

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



**Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en  
pavimento de tráfico pesado**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Ezequiel Vargas Hernandez**

**ASESOR**

**Luis Quiroz Quiñones**

<https://orcid.org/0000-0001-9193-0307>

**Chiclayo, 2024**

**Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en  
pavimento de tráfico pesado**

PRESENTADA POR  
**Ezequiel Vargas Hernandez**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Roberto Carlos Castillo Velarde  
PRESIDENTE

Jorge Enrique Alvarez Ruffran  
SECRETARIO

Luis Quiroz Quiñones  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Los dedico al creador por concederme sabiduría para seguir forjando esta gran anhelada carrera profesional, a mí mismo por ser una persona perseverante por el esfuerzo de poder educarme solo, a mi familia por estar siempre dándome fuerzas para poder lograr mi objetivo, a los docentes por brindarnos esos conocimientos que son el pilar de mi carrera, a mis amigos que siempre estuvieron con mi persona y todas las personas que de una y otra manera fueron participe de este gran logro.

## **Agradecimientos**

A Dios por darme salud, sabiduría darme mucha fortaleza, a mi familia por estar siempre en cada momento dándome fuerzas para lograr mis metas, a los docentes forjaron su saber, su apoyo, sabiduría para poder desarrollar la carrera profesional, todas las personas que de una y otra manera fueron participe de este gran logro.

## TESIS VARGAS HERNANDEZ AL 100% TURNITIN .docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>25%</b>	<b>24%</b>	<b>6%</b>	<b>13%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## Índice

Resumen .....	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Revisión de Literatura .....	15
Antecedentes.....	15
Bases Teórico-Científicas.....	20
Materiales y Métodos .....	35
Metodología.....	35
Tipo de investigación .....	36
Diseño de investigación.....	36
Población: .....	38
Muestra: .....	38
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	40
Técnicas de recolección de datos.....	40
Instrumentos de recolección de datos .....	40
Resultados.....	47
Ensayos en laboratorio.....	47
Análisis granulométrico del agregado fino y grueso .....	47
Concreto en estado endurecido.....	52
Discusión .....	59
Conclusiones.....	63
Recomendaciones .....	64
Referencias .....	65
Anexos.....	69

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de cementos y usos .....	24
Tabla 2: Requisitos que perfecciones el concreto para el agua de la mezcla .....	24
Tabla 3: Relación $f'c$ en diversas etapas.....	26
Tabla 4: Tipo de tráfico pesado expresado en Ejes Equivalentes .....	27
Tabla 5: Tipo de tráfico pesado expresado en Ejes Equivalentes .....	28
Tabla 6: Trafico vs $f'c$ .....	28
Tabla 7: Formas alotrópicas del carbono.....	30
Tabla 8: Formas alotrópicas del carbono .....	31
Tabla 9: Granulometría para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico .....	32
Tabla10: Ensayos de asentamiento en concreto fresco .....	37
Tabla 11: Operacionalización de variables .....	38
Tabla 12: Numero de testigos .....	39
Tabla 13: Valores de asentamiento .....	41
Tabla 14: $F'_{cr}$ , Resistencia critica.....	42
Tabla 15: Agua en $l/m^3$ .....	42
Tabla 16: Relación a/c por resistencia.....	43
Tabla 17: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	43
Tabla 18: Tolerancias en los procedimientos .....	46
Tabla 19: Resultados de Granulometría del material de agregado.....	48
Tabla 20: Resultados de Granulometría del agregado grueso.....	49
Tablas 21: Resultados del peso unitario del agregado fino .....	50
Tabla 22: Resultados del peso unitario del agregado grueso .....	50
Tabla 23: Resultados del peso específico y absorción del agregado fino .....	51

Tabla 24: Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso .....	51
Tabla 25: Resultados contenido de humedad del agregado fino y grueso .....	51
Tabla 26: Dosificaciones para concreto patrón .....	52
Tabla 27: Dosificaciones para concreto patrón más aditivo.....	52
Tabla 28: Dosificaciones para concreto patrón más 0.5% Grafeno.....	52
Tabla 29: Dosificaciones para concreto patrón más 1.0% Grafeno.....	52
Tabla 30: Dosificaciones para concreto patrón más 1.5% Grafeno.....	52
Tabla 31: Resistencia $f'c$ vs edades del concreto.....	54
Tabla 32: Resistencia $f'c$ vs edades del concreto.....	54
Tabla 33: Resistencia MR vs edades del concreto.....	56
Tabla 34: Costo unitario del concreto $f'c=420\text{kg}/\text{cm}^2$ .....	58
Tabla 35: Costo unitario del concreto $f'c=420\text{kg}/\text{cm}^2$ más el 0.5%,de grafeno.....	58
Tabla 36: Costo unitario del concreto $f'c=420\text{kg}/\text{cm}^2$ más el 1% de grafeno.....	59
Tabla 37: Costo unitario del concreto $f'c=420\text{kg}/\text{cm}^2$ más el 1.5% de grafeno.....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diagrama de flujo que describe el procedimiento de la investigación .....	40
Gráfico 2: Curva granulométrica .....	48
Gráfico 3: Curva granulométrica .....	48
Gráfico 4: Asentamientos de concreto 420 kg/cm <sup>2</sup> con 0.5%, 1% y 1.5% de grafeno.....	53
Gráfico 5: Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón f'c 420 kg/cm <sup>2</sup> con 0.5% de grafeno.....	54
Gráfico 6: Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón f'c 420 kg/cm <sup>2</sup> con 1% de grafeno.....	55
Gráfico 7: Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón f'c 420 kg/cm <sup>2</sup> con 1.5% de grafeno.....	55
Gráfico 8: Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón f'c 420 kg/cm <sup>2</sup> con las adiciones de grafeno.....	56
Gráfico 9: Comparación de la resistencia a la flexión del concreto patrón f'c 420 kg/cm <sup>2</sup> con las adiciones de grafeno.....	57

