

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Sustitución del agregado fino por Policloruro de Vinilo en el concreto estructural

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Cleisler Cabrera Sanchez

ASESOR

Atilio Ruben Lopez Carranza

<https://orcid.org/0000-0002-3631-2001>

Chiclayo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
2	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	www.gitam.edu Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Unizin, LLC Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to 90288 Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Cambridge International Examinations (CIE) Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Metodología	8
Resultados	18
Discusión.....	29
Conclusiones	29
Referencias	30

Resumen

Este artículo es de tipo experimental, ya que se evaluó el comportamiento que tiene el concreto estructural al agregarle PVC en sustitución del agregado fino en un 20%, 30% y 40%. Se determinaron las propiedades físicas del policloruro de vinilo (PVC) y los agregados (fino y grueso), obteniendo que el peso específico del PVC es de 1.14 gr/cm³ y del agregado fino es de 2.59 gr/cm³. Se hicieron pruebas de granulometría, peso específico, contenido de humedad, resistencia a la compresión, flexión y tracción. Del mismo modo se desarrolló un concreto patrón y concretos reemplazando el agregado fino en ciertas cantidades de PVC triturado. Como resultado de los ensayos de resistencia a la compresión se tiene que para el concreto patrón la resistencia es de 242 kg/cm², para un concreto teniendo un 20% de PVC es de 214 kg/cm², para un 30% de PVC es de 209 kg/cm² y para un 40% de PVC es de 153 kg/cm². Para la prueba de resistencia a flexión a mayor porcentaje de PVC la resistencia tiende a disminuir, pero estando dentro de los límites permitidos de la norma técnica.

Palabras clave: PVC triturado, concreto, resistencia, compresión, flexión y tracción.

Abstract

This article is of an experimental nature, since the behavior of structural concrete was evaluated by adding PVC to replace the fine aggregate by 20%, 30% and 40%. The physical properties of polyvinyl chloride (PVC) and the aggregates (fine and coarse) were determined, obtaining that the specific weight of PVC is 1.14 g/cm³ and that of the fine aggregate is 2.59 g/cm³. Tests were carried out on granulometry, specific weight, moisture content, compressive strength, flexural strength and tensile strength. In the same way, a standard concrete and concretes were developed by replacing the fine aggregate with certain quantities of crushed PVC. As a result of the compressive strength tests, for the standard concrete the resistance is 242 kg/cm², for a concrete with 20% PVC it is 214 kg/cm², for 30% PVC it is 209 kg/cm² and for 40% PVC it is 153 kg/cm². For the flexural strength test, the higher the percentage of PVC, the resistance tends to decrease, but is within the limits allowed by the technical standard.

Keywords: Crushed PVC, concrete, strength, compression, flexural and tensile.

Introducción

Es de pleno conocimiento que mientras los años han transcurrido el ser humano ha ido modificando su habitad con el fin de satisfacer sus necesidades. Del mismo modo se ha visto que la demanda de utilizar materiales como el concreto, agua y agregados (fino y grueso) es alta, provocando la disminución de estos y por lo mismo surge la dificultad para llevar a cabo la construcción de una vivienda.

Después de la explotación del agua, la explotación de la arena y grava en todo el mundo representa la mayor cantidad de materia prima extraída [1]. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2019 [2], registró que al darse el crecimiento de la población aumento también el consumo de agregados (arena y grava), provocando a su vez la escasez y reducción de esta materia prima en las canteras.

Actualmente a nivel mundial se da un crecimiento poblacional de gran importancia, según la organización de la Población de las Naciones Unidas (UNFPA); quien estima que la población para el año 2050 va a ser de 10 000 millones de habitantes [3]. Con este pronóstico es muy evidente que la demanda de los materiales de construcción será muy alta, y como consecuencia surgirá la disminución como el alza de costo de los materiales de construcción.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [4], nos menciona con una publicación que en el 2022 la tasa de crecimiento poblacional será de un 1.1%, superando de este modo los 33 millones de habitantes en nuestro país. Pero con este crecimiento de la población también crecen las necesidades de construir viviendas de calidad y que les brinden seguridad y sostenibilidad.

Todo esto se ve reflejado en la gran producción del concreto, que para el 2021 es de 4 615 187 MTN y en el 2020 fue de 3 416 999 MTN, haciendo una comparación se obtuvo un alza de 35.1%; cabe mencionar que también aumento el consumo del agregado fino en un 59.8%, siendo su consumo de 1 460 991 MTN en el 2021 y de 914 081 MTN en el 2020. Según el INEI para marzo del 2021 en el país se da un aumento creciente en el precio de materiales de construcción en un 8.62% y en marzo del 2022 es de 14.99%, lo que generaría un incremento en los costos de los inmuebles [5].

Este crecimiento poblacional es muy notorio también en la ciudad de Chiclayo, por lo que, surge el incremento el consumo de los materiales para construcción. En la ciudad de Chiclayo se encuentran varias canteras que brindan agregados para la elaboración del concreto, una de estas es la Cantera Tres Tomas, la cual cuenta con 55 años de explotación; la Cantera Piedras Azul cuya explotación es de 100 a 200 m³ de arena a diario, la Cantera Bomboncito cuya

capacidad es de 100 ht y una explotación de 150 a 300 m³ de arena, la Cantera San Nicolas cuya extensión es de 100 ht y con una explotación de 4.5 años y la Cantera Aztramacon cuya capacidad es de 250 ht de agregado fino.

Ante la problemática de escasez y aumento del consumo de materiales de construcción, en particular el del agregado fino, es por ello que se propone implementar el uso del PVC triturado en el concreto armado, pero en ciertos porcentajes de 20%, 30% y 40%. Según el estudio de la cantidad de residuos sólidos municipales del 2022 [6], en la ciudad de Chiclayo se produce 604.7 kg/día de residuos de PVC.

Se llevo a cabo la elaboración de un concreto sustituyendo ciertos porcentajes del agregado fino por PVC triturado, para luego verificar las propiedades física y mecánicas del concreto, como también verificar que tan viable es sustituir parcialmente el agregado fino por PVC reciclado. Dicha propuesta no solo nace ante la carencia de la materia prima del agregado fino, sino que también es una forma de reciclar y reutilizar los desechos de PVC, evitando de esta manera la contaminación nociva del medio ambiente.

Existen antecedentes de investigaciones donde se hace uso del PVC en el concreto. L. Pradeep Kumar [7], en su investigación nos menciona el uso de PVC en polvo sobre el hormigón de cemento; aquí plantea sustituir parcialmente el cemento por PVC en polvo en una dosis de 12.5% y 15%, posteriormente se evalúa las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla elaboradas.

