



## ARTÍCULO ORIGINAL

# Comportamiento estructural de muros en viviendas incorporando caucho de neumáticos reciclados y aserrín en los bloques de concreto, Juliaca – 2023

Structural behavior of walls in homes incorporating rubber from recycled tires and sawdust in concrete blocks, Juliaca – 2023

• Franki Soncco <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Cesar Vallejo, Callao, Perú.

Correo electrónico: [oliversc24s@gmail.com](mailto:oliversc24s@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1780-1965>

Recibido: 01 febrero del 2024 / Revisado: 31 mayo del 2024 / Aprobado: 28 julio del 2024 / Publicado: 29 de agosto del 2024

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar de qué manera influye en el comportamiento estructural de muros en viviendas la incorporación del caucho de neumáticos y aserrín en bloques de concreto, la investigación fue por enfoque cuantitativo y por propósito aplicada, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental, la población estuvo constituida por viviendas con muros de bloques, la muestra de 27 unidades de bloques, 9 pilas, 9 muretes y una vivienda representativa. Los resultados para la dosificación 0%, 25%, 30% de neumáticos y aserrín fueron, para resistencia a compresión en unidades de 57.07, 50.04 y 47.44kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a compresión en pilas de 48.77, 32.08 y 29.94kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a compresión en muretes de 9.52, 8.31 y 7.22kg/cm<sup>2</sup>, para desplazamiento lateral la dosificación 30% presenta mayor incremento, en los cuatro indicadores la dosificación 30% es la que más influye negativamente y para cortante basal la dosificación 30% presenta mayor disminución. Finalmente se evaluó que la dosificación con 25% de virutas de neumáticos y aserrín es la que influye en menor proporción al comportamiento estructural de viviendas, esta influencia es negativa en las propiedades mecánicas porque estas disminuyen y en el desplazamiento lateral porque aumenta y de manera positiva en el cortante basal porque esta disminuye.

**Palabras clave:** Comportamiento estructural; propiedades mecánicas; muros de bloques de concreto; caucho de neumáticos; aserrín.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate how the incorporation of rubber from tires and sawdust in concrete blocks influences the structural behavior of walls in homes, the research was of the type by quantitative approach and by applied purpose, of explanatory level and quasi-experimental design, the population was made up of homes with concrete block walls, the sample of 27 block units, 9 stacks, 9 walls and 3 homes prototype; the results of compression resistance in units with the addition of tire rubber and sawdust were for 0% 57.07, 25% 50.04 and 30% 47.44kg/cm<sup>2</sup>, compression resistance in piles for 0% 48.77, 25% 32.08 and 30% 29.94 kg/cm<sup>2</sup>, compressive strength in walls for 0% 9.52, 25% 8.31 and 30% 7.22kg/cm<sup>2</sup>, in the three indicators, the 30% dosage is the one that has the most influence, for lateral displacement, the 30% dosage increases the displacement and for basal shear, the 30% dosage presents a decrease in the basal shear. Finally, it was evaluated that the dosage with 25% of tire shavings and sawdust is the one that influences the structural behavior of homes to a lesser extent. This influence is negative on the mechanical properties because they decrease and on the lateral displacement because it increases and in a positive way. in the basal shear because it decreases.

**Keywords:** Structural behavior; mechanical properties; concrete block walls; tire rubber; sawdust.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel internacional, a medida que la población continúa creciendo, hay una mayor demanda de construir sus casas, como en

zonas urbanas y rurales, esto crea una demanda de materiales para la construcción (Lara, 2018). La cantidad de neumáticos desechados de los

vehículos está creciendo rápidamente lo que está causando problemas ecológicos y ambientales, los neumáticos desechados pueden contaminar el suelo y el agua, y también pueden ser una fuente de incendios, es importante reciclar o reutilizar las llantas usadas para reducir la contaminación (Bušić et al., 2018), los neumáticos en desuso que son enviados a los botaderos generan un problema ambiental significativo (Abd-Elaal et al., 2019), del mismo modo la industria maderera también genera desechos de aserrín, que pueden causar problemas ambientales, el aserrín puede quemarse, verterse en ríos o acumularse en el aire, lo que puede provocar problemas respiratorios y contribuir al cambio climático, es importante encontrar formas de reciclar o reutilizar el aserrín para disminuir la contaminación ambiental (Castro & Farfán, 2020), se deben realizar más estudios sobre el uso de llantas usadas en el concreto planteando cambios en la morfología porque la distribución, forma, el tamaño de las partículas de caucho pueden influir en el comportamiento mecánico del hormigón (Estrada, 2016), asimismo en un estudio realizado en Ecuador se concluyó que la producción de bloques adicionando aserrín y caucho de neumático triturado tiene mejores propiedades respecto a los bloques tradicionales, en donde se evaluaron parámetros como la absorción, densidad, humedad y resistencia a la compresión de cada bloque, demostrando que todas las muestras optimizan costos y cumplen con las normas INEN, lo que a su vez contribuye a reducir el impacto ambiental al aprovechar residuos industriales (Castro & Farfán, 2020) y a nivel nacional de todo el Perú, en la construcción se utilizan materiales relacionados con aspectos económicos y ambientales, por lo que se ha iniciado la búsqueda de nuevos materiales que cumplan con los requisitos y normativas vigentes (Vásquez, 2022), en este contexto se debe usar el caucho en pequeñas fibras para mejorar su adherencia al concreto y los agregados, así como la incorporación de caucho triturado procedente de llantas usadas para disminuir costos y fomentar el reciclaje (Paiva, 2019), en Cajamarca, se realizó una investigación sobre el comportamiento estructural de unidades de concreto, se evaluaron las propiedades mecánicas y físicas de los especímenes, se concluyó que el comportamiento estructural de los ladrillos cumple en un 70% con la Norma E.070, en donde recomienda realizar evaluaciones similares en todas las ladrilleras de la ciudad para obtener una base de datos más amplia (Chávez, 2020), en Apurímac se propuso utilizar unidades de bloques de concreto liviano con aserrín para reducir la carga en las edificaciones, aunque esto puede disminuir la resistencia a compresión de las unidades, en donde sugiere realizar otras investigaciones con la incorporación de aserrín en porcentajes de 9%,