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Aparatos y prueba de asentamiento .....	25
Ilustración 2: Prensa hidráulica para rotura de probetas.....	26
Ilustración 3: Deformación de viga con respecto a la ubicación de la carga .....	27
Ilustración 4: Fallas estructurales en pavimentos .....	29
Ilustración 5: Modelo de la estructura de grafeno.....	29
Ilustración 6: Formas alotrópicas del carbono.....	30
Ilustración 7: Procedimientos del cuarteo de los agregados .....	32
Ilustración 8: Muestras en el horno de los agregados .....	32
Ilustración 9: Ensayos de absorción y peso específico del agregado grueso .....	34
Ilustración 10: Ensayos de absorción y peso específico del agregado fino .....	35
Ilustración 11: Elaboración de mezcla .....	45
Ilustración 12: Vaciado de mezcla en moldes de probetas .....	45
Ilustración 13: Prensa hidráulica -testigos de concreto .....	46

## Resumen

El concreto debido a su calidad superior y su elevada resistencia y la rebaja de los tiempos de fraguado en obra, se encuentra como insumo mayormente requerido a nivel mundial en los sectores de las edificaciones y obras de infraestructura. Dándose a conocer un nuevo material que mejora sus propiedades mecánicas como lo es los nanotubos de grafeno; por tal motivo realizo el siguiente **“Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado”**. Dicho estudio, tiene como objetivo general: Determinar que la incorporación del grafeno al concreto de alta resistencia mejora sus propiedades mecánicas para su aplicación en pavimento de tráfico pesado, para alcanzar el objetivo planteado en primer lugar se comparó los efectos de la resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento, en segundo lugar se analizó la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento, también se determinó trabajabilidad de la mezcla con la adición del material grafeno, de este modo se determinó el modo de aplicación del grafeno en concretos para pavimentos de tráfico pesado  $f'_c=420\text{kg/cm}^2$ , y finalmente se evaluó el precio de producción del nuevo material de alta resistencia incorporando el grafeno para el pavimento de tráfico su metodología es a través búsqueda de antecedentes relacionados al tema, con una muestra de 63 testigos para ensayo de resistencia a la flexión y compresión como resultado se obtiene la resistencia al esfuerzo de compresión de  $420\text{kg/cm}^2$ , este incrementa en 10%. 15% y 20%, respectivamente, así mismo la resistencia en flexión incrementa desde el 7 %, 15% y 23%, en la elaboración se observó el 40%, 42% y 50% de trabajabilidad se pierde , obteniendo de esta forma como resultados que ha mayor relación de nanotubos de grafeno, mayor es su incremento en dichos ensayos y precios se incrementó en 30% del material patrón se concluye que el concreto de alta resistencia al incorporar grafeno 0.5%,1% y 1.5% tienden a incrementar entre 3 % y 11% de resistencia a la compresión a los 28 días y para los concretos de alta resistencia al incorporar grafeno 0.5%,1% y 1.5% tienden a incrementar entre 7.7 % y 15% de resistencia a flexión a los 28 días.

**Palabras clave:** Grafeno, resistencia, trabajabilidad.

### Abstract

Concrete, due to its superior quality and high resistance and reduced setting times on site, is the most required input worldwide in the building and infrastructure sectors. Making known a new material that improves its mechanical properties such as graphene nanotubes; For this reason, I carried out the following “Incorporation of graphene into high-resistance concrete applied to heavy-traffic pavement.” The general objective of this study is: To determine that the incorporation of graphene into high-resistance concrete improves its mechanical properties for its application in heavy-traffic pavement. To achieve the stated objective, the effects of resistance when incorporating graphene were first compared. between 0.5%, 1.0% and 1.5% of the weight of the cement, secondly the flexural strength of the high-strength concrete was analyzed by incorporating graphene between 0.5%, 1.0% and 1.5% of the weight of the cement, workability was also determined of the mixture with the addition of the graphene material, in this way the method of application of graphene in concrete for heavy traffic pavements  $f_c = 420\text{kg/cm}^2$  was determined, and finally the production price of the new high resistance material was evaluated. Incorporating graphene for traffic pavement, its methodology is through a search for background information related to the topic, with a sample of 63 cores for flexural and compression resistance testing, as a result, the compressive stress resistance of  $420\text{kg/cm}^2$  is obtained. this increases by 10%. 15% and 20%, respectively, likewise the bending resistance increases from 7%, 15% and 23%, in the elaboration it was observed 40%, 42% and 50% of workability is lost, thus obtaining as results that the greater the ratio of graphene nanotubes, the greater its increase in said tests and prices increased by 30% of the standard material, it is concluded that high resistance concrete when incorporating graphene 0.5%, 1% and 1.5% tend to increase between 3% and 11% compressive strength at 28 days and for high-strength concretes when incorporating graphene 0.5%, 1% and 1.5% tend to increase between 7.7% and 15% flexural strength at 28 days.

Keywords: Graphene, resistance, workability.

## **Introducción**

Paz [1], en su investigación indica que el grafeno tiene grandes posibilidades en la arquitectura e ingeniería, desarrollando como objetivo la optimización de las propiedades de los materiales y el desarrollo de otras nuevas; a través del empleo de nanomateriales. Por lo que se tiene una muestra de catorce sectores de la industria que lo aplican y que uno de ellos es el sector construcción en un porcentaje de valor 2; para esta investigación la metodología empleada fue los principios resumidos en el acrónimo IMDRAD que se basó en los principios como introducción, métodos, resultados y discusión. Entre los resultados de su investigación el ámbito de la arquitectura e ingeniería utilizan el nano material de nivel estructural (micro y macro molecular) como nivel tecnológico constructivo la cual se concluye que la nanotecnología que se utilizará en concreto van a generar un cambio con respecto a la construcción como industria, siendo lo recomendable el estudio a mayor profundidad del material que nos ofrece la ciencia.