Cabe mencionar que S. Priyadarshika [8], llevo a cabo una investigación de las propiedades resistentes del concreto al agregarle polvo de PVC en distintos niveles de reemplazo, nos menciona que de esta manera se logra reutilizar los desechos de PVC generados por las industrias de tuberías. Los ensayos que se realizaron son la resistencia a la compresión, tracción y flexión, pero agregando polvo de PVC en 0% y 30% como un aditivo. Para el sondeo de resistencia a la compresión se obtuvo un incremento de la resistencia del hormigón, mientras que en la resistencia a la tracción la resistencia del hormigón disminuye si se le añade polvo de PVC.

Metodología

Tipo de Investigación

Este artículo de investigación que se desarrollo es de tipo experimental, ya que se realizó la sustitución del agregado fino por porcentajes de PVC triturado, se elaboró probetas de concreto con el fin de llevar a cabo la evaluación de las propiedades mecánicas del hormigón estructural al sustituir con PVC triturado el agregado fino.

Es una investigación de tipo experimental debido a que existe manipulación tanto de la variable independiente (sustitución parcial de agregado fino en porcentajes por PVC triturado) como la dependiente (variación de intensidad de cantidad de sustitución de PVC por agregado fino), donde la variable independiente se ve afectada por la variable independiente.

Población y muestreo

Se la definió en especímenes de mezclas de concreto de dos tipos que se elaboraron con materiales como cemento, agua, agregados (fino y grueso) y PVC triturado.

Para el muestreo realizado en la investigación es un Muestreo No Probabilístico, ya que se consideró especímenes que van a depender del criterio del que lo investiga, ya que el indicara lo que va a evaluar, como la resistencia a la compresión, flexión y tracción, todo relacionado con lo especificado en la norma técnica peruana.

Población para prueba por asentamiento

Son muestras para llevar a cabo un ensayo llamado Slump, donde se evalúa cómo se comporta el concreto en estado fresco, ya esta es una propiedad muy importante del concreto debido a que define el grado de fluidez de la masa del concreto, y de este modo garantizar una correcta aplicación en la construcción de alguna estructura. Para este ensayo se realizará teniendo en cuenta a la NTP 339.035.

Tabla 1: Población de mezclas para ensayos de asentamiento con distintas dosificaciones.

Muestras para ensayos de asentamiento		
Concreto patrón		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
		1
Concreto con % de PVC	20%	1
	30%	1
	40%	1
SUBTOTAL		4
TOTAL		4

Fuente: Elaboración del autor.

Población para prueba de Temperatura

Al realizar la sustitución del agregado fino por el PVC triturado, se debe llevar a cabo la verificación del aporte calorífico, para estar seguros de no generarse resultados no deseados. El ensayo se lleva a cabo según lo especificado en la NTP 339.184.

Tabla 2: Población de mezclas para ensayos de temperatura con distintas dosificaciones.

Muestras para ensayos de asentamiento		
Concreto patrón		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
		1
Concreto con % de PVC	20%	1
	30%	1
	40%	1
SUBTOTAL		4
TOTAL		4

Fuente: Elaboración del autor.

Población para prueba a la resistencia a la compresión

Se lleva a cabo debido a que es una propiedad muy importante en el concreto, ya que con la sustitución del agregado fino por PVC triturado se busca que la resistencia a la compresión sea beneficiosa y por ende se realiza el ensayo según lo especificado en la NTP 339.034.

Tabla 3: Población de mezclas para ensayos a compresión con distintas dosificaciones.

Muestras para ensayos de resistencia a compresión				
Concreto patrón		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
		(7 días)	(14 días)	(28 días)
		2	2	2
Concreto con % de PVC	20%	2	2	2
	30%	2	2	2
	40%	2	2	2
SUBTOTAL		8	8	8
TOTAL		24		

Fuente: Elaboración del autor.

Población para prueba a la resistencia a la flexión

Esta prueba de resistencia a la flexión a los tercios se lleva a cabo debido a que podemos evaluar el esfuerzo de deformación del concreto. Al agregarse PVC triturado sustituyendo al agregado fino se espera obtener mejoría en la propiedad mecánica del concreto. El ensayo se lleva a cabo según lo especificado en la NTP 339.078.

Tabla 4: Población de mezclas para ensayos a tracción con distintas dosificaciones.

Muestras para ensayos de resistencia a flexión		
Concreto patrón		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
		(28 días)
		2
Concreto con % de PVC	20%	2
	30%	2
	40%	2
<i>SUBTOTAL</i>		8
<i>TOTAL</i>		8

Fuente: Elaboración del autor.

Población para prueba a la resistencia a la tracción

Esto se realizó con el objetivo de verificar la resistencia de la mezcla al sustituir el agregado fino por el PVC triturado, para ello los ensayos se llevan a cabo según la NTP 339.084.

Tabla 5: Población de mezclas para ensayos a flexión a los tercios con distintas dosificaciones.

Muestras para ensayos de módulo de elasticidad		
Concreto patrón		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
		(28 días)
		3
Concreto con % de PVC	20%	3
	30%	3
	40%	3
<i>SUBTOTAL</i>		12
<i>TOTAL</i>		12

Fuente: Elaboración del autor.

Selección del cemento, materia prima y PVC

Cemento Portland Tipo I

Para este artículo se utilizó un cemento Portland Tipo I, este cemento le da al concreto una alta resistencia inicial y una resistencia moderada ante los sulfatos, dicho cemento cumple con lo especificado en la norma NTP 334.009 o ASTM C 150.

Figura 1: Cemento Qhuna Tipo I.



Fuente: Ficha técnica, cementos Pacasmayo.

Agregado Grueso

Este agregado que se usó en el presente trabajo se obtuvo de una cantera llamada Tres Tomas, se encuentra ubicada en el distrito de Mesones Muro de la provincia de Ferreñafe del departamento de Cajamarca (Figura 2). Los materiales de construcción obtenidos de esta cantera son de origen ígneo, para obtener el agregado se sigue un proceso de trituración artificial con ayuda de maquinaria. Para la elaboración del concreto se utilizó agregado grueso de 3/4” (Figura 3).

Figura 2: Ubicación de la cantera Tres Tomas.



Fuente: Google Maps.

Figura 3: Piedra chancada de la cantera Tres Tomas.



Fuente: Elaboración del autor.