15% y 30%, en unidades de bloques de concreto según a la NTP E.070 y utilizar prensas en la elaboración de los bloques (Pariona, 2021), asimismo, es importante destacar que el sistema estructural más comúnmente empleado en el levantamiento de viviendas en Perú es la albañilería, especialmente en áreas urbanas, es esencial que estas construcciones cumplan con los requisitos mínimos establecidos en las NTP para garantizar la seguridad y minimizar riesgos y daños estructurales en caso de sismos (Zavala, 2005), por otro lado concluye que agregar hasta en un 20% de caucho no mostró un cambio significativo en comparación con el 0% de caucho y recomienda realizar estudios con caucho molido y granulado para comprender su comportamiento en el hormigón (Suarez & Mujica, 2016). A nivel local, se destaca la necesidad de elaborar bloques con aserrín considerando que la madera puede aumentar la temperatura, se recomienda llevar a cabo ensayos del aserrín con el concreto y realizar pruebas mecánicas en las unidades de pilas y muretes construidos con estos bloques (Huirma, 2021). Por lo expuesto en los párrafos anteriores, en esta investigación se evaluó de qué manera influye en el comportamiento estructural de muros en viviendas la incorporación del caucho de neumáticos reciclados y aserrín en los bloques de concreto, para lo cual se elaboraron unidades de concreto con diferentes proporciones de caucho y aserrín, los cuales se realizaron los ensayos correspondientes y verificación de los resultados obtenidos con los valores especificados en la NTP E.070.

La justificación práctica tiene como finalidad mostrar el comportamiento estructural de muros en viviendas con caucho de neumáticos y aserrín en las unidades de bloques, el caucho de llantas reciclados y aserrín como materiales de bloques de concreto servirán para construir viviendas con menores costos, generará un impacto positivo el aprovechamiento de estos materiales en desuso, porque ayuda a reducir el gran problema ambiental que representa hoy en día el país y el mundo. Para la justificación metodológica, las bases teóricas de la N.T.P. Norma E.070 se emplearon para obtener los datos para la correcta elaboración de unidades de concreto, la presente investigación genera nuevos datos para las futuras investigaciones y servirá como antecedente para la realización de nuevos proyectos que comprenda sobre el comportamiento estructural de muros de vivienda con incorporación de neumáticos en desuso y el aserrín en los bloques de concreto. La justificación ambiental, los neumáticos en desuso y el aserrín son problemas ambientales en la ciudad de Juliaca, en Perú y en el mundo, ya que se encuentran botados en diferentes puntos de la ciudad de Juliaca, son quemados constantemente lo cual genera contaminación a la atmósfera, por

ende, se puede considerar la incorporación del caucho de neumáticos y el aserrín como un componente en los bloques de concreto para viviendas de esta manera se ayudara a disminuir la contaminación ambiental.

Se planteó como objetivo general: Evaluar de qué manera influye en el comportamiento estructural de muros en viviendas la incorporación del caucho de neumáticos reciclados y aserrín en los bloques de concreto, asimismo, por objetivos específicos: Calcular cómo influye en la

resistencia a compresión en unidades de bloques, determinar en qué medida influye en la resistencia a compresión axial en pilas, determinar cómo influye en la resistencia al corte a compresión diagonal en muretes, evaluar de qué manera influye en el desplazamiento lateral de muros en viviendas y evaluar de qué manera influye en el cortante basal de muros en viviendas la incorporación del caucho de neumáticos reciclados y aserrín en los bloques de concreto.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La técnica que se aplicó para recolectar los datos es mediante la observación directa y análisis del procesamiento de datos, la cual nos permitió estudiar de forma correcta nuestros variables de estudio, además, se utilizó como base teórica la Norma E.030, E.070 del RNE para verificar los resultados obtenidos, los instrumentos que se usaron son fichas técnicas para registrar los datos obtenidos, la muestra para las propiedades mecánicas del muro estuvo conformada por 27 unidades de bloques de concreto, 9 pilas, 9 muretes y para el comportamiento estructural de muros en viviendas estuvo conformado por una vivienda prototipo con unidades de hormigón

con adición de 0%, 25% y 30% de aserrín y caucho de neumáticos.

Los materiales empleados para la presente investigación fueron, cemento portland Tipo IP de 42.5kg marca RUMI de peso específico 2.85 gr/cm<sup>3</sup>, los agregados se obtuvieron de la cantera Yocara – Cabanillas de la ciudad de Juliaca, el caucho de neumáticos en desuso se recolecto de talleres automotriz, botaderos, que posteriormente se realizó la trituración de estas en una planta trituradora para obtener virutas de caucho, el aserrín de madera se recolecto de talleres de carpintería, luego se realizó la caracterización de estas.