Según el MTC [2], cumplen la función de supervisar a las concesionarias que brindan sus servicios al estado y dar mantenimiento a las vías nacionales, locales. Así mismo, informan que el 85% de los pavimentos existentes en el Perú presentan daños o fallas típicas debido a las temperaturas cambiantes, las lluvias, falta de cumplimiento de las características geométricas mínimas; por ende, siendo la causa de que el 80% de los accidentes de tránsito se dieron entre los años 2013 al 2016 con una muestra de diez vías nacionales. También informan en su página oficial los diversos contratos con diferentes empresas para el mantenimiento preventivo o rutinario de las carreteras en todo el país. Hasta el 2023 se registraron más 54 emergencias en las viales nacionales, en las que 45 sectores fueron los afectados, de esta forma el MTC, procedió a las actividades de recuperación de la transitabilidad vehicular con la habilitación de un solo carril; estas acciones de manera temporal. Según lo informado en esta referencia, se concluye, que las vías nacionales requieren de un mantenimiento adecuado, programado ya sean de conservación, rutinaria periódica o restauraciones, las cuales conforman un conjunto de actividades, y dependen específicamente de la entidad a la cual corresponda se lleven a cabo; dado que actualmente nos encontramos en una inestabilidad política se han dejado de lado dichas actividades y como consecuencia un alto riesgo de accidentes; por lo que el MTC concluye que se enfocará en el mantenimiento periódico de la vías nacionales para evitar accidentes, garantizando una mejora transitabilidad del sector transporte dando un mejor servicio a la población.

Las estructuras viales de pavimento rígido, se caracterizan por estar diseñados con espesores de losa superiores a los 25 cm, por lo que el concreto  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  vienen a ser los adecuados; ya que tienen que soportar las cargas de un tránsito pesado; y esto a su vez, las deformaciones verticales originadas por las ruedas de los vehículos que van acompañadas por esfuerzos de flexión, así mismo se produce cambios de calor, fricción entre losa, fundación, alabeo; estos genera deterioros gradualmente a temprana edad; entre las más resaltantes se encuentran las fisuras longitudinal, transversal, rotura o baches, hundimiento debido a que dicho concreto no se le adiciona algún material que mejore la resistencia al impacto fatiga y ductilidad. [2]

Waltrud [3], en su informe, expresa que la región Lambayeque también necesita de una mayor intervención, ya que se encuentra con migraciones de diferentes partes del país y agregando a esto la falta de políticas adecuadas que incentivan muchas veces a un crecimiento informal, más aún cuando existe población necesitada de una vivienda dando origen al uso del concreto para construir sus edificaciones. Así mismo reconoce la falta de una investigación para incentivar a la población y a las empresas concreteras a la incorporación de un material como lo es el grafeno; debido a la gran desinformación de la utilización de esta nanotecnología y por consiguiente la construcción de nuevas edificaciones, pistas de concreto de alta resistencia y mayor durabilidad, que serán fundamentales en la Región Lambayeque.

Para el presente proyecto se plantea como problemática: ¿Cómo influye la incorporación del grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado? Por esta razón esta investigación tiene como fin el diseño nuevas propuestas en la edificación, con referencia al concreto de alta resistencia en pavimentos tráfico pesado, debido que estas cargas generan un desgaste del concreto rígido produciéndose así los llamados baches que originan un mantenimiento constante para mantener su durabilidad y resistencia.

La solución de mi investigación para la problemática planteado es la incorporación de grafeno con proporciones de porcentaje del 0.5, 1 y 1.5 con respecto al peso del cemento. En referencia a la durabilidad del concreto de alta resistencia tiene una semejanza con la estructura de las nano partículas; ya incorporando el nano material al concreto de alta resistencia mejoran sus propiedades logrando una mayor resistencia tanto a compresión y flexión; en un concreto patrón  $F'c=420\text{kg/cm}^2$ .

El empleo de este nanomaterial Grafeno fue justificado en ciertos aspectos, los cuales servirán como respaldo que se menciona a continuación: En el aspecto técnico el nanomaterial Grafeno tiende a tener inferencia en el sector construcción y que en el futuro se tendrá de manera masiva utilización del Grafeno en la industria de la construcción y en su adición se logran resultados alentadores en resistencia a la compresión y resistencia la flexión, por lo que USA y China están utilizando esta nanotecnología. De la misma manera, en el aspecto social la incorporación de Grafeno se obtendrá las mejoras del concreto de alta resistencia en nuestras edificaciones, pistas por lo que se obtendrá más seguridad y calidad de vida a la población. Para finalizar analizando el aspecto ambiental, dicho nanomaterial Grafeno al incorporar al concreto de alta resistencia mejoren sus propiedades, por ende, hay que reemplazar el grafeno por una cantidad calculada de cemento en el diseño de mezcla, la misma que tendera a la reducción en su fabricación y así mismo en la contaminación ambiental y la disminución del calentamiento global. [3]

Dicha investigación propone como Objetivo General: Determinar que la incorporación del grafeno al concreto de alta resistencia mejora sus propiedades mecánicas para su aplicación en pavimento de tráfico pesado. Y los objetivos específicos: Analizar la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento. Analizar la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento. Evaluar la trabajabilidad del concreto con la incorporación del grafeno. Determinar el modo de aplicación del grafeno al diseño de mezcla para un concreto  $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$  en pavimentos de tráfico pesado. Evaluar el costo de producción del concreto de alta resistencia incorporando el grafeno para el pavimento de tráfico pesado.