Agregado Fino

Este material se obtiene de esta cantera llamada La Victoria (Pátapo), ubicada en el distrito de Pátapo de la provincia de Chiclayo del departamento de Lambayeque (Figura 4).

Figura 4: Ubicación de la cantera La Victoria.



Fuente: Google Maps.

Figura 5: Agregado fino de la cantera La Victoria.



Fuente: Elaboración del autor.

PVC

En este trabajo se realiza la sustitución del agregado fino por el PVC triturado, es por ello, que este material de PVC se obtiene de dos botaderos de Chiclayo (Figura 6-7).

Figura 6: Ubicación del primer botadero para la recolección del PVC.



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 7: Ubicación del segundo botadero para la recolección del PVC.



Fuente: Google Earth Pro.

Posteriormente el PVC que se recicla se llevó al laboratorio para ser seleccionado y después ser triturado en un molino. El proceso de trituración se dio hasta que el PVC llegue a un diámetro granulométrico igual que al de un agregado fino, este material de PVC triturado no se satura durante su trabajo para poder ver cómo influye este material en sus propiedades mecánicas del hormigón.

Una vez obtenido el PVC triturado se lleva a cabo los mismos ensayos característicos que se realizan al agregado fino, para que de este modo se pueda usar de manera correcta en el concreto.

Figura 8: Máquina trituradora de PVC.



Fuente: Elaboración del autor.

Figura 9: PVC triturado.



Fuente: Elaboración del autor.

Pruebas de Laboratorio

Análisis granulométrico de los agregados

Esta prueba de laboratorio se desarrolló según lo descrito en la norma NTP-400.012, tanto para la granulometría del agregado grueso, fino y las muestras de PVC triturado, se determina un método que ayudara a establecer la distribución del tamaño de partículas tanto del agregado grueso, fino y el PVC triturado haciendo uso del tamizado, conocido con gradación de las partículas.

En el procedimiento del tamizado o cribado se lleva a cabo con los tamices, 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N°4), 2,36 mm (N° 8), 0,84 mm (N° 16), 0,600 mm (N° 30), 0,30 mm (N° 50), 0,150 mm (N° 100) y 0,075 mm (N°200)). Antes de llevar a cabo se pesarán muestras de los agregados, para el agregado fino y PVC triturado se necesita una muestra de mínimo 300 g y en el agregado grueso debe ser una muestra mínima de 1000 g.

Después se procederá a colocar las muestras al horno por un periodo de 24 horas. Finalmente se realizará el tamizado, luego se lleva a pesar el material que retuvo cada tamiz que posteriormente será analizado.

Figura 10: Procedimiento de tamizado.



Fuente: Elaboración del autor.

Contenido de Humedad de los agregados

Esta prueba de laboratorio se realizó teniendo en cuenta las indicaciones de la norma NTP-339.185, aplicando el método estándar para establecer la humedad evaporativa total del agregado mediante el método del secado. Con esta prueba se establece el valor del porcentaje total de humedad evaporada del espécimen de agregado tanto grueso, fino y PVC triturado, aplicándolo en la rectificación de las proporciones de cada material para realizar el concreto. El proceso que se lleva a cabo es el de pesar muestras de los agregados (grueso, fino y PVC triturado) para luego colocarlo al horno por 24 horas, teniendo en cuenta que para el agregado fino es necesario tener una muestra mínima de 500 g y para el agregado grueso de 1500 g como

mínimo. Posteriormente se retiran las muestras del horno, se deja enfriar y se procede a pesar las muestras y registrar los resultados, y ya con los datos se realizó el cálculo de la relación de humedad de las muestras del material tomadas.

Peso específico y absorción del agregado grueso

Esta prueba de laboratorio se desarrolló tal y como se especifica en la norma NTP-400.021, se logró establecer la densidad media de las partículas del espécimen de agregado grueso. Durante el proceso el espécimen extraído se introduce en el agua en un tiempo de 24 ± 4 horas para que de esta manera se pueda llenar los vacíos presentes en la muestra. Después se saca la muestra sumergida, la superficie de las partículas que se encuentran con agua se secan y se pesa la muestra. Luego se usa el método de desplazamiento de agua para determinar el volumen de la muestra. Para finalizar se pone la muestra en el horno y así se determinará la masa de esta. Con los datos obtenidos de la masa y con el uso del método de prueba, se llevar a cabo el cálculo de la densidad, la densidad relativa y la absorción.

Peso específico y absorción del agregado fino

Para este ensayo se tiene en cuenta lo especificado en la norma NTP-400.022, en el ensayo se establece un proceso que nos permita obtener la densidad promedio de las partículas del agregado fino. En el proceso se colocó la muestra de agregado en agua por un tiempo de 24 ± 4 horas llenando de esta manera los vacíos. Posterior a ello se procede a retirar la muestra del agua, se seca el agua que se encuentra en la superficie de la muestra y se pesa la muestra. Después se coloca la muestra o una parte de ella en un recipiente, y determinando el volumen de la muestra haciendo uso de los métodos gravimétricos o volumétricos. Para finalizar la muestra se colocará en el horno y se calcula la masa de la muestra, el dato de la masa y el uso del método de prueba nos servirá para el cálculo de la densidad, la densidad relativa y la absorción.

Peso volumétrico suelto y compactado del agregado

Para esta prueba se tiene en cuenta lo descrito en la norma NTP-400.017, dicho ensayo utiliza el método de prueba que busca conocer la masa por unidad de volumen o la densidad y vacíos que presenten los agregados ensayados. El ensayo se desarrolló tal y como lo describe la norma, ya que en el Compact Unit Weight nos recomienda colocar en el envase 3 capas compactando cada una de las capas. Con este proceso las partículas se organizan de manera uniforme y compacta. Tras realizar la compactación de cada una de las capas se dejará caer el recipiente 50 veces tal y como se describe en la norma, 25 veces para cada extremo opuesto.

Pero para el proceso del Peso de Unidad Suelta se nos indica colocar el material en el contenedor hasta el desbordamiento, ya sea con un cucharón o pala, dejando caer el agregado desde una altura de no más de 50 mm por encima del borde superior del mismo.

Diseño de Mezcla del Concreto

Luego de obtener los resultados de las distintas pruebas de laboratorio, se realizará el diseño de mezcla para los testigos. Para el diseño de mezcla se utilizará el método del ACI 211.1, para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm². A continuación se presentará el diseño de mezcla patrón (Tabla 6) con cada una de las cantidades en m³ de los materiales.