**Figura 1**  
*Trituración de neumáticos*



El caucho de neumáticos triturados y aserrín empleados para esta investigación fueron pasantes la malla N° 4, se realizaron estudios de

**Figura 2**  
*Recolección de aserrín*



absorción, peso específico, que se detallan a continuación

**Tabla 1**  
*Propiedades de las virutas de neumáticos y aserrín*

Material	Propiedades	Unidad	Estimación
Viruta de neumáticos	Peso Específico seco	Gr/cm <sup>3</sup>	0.927
	% de Absorción	%	5.06
Aserrín	Peso Específico seco	Gr/cm <sup>3</sup>	1.101
	% de Absorción	%	172.12

Se hizo el diseño según norma ACI 211 para una resistencia de 50kg/cm<sup>2</sup>, las proporciones que se

utilizaron para la elaboración de bloques de concreto se detalla a continuación en la tabla 2.

**Tabla 1**

Dosificación por bloque de concreto con 0%, 25% y 30% de caucho de neumáticos y aserrín

Material	0% de CN y A	Cantidad con 25% de CN y A	30% de CN y A	Unidad
Cemento	0.0011	0.0011	0.0011	m3/bloque
Agua	0.0014	0.0014	0.0014	m3/bloque
A. Fino	0.0042	0.0031	0.0029	m3/bloque
A. Grueso	0.0050	0.0050	0.0050	m3/bloque
Neumáticos y Aserrín	0.0000	0.0010	0.0013	m3/bloque

La elaboración de los especímenes se realizó de acuerdo al diseño de mezclas obtenido con adición de 0%, 25% y 30% de caucho de neumáticos y aserrín. La elaboración de unidades de bloques de concreto se basa según la NTP 399.604 y con dimensiones de 40 cm largo, 20 cm de alto y 15 cm de ancho.

**Figura 3**

Elaboración de bloquetas



La construcción de pilas con bloques de concreto se basa según la NTP 399.605, de 40cm largo por 60cm de altura, con mortero en relación cemento arena de 1:4, juntas de 1.5 cm, las pilas se construyeron con 3 unidades de hilada, con asentado de soga uno sobre otro.

**Figura 4**

Construcción de pilas



La construcción de muretes se hizo según la NTP 399.621, con dimensiones mínimas de 60cm largo por 60cm de altura, asentados con mortero en relación cemento y arena de 1:4, juntas de 1.5 cm y de tipo de aparejo soga, posteriormente el respectivo curado de estas durante 28 días.

**Figura 5**

Elaboración de muretes



Se realizaron ensayos en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del muro. Ensayo de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) de unidades, se realizó de acuerdo a la Norma N.T.P. 399.604, E070, que utilizó la máquina universal a compresión, que se realizaron en total 27 ensayos a edades de 7, 14 y 28 días.

**Figura 6**

Ensayo resistencia a compresión en unidades



El ensayo de resistencia a compresión axial ( $f'm$ ) en pilas se realizó de acuerdo a la Norma N.T.P. 399.605, E.070, que se utilizó la máquina universal a compresión, se realizaron en total 9 ensayos a la edad de 28 días, 3 con 0%, 3 con 25% y 3 con 30% de caucho de neumático y aserrín.

**Figura 7**  
*Ensayo resistencia en pilas*



El ensayo de resistencia al corte a compresión ( $v'm$ ) en muretes se realizó de acuerdo a la Norma N.T.P. 399.621, E.070, que se utilizó la máquina para ensayo de muretes a compresión diagonal, se hizo en total 9 ensayos a la edad de 28 días, 3 con 0%, 3 con 25% y 3 con 30% de caucho de neumático y aserrín.

**Figura 8**  
*Ensayo resistencia en muretes*



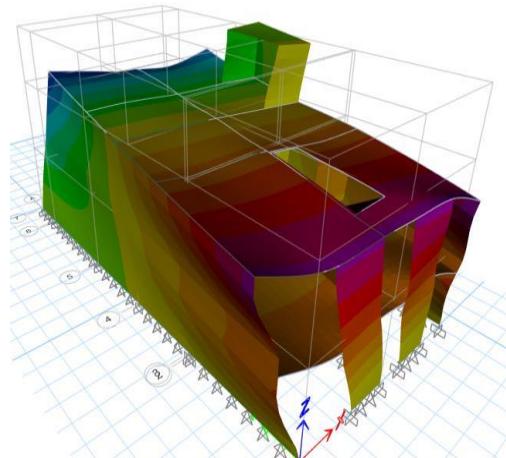
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Resistencia a la compresión ( $f'b$ ) de unidades.

Las proporciones que se utilizaron para la fabricación de bloquetas de concreto en los

Posteriormente se realizó el modelado de vivienda prototípico representativo para la determinación del desplazamiento lateral y cortante basal, mediante el modelamiento en el software Etabs, definición del plano en planta de una vivienda representativa de 2 niveles de albañilería con bloques de concreto, con un área de 105m<sup>2</sup>

**Figura 9**  
*Ensayo resistencia en muretes*



que se realizaron diversos tipos de ensayos es la siguiente. 1:2.1:2.7:0.6 (cemento: agregado grueso: agregado fino: agua).