## **Revisión de Literatura**

### **Antecedentes**

Sevim y Ozbulut [4] “Propiedades mecánicas del Hormigón armado con nanoplaquetas de grafeno preparado con diferentes técnicas de dispersión”

En su investigación realizada plantea como objetivo analizar el efecto que se ocasiona a causa de la preparación con técnicas de dispersión del material hormigón armado con nanoplaquetas de grafeno en sus propiedades, puesto que su metodología utiliza el material adicionado en proporciones de 0.03% a 0.1% en relación a la medida de peso de cemento, y se tomaron muestras de 27 ensayos para los resultados en compresión, como resultado el aumento máximo en 17% de la actual, concluyendo que el porcentaje con mayor influencia es del 0.05%.

Abdel Ghafaar [5] “Promoción de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón utilizando nanomateriales y materiales de desecho”.

En esta investigación indica que utilizar nanomateriales como el grafeno tendrán mejoras en la resistencia a compresión por lo que su metodología señala que se tendrá un efecto positivo sobre la flexión para los ensayos compresión y flexión a los 7 y 28 días de curado con distintas muestras a realizar, la primera tenía un reemplazo de cemento por residuos construcción con grafeno la muestra de control que se empleara para hacer su comparación como resultado se reemplazó residuo cerámico con 0.05% de nanomaterial aumento un 11.7% y con cantidades de grafeno aumento un 14.6% por lo que concluye que el grafeno alcanzará la capacidad de mejorar en el concreto sus propiedades mecánicas.

Hinestroza Murillo [6] “Análisis del óxido grafeno usado como aditivo para el concreto”

En su investigación realizada tiene como meta definir el óxido de grafeno como un aditivo en el concreto hidráulico con respecto a su viabilidad puesto que utilizo la metodología teórica, su muestra fue la obtención de antecedentes obteniendo resultados encontrados en dichas investigaciones, su análisis de resultados menciona la adición de óxido de grafeno influye en la trabajabilidad del material nuevo, en la maneta de absorber el agua de la mezcla, por lo que se define como un material revolucionario e innovador; para ser utilizado en el concreto hidráulico como modificaciones y mejora de sus propiedades.

Chougan y Amadraza [7] “Nanocompuestos cementosos de óxido de grafeno en dosis extrabajas” .

En su investigación planteo como objeto la evaluación del impacto en dosis extras bajas con 0.01% de oxido de grafeno, en las propiedades de mezcla fresca y endurecida como metodología empleo el análisis con instrumentos de verificaciones microestructurales, con una muestra de 36 ensayos obteniendo resultados de perdida de trabajabilidad y fluidez en la mezcla en su estado fresco, así mismo el aumento de la resistencia en su estado endurecido tanto en compresión y flexión en un 13% y 29% en un tiempo de 28 días por lo que concluye que el óxido de grafeno al ser incorporado en el cemento causa dificultar en el embebimiento del agua y esto mejora la durabilidad del concreto.

Mokhtar, Morsy [8] “Promoción de las propiedades físicas y Mecánicas del hormigón utilizado nanomateriales y materiales de desecho”

En su investigación realizada cual indican en su objetivo la utilización de nanomateriales de óxido de grafeno y carbono llegara un considerable incremento en las propiedades como el  $f'c$  del concreto, mostrando como una consecuencia positiva en flexión. Ya que se estableció ejecución del tanteo de rotura en el tiempo de curado 7 a 28 días en el agua para desarrollar de diferentes muestras a examinar, varios ensayos con sustitución de cemento reciclado y con nanomateriales oxido de grafeno y carbono, se tenía en cuenta la muestra de control (ninguna sustitución) la forma adecuada en la comparación, se concluye sustitución de residuo cerámico con incremento desde 0.05% al 11.7% y mediante remplazo con polvo de mármol con la cantidad de nanomaterial de resultados con una resistencias de incremento a 14.6% y se concluye que el material nanotubos de carbono u óxido de grafeno mejorando de esta forma las propiedades mecánicas de la mezcla.

Choque Flores [9] “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , agregando grafeno”.

La investigación realizada en su objetivo general optimizará en el concreto  $f'c 210\text{kg/cm}^2$  sus propiedades mecánicas incorporando grafeno, con un tipo de investigación fue experimental con una muestra de 120 pruebas en total empleados en compresión, flexión para pruebas a tracción diametral utilizo una metodología que considero de la exploración en publicaciones, resúmenes estadísticos, entre otros, con resultados que el uso de nanotecnología el grafeno tiende un gran valor en el mundo. Para medir los efectos que

produce este material se realizaron 120, por lo que concluye que en proporciones 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.40% de grafeno, respetando diseño y calidad de materiales, genera el incremento de los valores en propiedades mecánicas del concreto convencional  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , en relación del cemento en peso, para el ensayo de compresión y flexión con un tiempo de 7 y 28 días alcanzando y como conclusión alentadores incremento de resistencia para un concreto mejorado.

Ocrospoma Casas [10] “Propiedades físicas - mecánicas del concreto de mediana y alta resistencia, adicionando grafeno y micro sílice”.

Planteó determinar las propiedades físico mecánicas en un concreto de media y altísima resistencia, adicionado grafeno y microsilice, siendo este su objetivo principal. Siendo de tipo aplicada su metodología y por lo que su investigación experimental, un nivel explicativo, y enfoque cuantitativo la cual cuenta con una muestra de 252 probetas siendo los resultados a la compresión hasta  $220\text{kg/cm}^2$ , en adición de grafeno en 1% y el máximo valor del 1.5%; por lo que se concluye que al agregar grafeno y microsilice se obtiene una relación con la resistencia la cual es directamente proporcional, siendo favorable para en el uso del rubro de la construcción.