Tabla 6: Diseño de mezcla del concreto patrón.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	732 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

Fuente: Elaboración del autor.

Aquí se puede observar la cantidad de los materiales por m³ del diseño de mezcla sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 20% (Tabla 7).

Tabla 7: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 20%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	513 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	170 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

Fuente: Elaboración del autor.

Luego se elabora un diseño de mezcla con una sustitución del 30% del agregado fino por PVC triturado (Tabla 8).

Tabla 8: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 30%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	586 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	114 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

Fuente: Elaboración del autor.

Finalmente se realiza un diseño de mezcla donde el agregado fino se sustituye por un 40% del PVC triturado (Tabla 9).

Tabla 9: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 40%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	439 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	227 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

Fuente: Elaboración del autor.

Concreto en estado Fresco

Con los diseños de mezcla ya establecidos, procedemos a realizar tres ensayos lo cuales se mencionarán a continuación:

- ✓ Asentamiento: en este ensayo se toma en cuenta lo especificado en la norma NTP 339.035, determinando de este modo la trabajabilidad del concreto y el conocer la cohesión de la mezcla.
- ✓ Temperatura: aquí se toma en cuenta lo que nos dice la norma NTP 339.184, y controlando la mezcla por un periodo de 5 minutos.
- ✓ Peso Unitario y rendimiento: se realizó según lo recomendado en la normativa NTP 339.046, se incluye observar el rendimiento de la mezcla patrón y las mezclas que se sustituyeron con PVC triturado.

Concreto en estado Endurecido

En este estado del concreto también se llevan a cabo tres ensayos, mencionados a continuación:

- ✓ Resistencia por compresión: se desarrolló teniendo en cuenta a la norma NTP 339.183, y se elaboran probetas según la norma NTP 339.183 y el curado se realiza en el laboratorio.
- ✓ Resistencia a la tracción: aquí se considera lo especificado por la norma NTP 339.084, donde las probetas son elaboradas de acuerdo con la norma NTP 339.183 y son curadas en el laboratorio.
- ✓ Resistencia por flexión: se desarrolló a partir de la norma NTP 339.079, elaborando vigas según lo específico en la norma NTP 339.183 y el curado de estas se dan en el

laboratorio. Cabe mencionar que el ensayo de las vigas es simplemente apoyado y con cargas a los tercios.

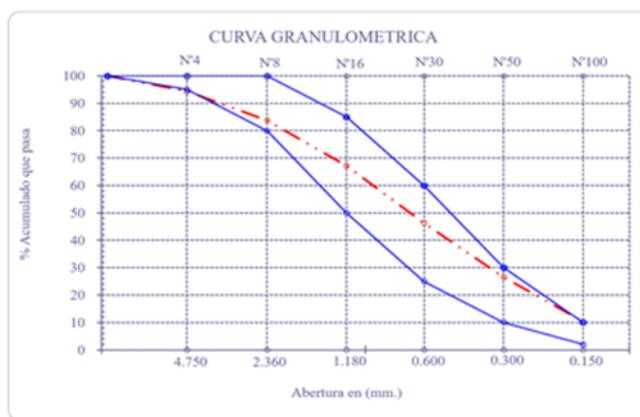
Resultados

De los Ensayos de Laboratorio

Análisis granulométrico de agregados

Se realizó el análisis de granulometría de todos los materiales usados en la elaboración de la mezcla de concreto, materiales como: el agregado grueso, fino y el PVC triturado.

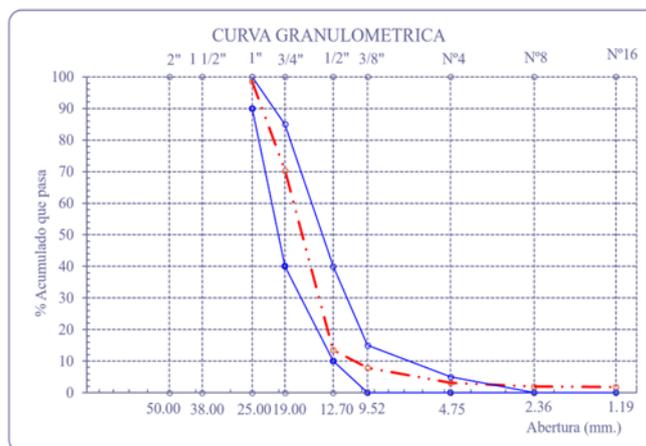
Figura 11: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se puede observar que el agregado no retiene un porcentaje mayor a 45% en dos tamices consecutivos, por lo que se puede decir que cumple con los requerimientos que nos especifica la norma NTP 400.037, decidiendo hacer uso del agregado en la mezcla de hormigón.

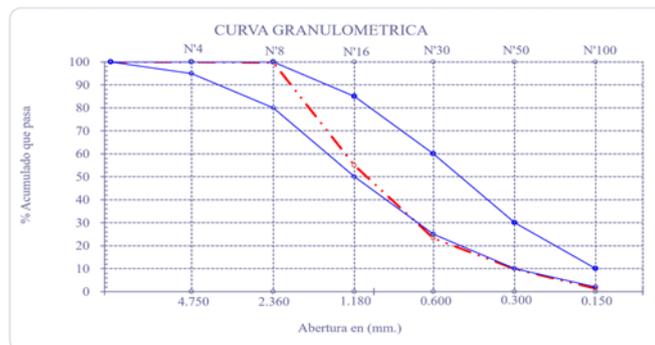
Figura 12: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: El resultado que se obtuvo del agregado grueso es que si se localizan en los límites granulométricos que nos especifica la norma NTP 400.037, por ende, si se puede usar para la mezcla del hormigón.

Figura 13: Curva granulométrica del PVC triturado.



Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: El resultado que se obtuvo del PVC triturado proveniente del reciclaje es que si se localiza en los límites granulométricos especificados en la normativa NTP 400.037, por ende, si se puede usar para la mezcla de concreto.

Contenido de Humedad de los agregados

Este ensayo se realizó también a todos los materiales tales como el agregado grueso, fino y el PVC triturado.

Tabla 10: Contenido de Humedad del agregado fino.

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	632.74	632.74
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	625.36	625.36
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.18	1.18
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.2	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtiene como resultado que el porcentaje referido al contenido de humedad del agregado fino es de 1.18%.

Tabla 11: Contenido de Humedad del agregado grueso.

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	7266.99	7266.99
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	7246.99	7246.99
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.28	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtiene como resultado que el porcentaje de contenido de humedad del agregado grueso es de 0.28%.