**Tabla 3***Resumen de resistencia a la compresión de unidades con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días*

Nº	Espécimen	Edad (días)	Resistencia (F'b)	Variación respecto al patrón	
			(Mpa) (Kg/cm2)	Variación en (Kg/cm2) Variación en %	
1	M1: Patrón 0%	28	5.60 57.07	0.00	0.00
2	M2: 25%(CN y A)	28	4.91 50.04	7.03	12.31
3	M2: 30%(CN y A)	28	4.65 47.44	9.63	16.88

**Figura 10***Variación de resistencia en unidades con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días*

Según se aprecia en la tabla 3 y figura 10, se observa que la dosificación con 25% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín disminuye la resistencia a la compresión de unidades en 7.03 Kg/cm<sup>2</sup> (12.31%) y la dosificación de 30% disminuye en 9.63 Kg/cm<sup>2</sup> (16.88%) con respecto al patrón esto nos indica que mientras adicionas más cantidad de neumáticos y aserrín la resistencia disminuye.

Con la estadística inferencial se comprobaron los resultados obtenidos por

la estadística descriptiva con el uso del software estadístico SPSS, en donde con Shapiro Wilk se comprobó que la distribución de los datos es normal, utilizando la prueba de ANOVA se determinó el valor de significancia que es menor de 0.05 y atreves de la prueba de Tukey se determinó la dosificación que más influye en la resistencia a compresión en unidades es la muestra con 30% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín.

### 3.2. Resistencia a la compresión axial (f'm) en pilas

**Tabla 4***Resumen de resistencia a compresión en pilas con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días*

Nº	Espécimen	Edad (días)	Resistencia (F'm)	Variación respecto al patrón	
			(Mpa) (Kg/cm2)	Variación en (Kg/cm2) Variación en %	
1	M1: Patrón 0%	28	4.78 48.77	0.00	0.00
2	M2: 25%(CN y A)	28	3.15 32.08	16.69	34.22
3	M3: 30%(CN y A)	28	2.94 29.94	18.83	38.61

**Figura 11**

Variación de resistencia en pilas con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días



Según se aprecia tabla 4 y figura 11, se observa que la dosificación con 25% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín disminuye la resistencia a la compresión en pilas en un 16.69 Kg/cm<sup>2</sup> (34.22%) con respecto al patrón y la dosificación de 30% disminuye en un 18.83 Kg/cm<sup>2</sup> (38.61%) con respecto al patrón esto nos indica que mientras adicionas más cantidad de neumáticos y aserrín la resistencia disminuye.

Con la estadística inferencial se comprobaron los resultados obtenidos por

la estadística descriptiva con el uso del software estadístico SPSS, en donde con Shapiro Wilk se comprobó que la distribución de los datos es normal, utilizando la prueba de ANOVA se determinó el valor de significancia que es menor de 0.05 y atreves de la prueba de Tukey se determinó la dosificación que más influye en la resistencia a compresión en pilas es la muestra con 30% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín.

### 3.3. Resistencia al corte a compresión diagonal ( $v'm$ ) en muretes

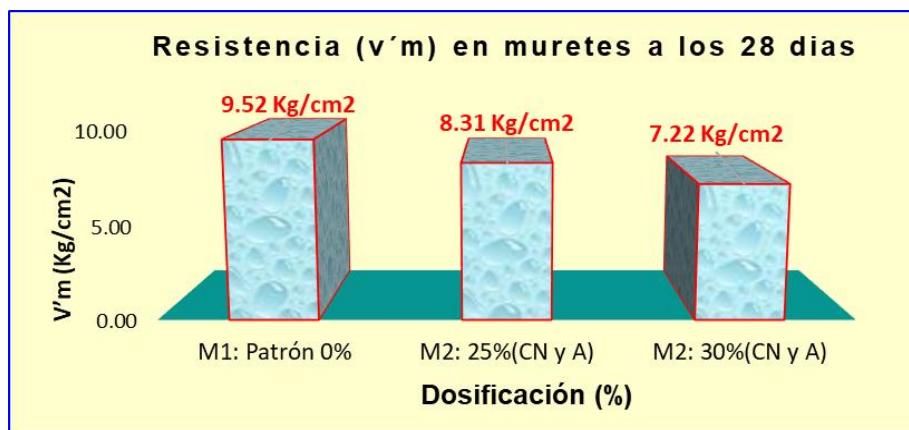
**Tabla 5**

Resumen de resistencia a compresión en muretes con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días

Nº	Espécimen	Edad (días)	Resistencia ( $V'm$ ) (Mpa)	Resistencia ( $V'm$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Variación respecto al patrón Variación en (Kg/cm <sup>2</sup> )	Variación en %
1	M1: Patrón 0%	28	0.93	9.52	0.00	0.00
2	M2: 25%(CN y A)	28	0.81	8.31	1.21	12.76
3	M2: 30%(CN y A)	28	0.71	7.22	2.31	24.23

**Figura 12**

Variación de resistencia en muretes con porcentajes de neumáticos y aserrín a los 28 días



Según se aprecia en la tabla 5 y figura 12, se puede observar que la dosificación con 25% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín disminuye la resistencia al corte a compresión en muretes en un 1.21 Kg/cm<sup>2</sup> (12.76%) respecto al patrón y con adición de 30% disminuye en 2.31 Kg/cm<sup>2</sup> (24.23%) con respecto al patrón esto nos indica que mientras adicionas más cantidad de neumáticos y aserrín la resistencia disminuye.

Con la estadística inferencial se comprobaron los resultados obtenidos por

la estadística descriptiva con el uso del software estadístico SPSS, en donde con Shapiro Wilk se comprobó que la distribución de los datos es normal, utilizando la prueba de ANOVA se determinó el valor de significancia que es menor de 0.05 y a través de la prueba de Tukey se determinó la dosificación que más influye en la resistencia al corte a compresión en muretes es la muestra con 30% de caucho de neumáticos reciclados y aserrín.