Paredes Mayta [11] “Incidencia del Grafeno en las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ ”.

Planteo como objeto de estudio la evaluación de la incidencia en propiedades mecánicas físicas del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  al adicionar grafeno, la cual utilizó como centro de su investigación el método científico, aplicada y también se tiene 72 testigos de diámetro 0.1 y 0.2 de altura en metros y 24 vigas para flexión, en su resultados de los ensayos en 3 tiempos de curado a los 7 días, 14 días y 28 días de todos los grupos, para el concreto patrón a los 7 días se obtenido  $206\text{kg/cm}^2$  y para los 28 días alcanzo un valor de  $363\text{kg/cm}^2$ , la cual se concluye que se determinó, la resistencia del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , al adicionar grafeno aumentando en relación del 0.05%, 0.025% y 0.075% del peso del cemento con un incremento de 12%, 18% y 25% de resistencia a la compresión.

Flores Oriundo [12] “Nanopartículas de Grafeno para Mejorar Propiedades Físico Mecánicas del Concreto”.

Plantea su objetivo principal estudiar las nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico y mecánicas del concreto tanto en estado fresco como endurecido utilizó una metodología deductivo, su investigación es de tipo experimental nivel descriptivo por lo que se tiene una muestra es la investigación son los ensayos de resistencia a la compresión, asentamiento, durabilidad y vida útil realizado en artículos de referencia como resultado es el desarrollo de material nanotecnológico, representado un verdadero avance en la tecnología del concreto, por lo que se concluye que la adición del grafeno y sus compuestos constituyen una gran oportunidad de innovación e investigación en relación a las mejoras del concreto fresco y concreto endurecido.

Cotrina Salvatierra [13] “Influencia del Grafeno obtenido por exfoliación en fase líquida como adición en la Resistencia del concreto”.

Planteo definir la contribución de grafeno en fase líquida a través de la exfoliación siendo adicionada a la resistencia del concreto, ya que emplea su metodología a nivel explicativo para el diseño fue experimental, puesto que su ejemplar no es probabilístico, en 15 vigas de forma prismáticas y 60 testigos de concreto, obteniendo como resultados la determinación del diseño de mezcla y que el rango de incremento es de 6.9% en la resistencia a la compresión, y para flexión 11.2% del concreto en el incremento con respecto al peso del cemento.

Choez de la cruz [14] “Determinación de la resistencia a compresión del concreto con adición de grafeno”.

Su objetivo es la determinación de los efectos con la adición de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto, en su metodología se desarrolla mediante ensayos experimentales en laboratorio puesto que se tiene una muestra para cada resistencia según diseño a la compresión, siendo el número de testigos de 54 ensayos a compresión que con un total de 162 probetas como resultado de las adiciones de grafeno se compararon con el concreto patrón 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.10% con respecto al peso del cemento para diseños de 175, 210, y 280kg/cm<sup>2</sup> y se concluye que los concretos de 175 kg/cm<sup>2</sup> tienen un incremento de 13% para un porcentaje de 0.02% para el diseño 210kg/cm<sup>2</sup> se tiene un incremento del 14% para el resto de porcentajes tiende a reducir la resistencia de compresión.

Angaspilco Delgado [15], “Influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”.

Menciona en su objetivo es analizar la influencia de la adición de óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  puesto que se tiene un testigo en cada diseño para una resistencia a la compresión, en cantidad de 50 ensayos a compresión que con un total de 100 aplicando como metodología el diseño experimental y el enfoque cuantitativo como resultado de las adiciones de grafeno se compararon con el concreto patrón 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20% con respecto al peso del cemento dando resultados de las adiciones de óxido de grafeno siendo estos comparados con el concreto patrón, concluyendo que el porcentaje de 0.20% a los 28 días es el más óptimo de resistencia 38.19%, 21.95%, 9.98% de resistencia en compresión y flexión.

Santisteban Tepo [16] “Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando polvo de grafito”

En su planteo como objetivo definir cómo influye la adición de polvo de grafito en las propiedades del concreto en dosificación desde 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08% y 0.09%, por parte del investigador utiliza una metodología como un diseño experimental de tipo aplicada tiene una muestra de 82 probetas para compresión y 18 vigas prismática para flexión siendo el resultado que con proporción del 0.09% reduce en el asentamiento una trabajabilidad del 57.14%, con respecto al peso unitario del concreto, obteniendo así mismo una reducción del 13gr/m<sup>3</sup>, y para los ensayos a la compresión y flexión en el tiempo de 7, 14, y 28 días con adición de 0.06% se obtuvo de 299.70kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Bonilla Diaz [17], “Evaluación de las propiedades en estado endurecido del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando nanopláca de grafeno, Chiclayo”

En su investigación en el año 2023 como objetivo es evaluar el impacto que genera la adición tiene aplico una tipo de investigación aplicada para lograr nuevos conocimientos, se obtiene la muestra de 48 ensayos a compresión con material de cemento de tipo I y tipo II como resultado el concreto patrón al utilizar los 2 tipos de cemento se obtenido en promedio valores de resistencia a la compresión a 184.56kg/cm<sup>2</sup>, 196.87g/cm<sup>2</sup> y 223.50 kg/cm<sup>2</sup> para el tipo I y para tipo V alcanzo valores de 183.88kg/cm<sup>2</sup>, 225.76kg/cm<sup>2</sup>, y 233.57kg/cm<sup>2</sup> para 7, 14, 28 días por lo que concluye que el concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  incrementa su resistencia de 223.5 kg/cm<sup>2</sup> y 233.5 kg/cm<sup>2</sup> para el tipo de cemento tipo I y tipo V.