Tabla 12: Contenido de Humedad del PVC triturado.

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	300	300
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	299.85	299.85
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.05	0.05
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.05	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtuvo como resultado que el porcentaje de contenido de humedad del PVC triturado es de 0.05%.

Peso específico y absorción del agregado

Tabla 13: Peso Específico y Absorción del agregado fino.

Datos.			
1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del	(g)	951.8	951.8
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.01	309.01
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	638.12	638.12
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500
Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.594	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.618	
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.658	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.94	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: El resultado que se obtiene del peso específico y Absorción del agregado fino, es que se registró un peso específico de 2.594 gr/cm³ y la absorción es de 0.94%.

Tabla 14: Peso Específico y Absorción del agregado grueso.

Datos			
1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	4836	4836
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	4870	4870
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	3970	3970
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	3090	3090
Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.717	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736	
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.770	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.70	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: El resultado que se obtiene del peso específico es de 2.717 gr/cm³ y con respecto a la absorción del agregado grueso que es de 0.70%.

Tabla 15: Peso Específico y Absorción del PVC triturado.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	100.0	100.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	655.5	655.5
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	241.2	241.2
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	414.2	414.2
5.- Peso del Frasco		g	141.2	141.2
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	239.2	239.2
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	98.0	98.0
8.- Volumen del frasco.		cm ³	500.0	500.0
A.- PESO ESPECIFICO DEL PVC TRITURADO.	7/(8-4)	g/cm ³	1.142	1.142
B.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	2.04	2.04

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: El resultado que se obtiene del peso específico y Absorción del PVC triturado, es que se registró un peso específico de 1.142 gr/cm³ y la absorción es de 2.04%.

Peso volumétrico suelto y compactado del agregado

Tabla 16: Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8902	8904
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8902	8904
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1603	1604
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585	
PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10206	10196
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		10206	10196
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1838	1836
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1816	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtuvo como resultado que el Peso Unitario Suelto Seco es de 1585 kg/cm³ y el Compactado Seco es de 1816 kg/cm³.

Tabla 17: Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado grueso.

A.- PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8044	8038
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8044	8038
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1478	1477
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1473	
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8718	8722
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8718.0	8722.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1601	1602
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1597	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtuvo como resultado que el Peso Unitario Suelto Seco es de 1473 kg/cm³ y el Compactado Seco es de 1597 kg/cm³.

Tabla 18: Peso Unitario Suelto y Compactado del PVC triturado.

A.- PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	13300	13350
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10170.0	10170.0
3.- Peso del material		3130	3180
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	564	573
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	568	
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14270	14260
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10170.0	10170.0
3.- Peso del material		4100.0	4090.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	739	737
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	737	

Fuente: Laboratorio USAT.

Comentario: Se obtuvo como resultado que el Peso Unitario Suelto Seco es de 568 kg/cm³ y el Compactado Seco es de 737 kg/cm³.

De los diseños de mezcla

Se obtuvieron resultados tanto para la mezcla de concreto en estado fresco como en estado endurecido.

Concreto en estado fresco

Se llevaron a cabo tres ensayos y se obtuvo los siguientes resultados:

- ✓ Para la prueba de Asentamiento

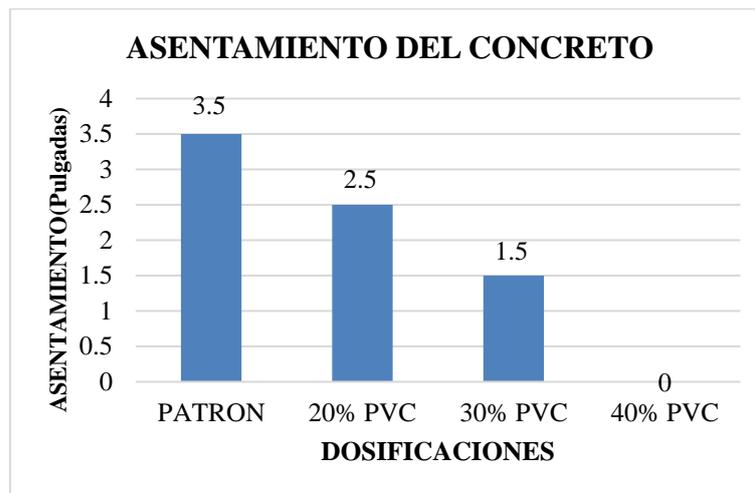
Tras realizar la prueba de asentamiento o slump del concreto, para cada una de las dosificaciones establecidas se obtienen estos resultados.

Tabla 19: Slump de las dosificaciones establecidas.

DOSIFICACIÓN	SLUMP (pulgadas)
PATRON	3.5
20% PVC	2.5
30% PVC	1.5
40% PVC	0

Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede observar que, al sustituir el agregado fino por el PVC triturado, a mayor porcentaje de PVC triturado menor es el slump, es decir que el nivel de trabajabilidad es de cero cuando se le sustituye al agregado fino por un 40% del PVC triturado.

Gráfico 1: Slump de las dosificaciones establecidas.

Fuente: Elaboración del autor.

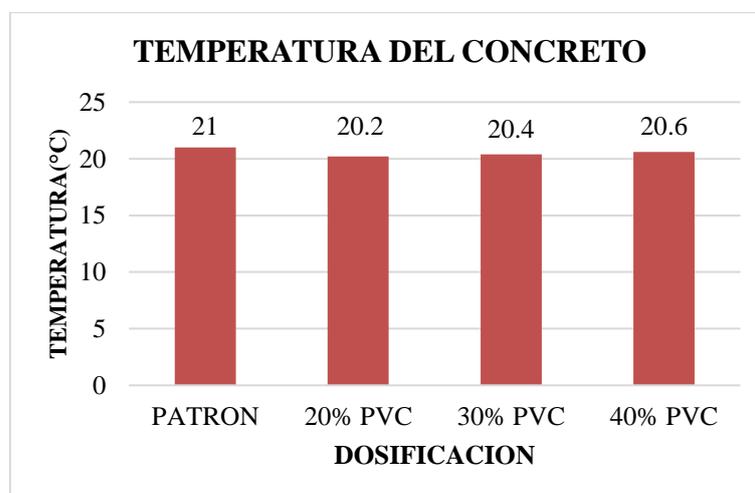
- ✓ Para el ensayo de Control de temperatura

Tabla 20: Temperatura de las dosificaciones establecidas.