### 3.4. Desplazamiento lateral

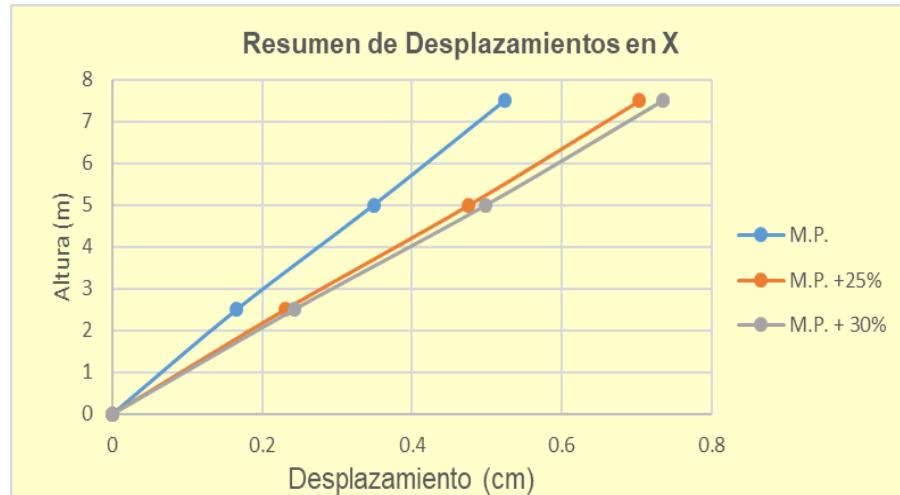
**Tabla 6**

Resumen de Desplazamiento Lateral en "X" con porcentajes de neumáticos y aserrín

NIVEL	Desplazamiento inelástico "X" (cm)			Variación respecto al Muestra Patrón			
	M1: Patrón 0%	M2: 25%(CN y A)	M3: 30%(CN y A)	M2: 25%(CN y A) (cm)	%	M3: 30%(CN y A) (cm)	%
Azotea	0.5238	0.7039	0.7345	+0.1801	+34.38	+0.2107	+40.23
Nivel 2	0.3486	0.4758	0.4983	+0.1272	+36.49	+0.1497	+42.94
Nivel 1	0.1657	0.2305	0.2424	+0.0648	+39.11	+0.0767	+46.29

**Figura 13**

Variación de Desplazamiento Lateral en "X" con porcentajes de neumáticos y aserrín



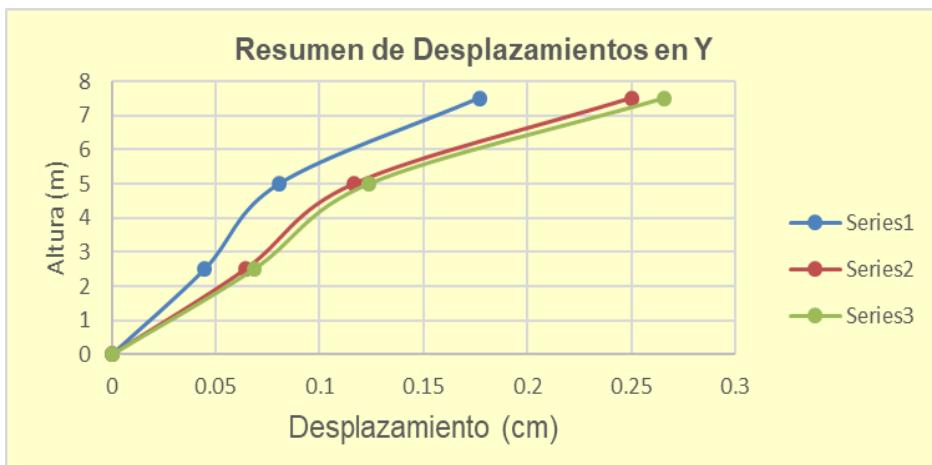
**Tabla 7**

Resumen de Desplazamiento Lateral en "Y" con porcentajes de neumáticos y aserrín

NIVEL	Desplazamiento inelástico "Y" (cm)			Variación respecto a Muestra Patrón			
	M1: Patrón 0%	M2: 25%(CN y A)	M3: 30%(CN y A)	M2: 25%(CN y A) (cm)	%	M3: 30%(CN y A) (cm)	%
Azotea	0.177	0.2501	0.2657	+0.0731	+41.30	+0.0887	+50.11
Nivel 2	0.0808	0.1167	0.1238	+0.0359	+44.43	+0.0430	+53.22
Nivel 1	0.0448	0.0644	0.0684	+0.0196	+43.75	+0.0236	+52.68

**Figura 14**

Variación de Desplazamiento Lateral en “Y” con porcentajes de neumáticos y aserrín



Según se aprecia los desplazamientos laterales inelásticos, para el eje “X” en la tabla 6 y figura 13 se observa que con 25% de adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín incrementa el desplazamiento lateral en un promedio de 0.1214cm (36.65%) y con adición de 30% incrementa en un promedio de 0.1457cm (43.15%) respecto al patrón, para el eje “Y” en la tabla 7 y figura 14 se observa que con

25% de adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín incrementa el desplazamiento lateral en un promedio de 0.0429cm (43.16%) y con adición de 30% incrementa en un promedio de 0.0518cm (52.00%) respecto al patrón, la que más incluye es la dosificación 30%, esto nos indica que a mayor cantidad de adición de caucho de neumático y aserrín el desplazamiento lateral aumenta.