## **Bases Teórico-Científicas.**

Planificación

### **Concreto Armado**

Esta norma E.060, indica que la resistencia obtenida inicialmente deberá mantener una temperatura del 10°C y en curado durante 3 días iniciales. Existe diversos tipos de curado, por lo que antes de su uso se debe comprobar que el método sea igual o superior en resistencia obtenida a la edad correspondiente. [18]

### **Pavimentos Urbanos**

Norma CE.010 Muestra intervalos para establecer con un buen diseño, construcción, siempre que se realice los estudios pertinentes como suelos, ubicación, sísmicos, entre otros, para un mayor propósito y obtener durabilidad, la buena utilización de los materiales, y equilibrio de los pavimentos urbanos, para un periodo de tiempo. [19]

### **Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG-2013**

Según la norma EG-2013 Permite determinar los materiales que conforman las capas estructurales del pavimento, así como la determinación del diseño de concreto premezclado a usar, definidas a través de especificaciones técnicas y correspondientes al proyecto. [20]

### **Norma Técnica Peruana (versión 2018) sobre hormigón, concreto, agregados y cementos.**

La norma técnica peruana 339.183:2013 concreto, práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio, norma técnica peruana 339.185:2013 agregados, para el método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado norma técnica peruana 400.012:2013 agregados. análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, norma técnica peruana 400.021:2013 agregado. el método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico), absorción del agregado grueso, norma técnica peruana 400.022:2013 agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino NTP 334.123:2013 cementos. [21]

**American Concrete Institute – Método del Comité 211 del ACI.**

La presente norma se generó por el Comité 211 del ACI, quienes determinaron los procedimientos para la elaboración del diseño de mezcla a través de tablas que incluyen la información de los agregados para obtener la unidad cúbica de concreto. [22]

**Nanotecnología**

La nanotecnología es el manejo de la sustancia a una dimensión casi atómica, con la finalidad de crear algo nuevo. En sectores como energía, medicina, materiales, productos al consumidor y en la fabricación, ofrece avances científicos en cada uno de ellos en relación a lo tecnológico. Se pueden encontrar en escalas entre 1 y 100 nanómetros, y su tamaño representan propiedades singulares que logran un efecto en las reacciones químicas, físicas y biológicas y que abarcan en aparatos, estructuras y sistemas diseñados. [23]

## **Marco Teórico**

### **Concreto de alta resistencia**

#### **Definición**

Tiene como definición concretos cuando su desempeño es alto y la característica de su resistencia en compresión comprende desde  $F'c = 420 \text{ kg/cm}^2$  (6000 psi – 40 MPa) a más. El producir un concreto de alta resistencia demanda un superior análisis y un control de la calidad rígida dependiendo de su aplicación. [18]

Se usan en concreto que requieren estar en servicio a los tres días de su colocación, en edificación de gran altura reduciendo las dimensiones de los elementos estructurales, en super estructuras edificios de gran altura dando mayor resistencia en otras estructuras de concreto que requieran mayor durabilidad, módulo de elasticidad, resistencias a la compresión y flexión. [24]

#### **a. Materiales**

Para obtener buenos resultados en el diseño de un concreto de alta resistencia es necesario la debida selección en los materiales que lo constituyen:

Agregados gruesos son del menor tamaño máximo posible, deben ser resistentes y durables, así mismo compatibles con la pasta del cemento en rigidez y resistencia. Proviene con la pulverización piedras o mezcla entre ellas; no abarcar polvo u diferente material que dañe la calidad de la mezcla. El TMN, no superará 1/3 grosor de diseño del pavimento el agregado fino tiene una graduación de finura mayor de 3.2 (ASTM C 33), ya que el material cementante contiene gran cantidad de finos y provienen de pulverización de piedras o arenas naturales o diferente material conveniente, con respecto a las obras de construcción.

Los materiales cementantes en concretos de alta resistencia son de mayor cantidad para un concreto convencional y esto a su vez hace que se incremente de la temperatura absorción, así como probablemente superior concentración de homogenización por desecar, generando un superior latente de grietas. En gran cantidad de las mezclas de concreto abarca la unidad (1) o más incorporaciones de cenizas volantes o de elevado horno triturado, micro sílice o puzolánicos y la magnitud esta entre  $415 \text{ kg/m}^3$ , superior de  $650 \text{ kg/m}^3$ .

El cemento portland tipo I y II de aprobación según la resolución de la norma ASTM C150, cementos tipo IP, IPM o IS, para realizar con las especificaciones ASTM C595 con cementos mezclados en exceso fijas de puzolanas o escorias,  $F'c$  superiores de 10,000 psi (700 kg/cm<sup>2</sup>), no obstante, estas proporciones serán fijas de puzolanas podrán o no ser capaz producir una excelente de resistencia y se poner en el trabajo investigativo el cemento portland de tipo I. [20]

*Tabla 1: Tipos de cementos y usos*

Tipo	A.S.T.M.	Descripción
Tipo I	C 150 - 84	Portland común
Tipo II	C 150 - 84	Portland con moderada resistencia a sulfatos y calor de moderado hidratación
Tipo III	C 150 - 84	Portland de endurecido rápido
Tipo IV	C 150 - 84	Portland de bajo calor de hidratación
Tipo V	C 150 - 84	Portland resistente al sulfato
Tipo IP	C 595 - 83a	Portland puzolánico de 15 a 40% de puzolana

*Fuente: Manual de carreteras EG-2013 [20]*

El agua llega a tener mayor importancia en este concreto ya que es necesario la baja relación agua/material cementante, la cual debe encontrarse dentro del 0.23 a 0.35; para lograrlo se hace usos reductores de agua como aditivos de elevado rango y altas dosificaciones, regidos por la norma ASTM C 494 menciona dos tipos F o G. [20]