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
PATRON	21
20% PVC	20.2
30% PVC	20.4
40% PVC	20.6

Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede observar que, al sustituir el agregado fino por el PVC triturado, a mayor porcentaje de PVC triturado menor es la temperatura de las mezclas sustituidas con respecto a la mezcla patrón.

Gráfico 2: Temperatura de las dosificaciones establecidas.

Fuente: Elaboración del autor.

- ✓ Para el ensayo Peso Unitario y Rendimiento del Concreto

Tabla 21: Peso unitario y rendimiento de las dosificaciones establecidas.

DOSIFICACIÓN	PESO CONCRETO PESO MOLDE (Kg)	DEL + DEL	PESO DEL CONCRETO (Kg/m ³)	PESO UNITARIO CONCRETO	PESO UNITARIO TEORICO (Kg/m ³)	VOLUMEN PRODUCIDO (m ³)	FACTOR RENDIMIENTO RELATIVO
PATRON	12.90		2357.4		2362	1.002	1.002
20% PVC	12.45		2267.80		2362	1.042	1.042
30% PVC	12.02		2190.96		2362	1.078	1.078
40% PVC	10.35		1876.46		2362		1.259

Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se observa que, al sustituir el agregado fino por el PVC triturado, a mayor porcentaje de PVC triturado menor es el peso unitario de las mezclas sustituidas con respecto a la mezcla patrón.

Concreto en estado endurecido

Se realizaron tres ensayos y se obtuvieron los resultados que se mencionan a continuación:

- ✓ Para el ensayo de Resistencia a la compresión

Se llevo a cabo elaboración de probetas para ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días y se obtuvieron los resultados especificados en la Tabla 21.

Tabla 22: Tabla resumen de la prueba de compresión para las diferentes dosificaciones establecidas en 7,14 y 28 días.

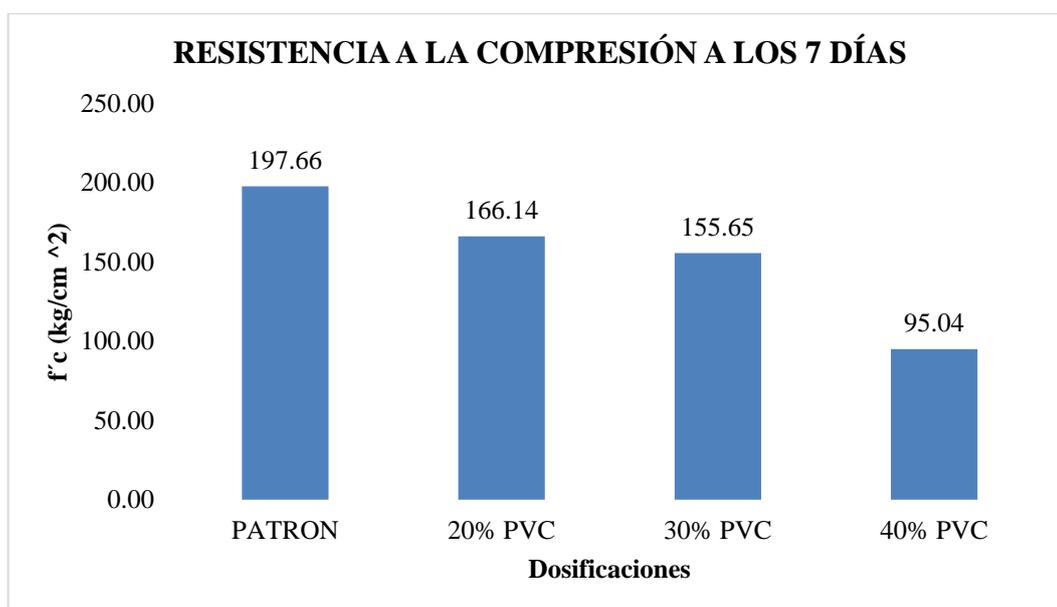
DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA(kg)	DIAMETRO(cm)	f _c (Kg/m ²)	PROMEDIO f _c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f _c DEL DISEÑO(%)
PATRON	26/09/2022	3/10/2022	7	34530	15	195.40	197.66	94.13
PATRON	26/09/2022	3/10/2022	7	35330	15	199.93		
PATRON	26/09/2022	10/10/2022	14	40310	15	228.11	228.76	108.93
PATRON	26/09/2022	10/10/2022	14	40540	15	229.41		
PATRON	26/09/2022	24/10/2022	28	42830	15	242.37	242.48	115.47
PATRON	26/09/2022	24/10/2022	28	42870	15	242.59		
20% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	28130	15	159.18	166.14	79.12
20% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	30590	15	173.10		
20% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	35330	15	199.93	200.46	95.46
20% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	35520	15	201.00		
20% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	38440	15	217.53	214.16	101.98
20% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	37250	15	210.79		
30% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	26360	15	149.17	155.65	74.12
30% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	28650	15	162.13		
30% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	34530	15	195.40	193.28	92.04
30% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	33780	15	191.16		
30% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	36930	15	208.98	208.53	99.30
30% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	36770	15	208.08		
40% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	16840	15	95.29	95.04	45.26
40% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	16750	15	94.79		
40% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	23880	15	135.13	134.09	63.85
40% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	23510	15	133.04		
40% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	28690	15	162.35	153.75	73.21
40% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	25650	15	145.15		

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 23: Prueba de compresión para las diferentes dosificaciones establecidas en 7 días.

7 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f_c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f_c DEL DISEÑO (%)
PATRON	197.66	94.13
20% PVC	166.14	79.12
30% PVC	155.65	74.12
40% PVC	95.04	45.26

Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 3: Resistencia a la compresión a los 7 días de las dosificaciones establecidas.

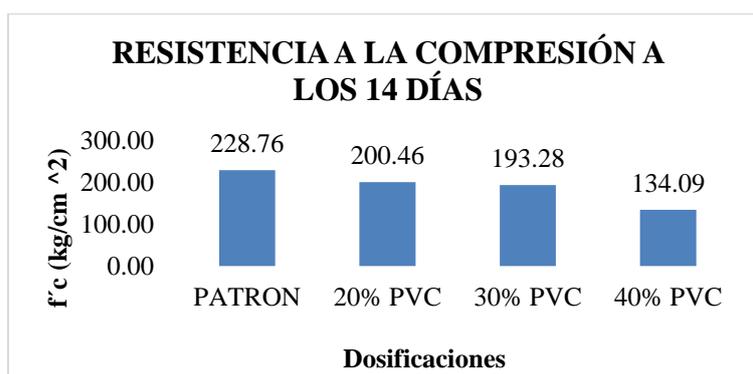
Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede observar que en la mezcla patrón se obtiene una resistencia inicial alta debido a la utilización del cemento Portland Tipo I, siendo esta resistencia de 197.66 kg/m² y con un 94.13% de la resistencia de diseño, también se visualiza que en las mezclas donde se sustituyen el agregado fino por PVC triturado, a mayor porcentaje de PVC triturado la resistencia inicial disminuye respecto a la mezcla patrón establecida.