### 3.5. Cortante basal

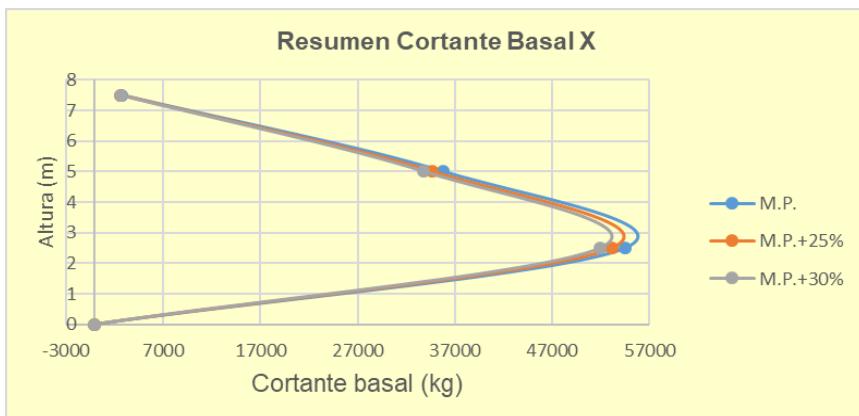
**Tabla 8**

Resumen de Cortante Basal Dinámico en “X” con porcentajes de neumáticos y aserrín

Nivel	Cortante Basal "X" (kg)			Variación respecto a M. Patrón			
	M1: Patrón 0%	M2: 25%(CN y A)	M3: 30%(CN y A)	M2: 25%(CN y A) (kg)	%	M3: 30%(CN y A) (kg)	%
Azot.	2779.36	2671.23	2597.38	-108.13	-3.89	-181.98	-6.55
Nivel 2	35780.43	34681.64	33819.26	-1098.79	-3.07	-1961.17	-5.48
Nivel 1	54478.07	53157.31	51926.97	-1320.76	-2.42	-2551.10	-4.68

**Figura 15**

Variación de Cortante Basal Dinámico en “X” con porcentajes de neumáticos y aserrín



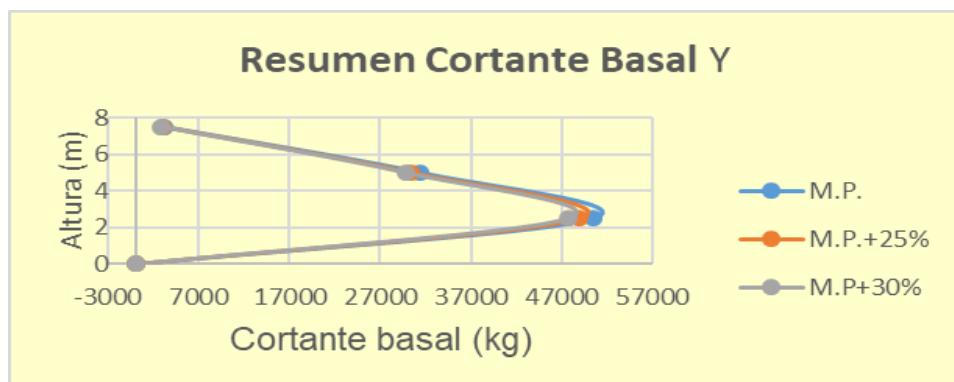
**Tabla 9**

*Resumen de Cortante Basal Dinámico en "Y" con porcentajes de neumáticos y aserrín*

Nivel	Cortante Basal "Y" (kg)			Variación respecto a M. Patrón			
	M1: Patrón 0%	M2: 25%(CN y A)	M3: 30%(CN y A)	M2: 25%(CN y A) (kg)	%	M3: 30%(CN y A) (kg)	%
Azotea	3113.36	2947.18	2899.46	-166.18	-5.34	-213.90	-6.87
Nivel 2	31354.69	30372.63	29807.84	-982.06	-3.13	-1546.85	-4.93
Nivel 1	50447.28	48931.50	47747.90	-1515.78	-3.00	-2699.38	-5.35

**Figura 16**

*Variación de Cortante Basal Dinámico en "Y" con porcentajes de neumáticos y aserrín*



Según se aprecia las cortantes basales dinámicos, para el eje "X" en la tabla 8 y figura 15 se observa que con 25% de adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín disminuye el cortante basal en un promedio de 842.56 kg (3.13%) y con adición de 30% disminuye en un promedio de 1564.75 kg (5.57%) respecto al patrón, para el eje "Y" en la tabla 9 y figura 16 se observa que con 25% de adición de caucho de neumáticos

reciclados y aserrín disminuye el cortante basal en un promedio de 888.01kg (3.82%) y con adición de 30% disminuye en un promedio de 1486.71 (5.72%) respecto al patrón, la que más incluye es la dosificación 30%, esto nos indica que a mayor cantidad de adición de caucho de neumático y aserrín el cortante basal disminuye respecto al patrón.