*Tabla 2: Requisitos que perfecciones el concreto para el agua de la mezcla*

Ensayo	Límites	Método de ensayo
pH	5.5 – 8.5	NTP 339.073
Resistencia a compresión, mínimo, % del control a 7 días <sup>A</sup> .	90	NTP 339.034
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos <sup>A</sup> .	De 1 h más temprano a 1,5 h más tarde	NTP 339.082

*Fuente: Manual de carreteras EG-2013 [20]*

Los aditivos generan en el diseño con modificaciones, dicho propósito es para el reforzamiento o las modificaciones en sus características propias para el pavimento a ejecutar. Entre los aditivos tenemos: Incluidores de aire (aditivo para reducir el agua) y aditivos químicos (aditivo para reducir el agua, acelerantes, y para retardar la fragua. [25]

La no realización de un buen diseño con materiales calificados para la mezcla podría impedir alcanzar una resistencia alta. Con respecto a la producción, transporte, colocación y acabado del concreto de alta resistencia vienen a ser similares al concreto convencional,

ahora bien, se deben tomar algunas medidas para la protección de la contracción por secado y agrietamiento por temperatura.

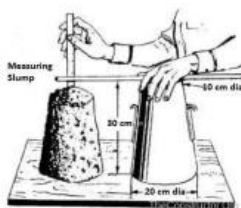
### b. Diseño de mezcla

Los diseños de mezclas están definidos por los procedimientos establecido por el comité 211 de la ACI, dado que se realiza a través de una secuencia lógica que dará lugar a una mezcla en función a las necesidades requeridas; por ello se aplica el método de módulo de fineza, siendo este conocido se correlaciona los agregados que a la vez varía con respecto a la pasta del cemento, para un concreto usado en obras de pavimentación siendo esta resistencia, el material cementante tiende hacer mayor cantidad que el concreto tradicional, por lo su calor de hidratación se incrementa y con mayor probabilidad de que se generen mayor contracción (retracción), por secado, y por consiguiente agrietamientos y la relación agua/cemento, se encuentra entre el rango de 0.23 a 0.35, siendo este muy bajo solo se lograría con muy altas dosificaciones de aditivos reductores de agua o superplastificante de acuerdo al tipo F o G de la norma ASTM C 494. [26]

### c. Propiedades en el concreto de resistencias elevadas

Asentamiento: El material tiende hacer estable y arma en cualquier elemento estructural teniendo siempre una fluidez. Esta propiedad se encuentra ligada a relación a/c, y para verificar dicha propiedad en el estado fresco se realiza el ensayo de SLUMP, a través del instrumento cono de Abrams.

*Ilustración 1: Aparatos y prueba de asentamiento*



Fuente: Indiamart [9]

Trabajabilidad: Es una de las propiedades necesarias para la colocación del estado fresco en el lugar del armazón de la estructura por generar. Más que todo en el proceso de manipulación, transporte, colocación y acabado.

Durabilidad: La durabilidad depende de muchas condiciones, como la intemperie, acción química, la abrasión, la tensión de tracción y compresión durante su periodo de diseño y a más. [9]

Resistencia a compresión ( $f'c$ ): El aplastamiento que puede soportar el concreto en estado endurecido habiendo sido sometido anteriormente al curado, de la relación carga/área se identifica el esfuerzo máximo concreto patrón se calcula en diferentes edades (7, 14, 28 días). [9]

*Tabla 3: Relación  $f'c$  en diversas etapas*

Tiempo	7días	14días	28días	90días	6meses	1Año	2Año	5Año
$F'c(t)$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

*Fuente: Indiamart [9]*

*Ilustración 2: Prensa hidráulica para rotura de probetas*



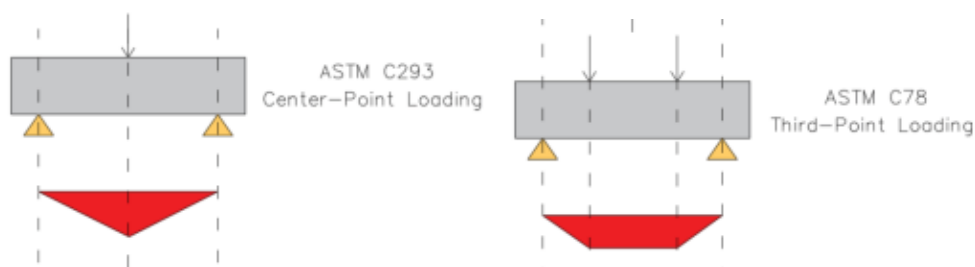
*Fuente: L. Choque Flores [5]*

Resistencia a flexión: Relaciona indirectamente el esfuerzo que será sometido el concreto, para medir la resistencia se preparan vigas de probetas para luego someterlas como una viga apoyada a 2/3 de su longitud, de esta manera se observará la falla y se indicará el tipo de fractura por lo que la resistencia a flexión, está dentro del rango del 10% hasta el 15% del  $f'c$ , dependen de las proporciones de mezcla del tipo, tamaño y volumen de los agregados también se obtiene una estimación del MR. [18]

$$Fr = 7.5\sqrt{f'c}$$

Donde  $F'c$  es la resistencia a la compresión.