Tabla 24: Ensayo de compresión para las diferentes dosificaciones establecidas en 14 días.

14 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f_c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f_c DEL DISEÑO (%)
PATRON	228.76	108.93
20% PVC	200.46	95.46
30% PVC	193.28	92.04
40% PVC	134.09	63.85

Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 4: Resistencia a la compresión a los 14 días de las dosificaciones establecidas.

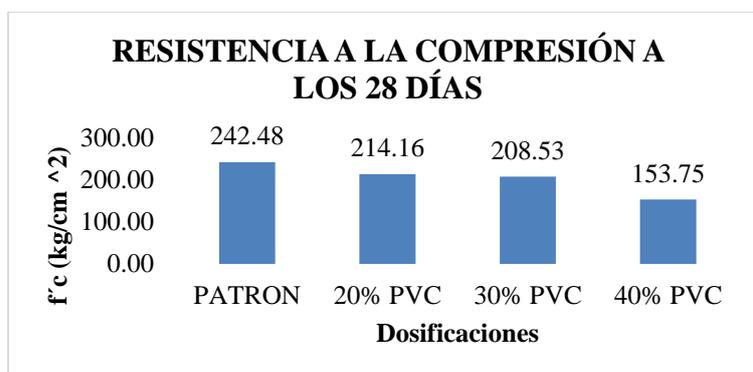
Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede observar que en la mezcla patrón se obtiene una resistencia inicial alta debido a la utilización del cemento Portland Tipo I, siendo esta resistencia de 228.76 kg/m² y con un 108.93% de la resistencia de diseño, esto quiere decir que la mezcla patrón superó su resistencia de diseño en un 8.93%. También es necesario mencionar que en las dosificaciones de concreto donde se sustituye el agregado fino en 20% y 30%, la resistencia de diseño es de 95.46% y 92.0% respectivamente. Y por último hay que mencionar que en la dosificación donde la sustitución de PVC es de 40%, el límite que debe alcanzar el concreto no es el indicado de un concreto de 14 días.

Tabla 25: Ensayo de compresión para las diferentes dosificaciones establecidas en 28 días.

28 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f'c(Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f'c DEL DISEÑO (%)
PATRON	242.48	115.47
20% PVC	214.16	101.98
30% PVC	208.53	99.30
40% PVC	153.75	73.21

Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 5: Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones establecidas.

Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede ver que en la mezcla patrón se obtiene una resistencia inicial alta debido a la utilización del cemento Portland Tipo I, siendo esta resistencia de 242.48 kg/m² y con un 115.47% de la resistencia de diseño, esto quiere decir que la mezcla patrón supero su resistencia de diseño en un 15.47%. También es necesario mencionar que en las dosificaciones de concreto donde se sustituye el agregado fino en 20% y 30%, la resistencia de diseño es de 101.98% y 99.30% respectivamente, mencionando que la mezcla con el 20% de PVC triturado supera en un 1.98% la resistencia de diseño y la de 30% de PVC queda al límite de alcanzar la resistencia de diseño. Y por último hay que mencionar que en la dosificación donde la sustitución de PVC es de 40% quedo mermada en un 26.79%.

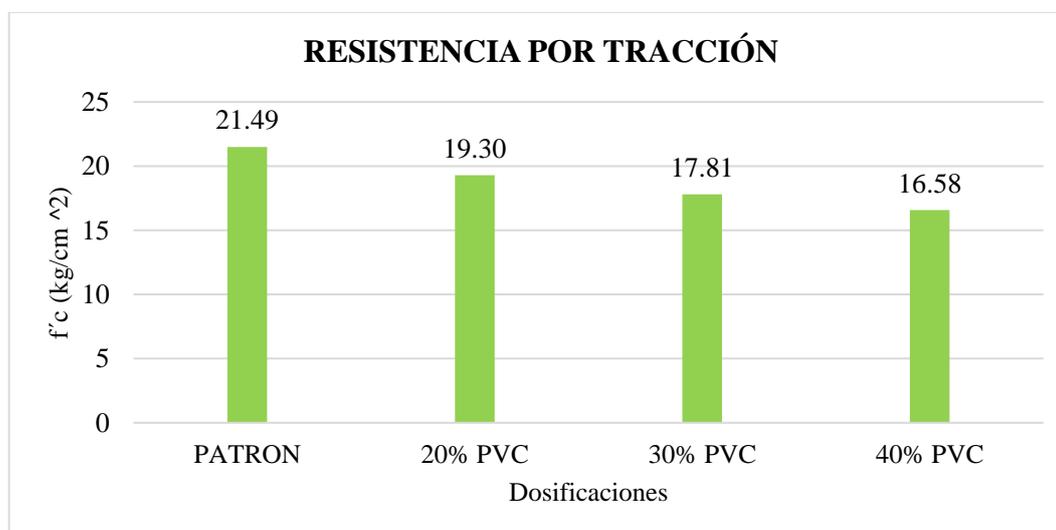
✓ **Para la prueba de resistencia por tracción**

Tabla 26: Prueba de tracción para las diferentes dosificaciones establecidas en 28 días.

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	L(cm)	D(cm)	MODULO DE ROTURA(Kg/m ²)	
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15350	30	15	21.72	21.5
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15100	30	15	21.36	
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15130	30	15	21.40	
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13320	30	15	18.84	19.3
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	14250	30	15	20.16	
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13350	30	15	18.89	
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	12050	30	15	17.05	17.8
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	12700	30	15	17.97	
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13020	30	15	18.42	
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11500	30	15	16.27	16.6
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11850	30	15	16.76	
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11800	30	15	16.69	

Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 6: Resistencia a la tracción a los 28 días de las dosificaciones establecidas.



Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede notar que la resistencia a la tracción tiende a disminuir de acuerdo con el concreto patrón versus las mezclas con porcentajes de PVC triturado.