#### 4. DISCUSIÓN

En esta investigación se determinó que la adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín no mejora la resistencia en unidades de bloques de concreto, con adición de 0%, 25% y 30% se obtuvo resistencias de 57.07 kg/cm<sup>2</sup>, 50.04 kg/cm<sup>2</sup> y 47.44 kg/cm<sup>2</sup>, donde la dosificación con 25% de neumáticos y aserrín disminuye la resistencia en un 7.03 Kg/cm<sup>2</sup> (12.31%) y la dosificación con 30% de neumáticos y aserrín disminuye en un 9.63 Kg/cm<sup>2</sup> (16.88%) respecto al patrón, la dosificación de 30% es la que más influye debido a que presenta mayor disminución en la resistencia, sin embargo se obtuvo valores de la muestra con 25% que cumplen con los valores establecidos por la Norma E.070, al respecto (Lara, 2018) adiciono polvo de caucho de neumático en cantidades de 0%, 10%, 15% y 20%, obtuvo resultados de resistencia en unidades que fueron de 59.53 kg/cm<sup>2</sup>, 52.70 kg/cm<sup>2</sup>, 51.58 kg/cm<sup>2</sup> y 48.01 kg/cm<sup>2</sup> mostrando una ligera disminución y si cumplen

con la norma NTE INEN 3066, por otra parte (Huirma, 2021) adiciono aserrín en cantidades de 0%, 5% y 10%, obtuvo resultados de resistencia de 102.6, 108.8 y 115.6 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mostrando una tendencia al incremento, finaliza diciendo que si cumplen con el RNE E.070, los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los resultados del primer autor citado con adición de neumáticos, en ambos casos tienden a disminuir la resistencia, sin embargo respecto a los resultados del segundo autor citado con adición de aserrín son diferentes porque se utilizaron diferentes porcentajes de aserrín, tienden a incrementar su resistencia, fueron diseñados para una resistencia de 100kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo nuestra investigación fue diseñado para resistencia de 50kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó que la adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín no mejora la resistencia en pilas de bloques de concreto, con adición de 0%, 25% y 30% se obtuvo resistencias

de 48.77 kg/cm<sup>2</sup>, 32.08 kg/cm<sup>2</sup> y 29.94 kg/cm<sup>2</sup>, donde la dosificación con 25% de neumáticos y aserrín disminuye la resistencia en un 16.69 Kg/cm<sup>2</sup> (34.22%) y la dosificación con 30% de neumáticos y aserrín disminuye en 18.83 Kg/cm<sup>2</sup> (38.61%) respecto al patrón, la dosificación de 30% es la que más influye debido a que presenta mayor disminución en la resistencia sobre el patrón, al respecto (Suarez & Mujica, 2016) obtuvieron resistencias en pilas con 0% de caucho de neumáticos granulados de 48.11kg/cm<sup>2</sup>, con 15% de 42.16kg/cm<sup>2</sup> y con 20% de 30.69kg/cm<sup>2</sup> en donde se observa que disminuye la resistencia, los resultados son diferentes porque se emplearon diferentes porcentajes de adición y en nuestra investigación se empleó virutas de caucho de neumáticos y aserrín, mientras el autor citado utilizo caucho granulado, sin embargo en ambos casos tienden a disminuir la resistencia en pilas.

Se obtuvo los siguientes resultados de resistencia al corte a compresión en muretes, con adición de 0%, 25% y 30% se obtuvo resistencias de 9.52 kg/cm<sup>2</sup>, 8.31 kg/cm<sup>2</sup> y 7.22 kg/cm<sup>2</sup>, donde la dosificación con 25% de neumáticos y aserrín disminuye la resistencia en un 1.21 Kg/cm<sup>2</sup> (12.76%) y la dosificación con 30% de neumáticos y aserrín disminuye en 2.31 Kg/cm<sup>2</sup> (24.23%) respecto al patrón, la dosificación de 30% es la que más influye debido a que presenta mayor disminución en la resistencia sobre el patrón, sin embargo, se obtuvo valores de la muestra con 25% que cumplen con los valores establecidos por la Norma E.070, al respecto (Huirma, 2021) en su trabajo adiciono aserrín en cantidades de 0%, 5% y 10%, obtuvo resultados de resistencia en muretes que fueron de 10.2, 10.98 y 11.95 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mostrando una tendencia al incremento, finaliza diciendo que si cumplen con el RNE E.070, por otra parte (Suarez & Mujica, 2016) obtuvieron resistencias en muretes con 0% de caucho de neumáticos de 7.17kg/cm<sup>2</sup>, con 15% de 7.50kg/cm<sup>2</sup> y con 20% de 5.77kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados se difieren a los obtenidos en la investigación debido a que en nuestra investigación se adiciono la combinación de ambos materiales al bloque de concreto, mientras que los autores citados solo adicionaron uno de estos materiales y se emplearon diferentes porcentajes de aserrín y caucho de neumáticos.

## 5. CONCLUSIÓN

En la investigación se ha evaluado que la adición del caucho de neumáticos reciclados y aserrín influye significativamente en el comportamiento estructural de muros de viviendas; de las propiedades mecánicas del muro, para la resistencia a la compresión de unidades la dosificación 30% es la que presenta mayor

Se determinó que la adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín no mejora el desplazamiento lateral inelástico, para el eje "X" con 25% de adición de neumáticos y aserrín incrementa el desplazamiento lateral en un promedio de 0.1214cm (36.65%) y con adición de 30% incrementa en un promedio de 0.1457cm (43.15%) respecto al patrón, para el eje "Y" con 25% de adición incrementa el desplazamiento lateral en un promedio de 0.0429cm (43.16%) y con adición de 30% incrementa en un promedio de 0.0518cm (52.00%) respecto al patrón, la que más influye es la dosificación 30%, esto nos indica que a mayor cantidad de adición de caucho de neumático y aserrín el desplazamiento lateral aumenta por lo tanto es desfavorable para la vivienda. Al respecto (Luis, 2017), evaluó el comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada existente de 4 niveles, se obtuvo resultados de desplazamiento lateral en dirección X-X de 18.57mm (1.857cm) para viviendas existentes y de 11.69mm (1.169cm) para viviendas proyectadas con una variación de 37.01%, estos resultados se difieren a los obtenidos en la investigación.

