción	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Resistencia a la tracción (MPa)	% Resistencia a tracción
M - 1	16.17	1.59	81.57
M - 2	16.01	1.57	80.78
M - 3	16.15	1.58	81.46
M - 4	16.31	1.60	82.31
M - 5	16.14	1.58	81.44
M - 6	16.42	1.61	82.84
M - 7	16.46	1.61	83.06
M - 8	16.37	1.60	82.57
M - 9	16.47	1.62	83.11
M - 10	16.41	1.61	82.79
Promedio	16.29	1.60	82.19
Máximo	16.47	1.62	83.11
Mínimo	16.01	1.57	80.78

Nota: El valor mínimo es 19.82 kg/cm² Ref. [1]

Para la resistencia a la tracción indirecta se toma como referencia el 9.44% de la resistencia a la compresión, se estima un valor mínimo de 19.82 kg/cm². En este caso, Huacariz presentó 12.03 kg/cm² siendo menor en 39.31%, Mollepampa 15.09 kg/cm², menor en 23.88% y Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) 16.29 kg/cm² menor en 17.81%. Aunque este último sector muestra una resistencia a tracción indirecta ligeramente mejor, ningún resultado cumple con los estándares. La baja resistencia a la tracción sugiere una escasa cohesión interna del concreto, lo que incrementa el riesgo de fisuras y fallas frágiles.

En la tabla 12 se observa un resumen de los valores promedios, máximos y mínimos de la resistencia a compresión, tracción por flexión y tracción indirecta para cada sector de expansión de la ciudad de Cajamarca. Se observa que el sector con mejor resistencia es el sector de Nuevo Cajamarca, y el sector con menor resistencia es el de Huacariz.

TABLA XII
COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON ESTÁNDARES
NORMATIVOS

Propiedad	Valores	Huacariz	Mollepampa	Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca)
Compresión (kg/cm²)	Promedio	123.32	151.59	160.11
	Máximo	152.71	187.13	175.60
	Mínimo	105.35	114.76	147.32
	Valor mínimo normativo: 210 kg/cm²			
Flexión (kg/cm²)	Promedio	17.89	22.38	24.10
	Máximo	21.54	24.66	25.88
	Mínimo	15.80	20.01	22.36
	Valor mínimo normativo: 38 kg/cm²			
Tracción (kg/cm²)	Promedio	12.03	15.09	16.29
	Máximo	12.79	15.75	16.47
	Mínimo	11.52	14.24	16.01
	Valor mínimo normativo: 19.82 kg/cm²			

Nota: Adaptada de Ref. [1]

3.4. Discusión con estudios

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con lo reportado por Guerrero [6] y García [7], quienes también evidenciaron deficiencias significativas en la calidad del concreto empleado en construcciones informales. En el estudio de Guerrero [6], las resistencias a compresión oscilaron entre 70.45 kg/cm² y 150.91 kg/cm², valores similares a los encontrados en esta investigación, donde los promedios variaron entre 123.32 kg/cm² y 160.11 kg/cm², todos por debajo del mínimo normativo de 210 kg/cm². Asimismo, García [7] reportó una resistencia promedio de 106 kg/cm², confirmando una tendencia generalizada de incumplimiento de las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la evidencia de que el concreto producido en contextos de autoconstrucción presenta una baja calidad mecánica, atribuida principalmente a deficiencias en la dosificación, control de materiales y procesos constructivos, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural de las edificaciones, tal como se ha evidenciado en la ciudad de Cajamarca.

IV. CONCLUSIONES

El concreto informal utilizado en las viviendas de los sectores Huacariz, Mollepampa y Nuevo Cajamarca de la ciudad de Cajamarca no cumplen con las propiedades mecánicas mínimas en más del 15 % de los valores establecidos por las normas técnicas NTP, ACI y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

La resistencia a la compresión del concreto informal en todos los sectores evaluados fue inferior al valor normativo mínimo de 210 kg/cm². El sector Huacariz presentó el resultado más bajo (con un promedio de 123.32 kg/cm²), seguido de Mollepampa (con un promedio de 151.59 kg/cm²) y Nuevo Cajamarca (Sector de Cajamarca) (con un promedio de 160.11 kg/cm²).

La resistencia a la flexión, evidencia valores promedios que estuvieron entre 36.58% y 52.92% (24.10 y 17.89 kg/cm²) por debajo del estándar estimado (38 kg/cm²), afectando especialmente la capacidad estructural de elementos sometidos a momentos flectores, como vigas y losas.

La resistencia a la tracción indirecta también fue insuficiente en todos los sectores, con valores promedio entre 12.03 kg/cm² y 16.29 kg/cm², siendo 39.31 a 17.81% menor al valor normativo de 19.82 kg/cm². Esta deficiencia compromete la integridad estructural frente a la formación de grietas, fisuras y fallas frágiles.

El análisis comparativo evidenció que el sector Nuevo Cajamarca presentó los mejores resultados, aunque aún por debajo de los valores mínimos establecidos las normas trabajadas. Las diferencias entre sectores no son suficientes para considerar aceptable la calidad del concreto empleado.

Los resultados obtenidos evidencian que la insuficiente resistencia mecánica del concreto informal incrementa significativamente la vulnerabilidad estructural de las viviendas evaluadas. Considerando que la ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad (zona sísmica 3), estas deficiencias representan un alto riesgo de fallas estructurales severas e incluso colapso ante la ocurrencia de un sismo, comprometiendo la seguridad de los ocupantes, especialmente en viviendas autoconstruidas que carecen de control técnico adecuado.

V. REFERENCIAS

- [1] C. Zorrilla Rodriguez. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto informal usado en las construcciones de la ciudad de Cajamarca, Tesis posgrado, Univ. Pub. UNC, 2025
- [2] GFDRR. Building resilience in informal settlements. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. <https://www.gfdr.org/en/publication/building-resilience-informal-settlements>. 2021
- [3] Infobae. 80% de las viviendas en el Perú son autoconstruidas y altamente vulnerables ante desastres naturales. <https://www.infobae.com/peru/2023/02/18/80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-autoconstruidas-y-altamente-vulnerables-ante-desastres-naturales/>. 2023
- [4] CONCYTEC. Evaluación de la calidad estructural del concreto en viviendas de autoconstrucción en el sector Fila Alta, Jaén, región Cajamarca. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC_04b4c2a207b397b882c9cadde0e96a4f/Details. 2024
- [5] ACI Committee 318.. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19). American Concrete Institute. <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51717379>. 2019
- [6] R. Guerrero. Evaluación del nivel de la resistencia a la compresión del concreto fabricado en obras por autoconstrucción en la ciudad de Chiclayo. [Tesis de licenciatura, Tesis pregrado, Univ. Priv. UCSTM, 2023]
- [7] F. García. Evaluación del concreto estructural elaborado en obras por autoconstrucción en el distrito de La Esperanza – Trujillo, 2021 [Tesis de licenciatura, Tesis pregrado, Univ. Priv. UPN, 2021]