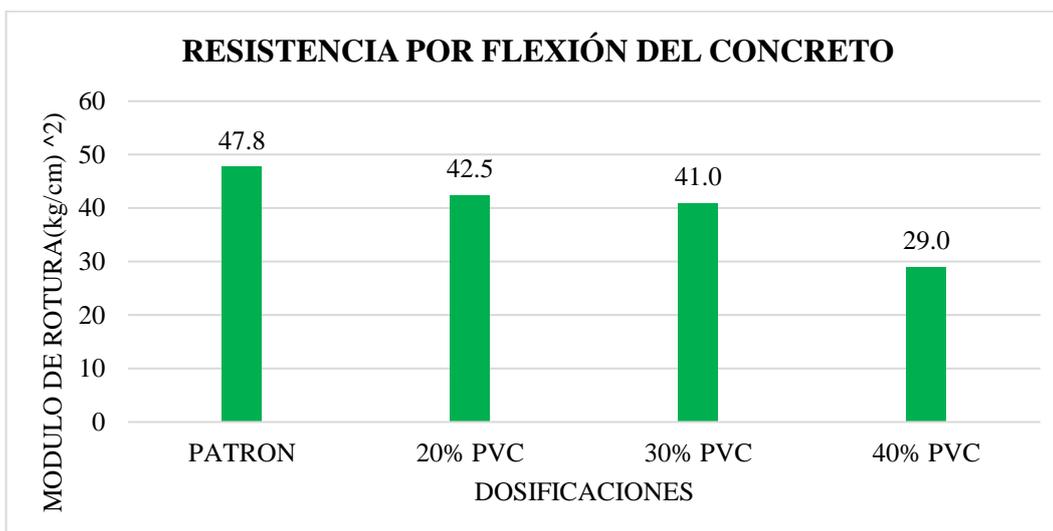
✓ **Para la prueba de resistencia por flexión**

Tabla 27: Ensayo de flexión las diferentes dosificaciones establecidas en 28 días.

DOSIFICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ (cm)	MODULO DE ROTURA (Kg/m ²)	
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	3360	15.5	15.1	50	47.54	47.8
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	3350	15.3	15.1	50	48.01	
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3210	15.4	15.9	50	41.22	42.5
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3130	15.1	15.4	50	43.70	
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2830	15.1	15.3	50	40.03	41.0
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3080	15.1	15.6	50	41.91	
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2270	15.1	15.5	50	31.29	29.0
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	1870	15.1	15.2	50	26.80	

Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 7: Resistencia por flexión a los 28 días de las dosificaciones establecidas.



Fuente: Elaboración del autor.

Comentario: Se puede observar que la resistencia por flexión tiende a descender de acuerdo con el concreto patrón versus las mezclas con porcentajes de PVC triturado.

Discusión

Con los resultados obtenidos se pudo ver que el asentamiento tiende a disminuir a mayor porcentaje de PVC triturado usado, a pesar de que los materiales usados cumplen con la curva granulométrica, esto se debe que ha mayor porcentaje de PVC triturado mayor es la absorción de agua en la mezcla, cabe recalcar que lo mismo sucede en la investigación de Majunatha .M [9].

Con lo referido a la resistencia por compresión del hormigón a los 28 días al ser sustituido el agregado fino por PVC trituración en un 20% la disminución es del 13%, para un 30% la disminución es más considerable y para un 40% la resistencia disminuye mucho más y por ende es la máxima caída de la resistencia. Cabe recalcar que las resistencias con un porcentaje de 20% y 30% de PVC triturado superan la resistencia mínima que se requiere en un concreto estructural (17 MPa).

Conclusiones

Con el presente trabajo investigativo se realiza un aporte significativo, ya que se presenta los resultados de ensayos experimentales en el cual se sustituye el agregado fino por Policloruro de Vinilo (PVC) triturado. Se llevo a cabo la sustitución del agregado fino en 20%, 30% y 40%, y comparando los valores del asentamiento, resistencia por compresión, tracción y flexión de las mezclas con respecto a una mezcla patrón del concreto armado.

Con los resultados se puede indicar que las características físicas de los agregados naturales y del PVC triturado, tienen valores favorables para llevar a cabo un diseño de mezcla.

Al analizar la trabajabilidad del concreto, se puede llegar a la conclusión que la trabajabilidad disminuye mientras más porcentaje de PVC triturado se agrega a la mezcla, ya que se obtuvo que la trabajabilidad para la mezcla patrón es de 3.5", para las mezclas con porcentaje de 20%, 30% y 40% es de 2.5", 1.5" y 0" respectivamente. Es por ello que concluimos que se puede usar hasta un 30% de PVC triturado, ya que hasta con este porcentaje se puede tener trabajabilidad de la mezcla.

Tras analizar las propiedades mecánicas del hormigón estructural, se obtiene que la resistencia a la compresión a los 28 días para la mezcla patrón y las mezclas con PVC triturado de 20%, 30% y 40% es de 242.48 kg/m², 214.16 kg/m², 208.53 kg/m² y 153.75 kg/m² respectivamente; llegando a la conclusión de que a mayor porcentaje de PVC triturado sustituido tiende a descender la resistencia a la compresión.

Referencias

- [1] GreenFacts, «GreenFacts,» 15 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.greenfacts.org/es/extraccion-arena/index.htm>. [Último acceso: 15 Abril 2023].
- [2] N. Unidas, «Noticias ONU Mirada global Historias Humanas,» 7 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611>. [Último acceso: 15 Abril 2023].
- [3] O. d. I. N. Unidas, «National Geographic en Español,» 02 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ngenespanol.com/dato-dia/cuanto-aumenta-poblacion-mundial-ano/>. [Último acceso: 15 Abril 2023].
- [4] P. I.N.D.E.E. Informatica, «Estimaciones y proyecciones de la Población Nacional, por Año Calendario y Edad Simple,» Publicaciones INEI, Lima, 2019.
- [5] M. D. E. Y. Minas, «INVERSIONES ACUMULAN 9.2% DE INCREMENTO EN EL AÑO,» Minem, Lima, 2022.
- [6] M. D. d. Chiclayo, «Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque - 2012,» Ambides, Chiclayo, 2012.
- [7] L. Kumar, «An Experimental Investigation on cement concrete with PVC powder as partial replacemnet to cement,» *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 10, n° 3, p. 6, 2019.
- [8] S. Priyadarshika, «Experimental Investigation on Strength Properties of Concrete by Partial Replacement of PVC Powder with Cement and Flyash,» *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, vol. 2, n° 3, p. 9, 2019.
- [9] M. M, «Influence of PVC waste powder and silica fume on strength and microstructure properties of concrete: An experimental study,» *Elsevier*, vol. 1, n° 3, p. 15, 2021.