Se determinó que la adición de caucho de neumáticos reciclados y aserrín mejora el cortante basal dinámico, para el eje "X" con 25% de adición de neumáticos y aserrín disminuye el cortante basal en un promedio de 842.56 kg (3.13%) y con adición de 30% disminuye en un promedio de 1564.75 kg (5.57%) respecto al patrón, para el eje "Y" con 25% de adición disminuye el cortante basal en un promedio de 888.01kg (3.82%) y con adición de 30% disminuye en un promedio de 1486.71 (5.72%) respecto al patrón, la que más influye es la dosificación 30%, esto nos indica que a mayor cantidad de adición de caucho de neumático y aserrín el cortante basal disminuye más respecto al patrón esto significa que mejora el cortante basal por lo tanto es favorable para la vivienda, al respecto (Ccansaya & Piña, 2021) adiciono polímeros plásticos a bloques de concreto para vivienda de albañilería confinada en dosificaciones de 3%, 6% y 9%, obtuvo como resultado que la dosis del 3% dio mejor resultado, obteniendo respecto al cortante basal dinámico de 90922kg en dirección X-X y de 93903kg en dirección Y-Y, estos resultados se difieren a los obtenidos en la investigación.

disminución en la resistencia en un 9.63 Kg/cm<sup>2</sup> (16.88%) respecto al patrón, para la resistencia a la compresión axial en pilas la dosificación 30% es la que presenta mayor disminución en 18.83 Kg/cm<sup>2</sup> (38.61%) respecto al patrón y para la resistencia al corte a compresión en muretes la dosificación 30% es la que presenta mayor

disminución en 2.31 Kg/cm<sup>2</sup> (24.23%) respecto al patrón, sin embargo, según la NTP E.070 con adición de 25% de neumáticos y aserrín si cumplen con las resistencias características especificadas; respecto al comportamiento estructural, para el desplazamiento lateral la dosificación 30% es la que presenta mayor incremento de desplazamiento y para el cortante basal la dosificación 30% es la que presenta

mayor disminución lo que significa un mejor comportamiento. Finalmente, la dosificación con 25% de virutas de neumáticos y aserrín es la que influye en menor proporción al comportamiento estructural de viviendas, esta influencia es negativa en las propiedades mecánicas de muros porque estas disminuyen y en el desplazamiento lateral porque aumenta y de manera positiva en el cortante basal porque esta disminuye.

## 6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abd-Elaal, E.-S., Araby, S., Mills, J. E., Youssf, O., Roychand, R., MA, X., Zhuge, Y., & Gravina, R. J. (2019). Novel approach to improve crumb rubber concrete strength using thermal treatment. *Construction and Building Materials*, 229, 116901. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116901>
- Bušić, R., Miličević, I., Šipoš, Tanja K. & Strukar, K. (2018). Recycled Rubber as an Aggregate Replacement in Self-Compacting Concrete—Literature Overview. *Materials*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/ma11091729>
- Castro Alay, K. & Farfan Peralta, I. (2020). Elaboración de eco-bloques a base de caucho triturado y aserrín para viviendas de interés social. <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2271>
- Ccansaya S., K. V. & Piña P., D. R. (2021). Diseño sismorresistente de vivienda de albañilería confinada utilizando bloques de concreto con polímeros plásticos, Villa El Salvador – 2021.
- Chávez Cuenca, M. Á. (2020). Comportamiento estructural de la albañilería con ladrillos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de San Marcos. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20500.14074/4023>
- Estrada Rivera, Juan C. (2016). Estudio de propiedades físico mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho. 77.
- Huirma Barriales, Hugo L. (2021). Elaboración de bloques de concreto con la adición de aserrín para el uso en edificaciones de albañilería confinada, Juliaca – Puno 2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/58815>
- Lara Guerrero, Edison J. (2018). Diseño y elaboración de bloques de hormigón prototípico utilizando partículas de caucho. [Bachelor Thesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16054>
- Luis Paredes, A. (2017). Comportamiento estructural de una edificación de albañilería confinada existente y proyectada, en el distrito de Ate—Lima—2017. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/35532>
- Norma E.030. (2018). Diseño Sismorresistente. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2019/01/E.030-2018.pdf>
- Norma E.070. (2020). Albañilería. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción—SENCICO, 2020. 978-612-48427-6-4. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/concreto-armado/norma-e070-albanileria/66751481>
- NTP 399.604. (2002). Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto.
- NTP 399.605. (2013). Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería
- Paiva Calderón, G. K. (2019). Diseño de bloques de concreto utilizando el caucho sintético en muros de albañilería no portantes en el distrito de Chulucanas—2019. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/39660>

Pariona Cardenas, J. (2021). Propuesta de bloques de concreto con adición de aserrín para reducción de cargas en edificaciones—Abancay, Apurímac 2021. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65909>

Suarez Jiménez, I & Mujica Nuñez, E. A. (2016). Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1336>

Vasquez Gavidia, C. Mc N. (2022). Evaluación de bloques de concreto, sustituyendo parcialmente la arena por polvo de madera, Chota. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/213>

Zavala, C. (2005). Construyendo Edificaciones De Albañilería Con Tecnologías Apropriadas. Guía Para la Construcción con Albañilería. CISMID-IDI. UNI. 2005