*Ilustración 3: Deformación de viga con respecto a la ubicación de la carga.*



Fuente: NTP 339.078. [27]

### **Pavimento de concreto hidráulico**

Según la norma de suelos y pavimentos se clasifica como pavimento flexible, semirrígido y rígido las vías con área de rodadura en pavimento. Teniendo el concepto de pavimento rígido aquel que se encuentra constituida de losas de concreto hidráulico sobre la base de afirmado, over para poder nivelar la rasante de una pavimentación. La losa cumple la función de absorber todos los esfuerzos generados por la continuidad del peso automotor, transmitiendo con bajo esfuerzo en la sub base y rasante. [20]

Los espesores concretos rígidos se basan en el MR o resistencia a la flexión. Así mismo los factores de carga de tráfico y rigidez de la subrasante son influyentes para el cálculo y los pavimentos de concreto se clasifican en concreto reforzado, simple y ambos con juntas, también al concreto reforzados continuamente. El tiempo para el diseño es menor de 20 años, está ligada la magnitud de tráfico asociado en ese tiempo para el carril de diseño. [20]

El método AASHTO 93 simplifica el efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes, ya que las cargas generadas de los ejes de los vehículos se transforman en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton en peso (ESALs) y se definen tres categorías: caminos que tienen un tránsito de 150 001 a 1.000000 000EE, 1 '000001 a 30' 000000 EE y mayor a este último valor, los tres en la vía y tiempo de 20 años. [20]

*Tabla 4: Tipo de tráfico pesado expresado en Ejes Equivalentes*

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Manual de Suelos y pavimentos [20]

Tabla 5: Tipo de tráfico pesado expresado en Ejes Equivalentes

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual Suelos y pavimentos [20]

La resistencia a flexión se calcula a través del módulo de rotura ( $M_r$ ) la cual esta normado por ASTM C-78.

Tabla 6: Trafico vs  $f'_c$ .

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO ( $M_r$ )	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ( $F'_c$ )
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente 6: Manual de Suelos y pavimentos [20]

La siguiente fórmula según el ACI 363, muestra la correlación del  $M_r$  con el  $f'_c$ :

$$M_r = a\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \text{ con datos de "a" con variación de 1.99 y 3.18}$$

Para los casos de concretos rígidos superiores en valor de  $F'_c=400 \text{ kg/cm}^2$ , puede ser incierta la estimación utilizando las fórmulas ya previstas, ya que hace un elemento de continuado análisis y ajuste, para mi caso en estudio se considera un rango de tráfico pesado mayor de 15 '000000 EE y se adoptará la resistencia aproximada y equivalente a compresión ( $f'_c$ ) igual a 420 kg/cm<sup>2</sup>. [20]

También es necesario conocer los defectos estructurales que prevalecen en los pavimentos rígidos entre ellos tenemos: fisura múltiple, fisura longitudinal, transversal y/o diagonal, hundimiento, fisura por el centro de la viga, rotura o bache, escalonamiento,

figuras errática-inducida levantamiento, estallido de compresión y datos por reactividad de los agregados. [20]

*Ilustración 4: Fallas estructurales en pavimentos*

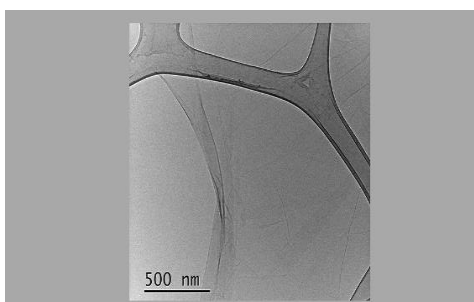


*Fuente: Elaboración propia.*

### **El grafeno – Nanotecnología revolucionaria en la industria de la construcción.**

Se define como grafeno el material carbono en esteroides. Se encuentra formado en una estructura hexagonal unidos fuertemente de átomos de carbono la cual toma una forma de panal de abeja. Se menciona que es más resistente que el acero en 200 veces y más duro que un diamante. Una de sus características más resaltantes es que contiene alto grado de flexibilidad. [9]

*Ilustración 5: Modelo de la estructura de grafeno.*

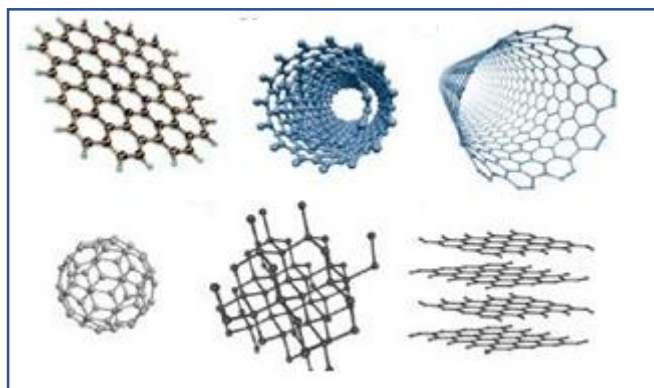


*Fuente: L. Choque Flores [9]*

Otra de sus características es su ligereza es decir un m<sup>2</sup> equivale menos de un gramo, hidrofóbico y con alta capacidad para conducir la electricidad y el calor y más aún es un material ecológico ya que radica por estar compuesto de carbono puro y los alótopos (propiedad que permite obtener estructuras moleculares y/o cristalina) de carbono:

- Cero dimensionales: Fullerano
- Bidimensionales: Grafeno.
- Monodimensionales: Nanotubos.
- Tridimensionales: Diamantes y grafito.

*Ilustración 6: Formas alotrópicas del carbono.*



*Fuente: L. Choque Flores [9]*

Fue descubierto en los años 2004 por Andre Geim y Konstantin Novoselov, a través de la exfoliación mecánica realizada al grafito la forma del grafeno es tubular en dimensión nanométrica (nm). La nanotecnología o nanotubos con producto de carbono hacer rollos de grafeno. Las características del grafeno se comentan en otras investigaciones que es de color gris a negro, llega a veces a tener un brillo metálico, su dureza de Mohs es de 1 a 2, es estable y químicamente inerte a temperaturas normales, entre otros. [9]

*Tabla 7: Formas alotrópicas del carbono*

<b>grafeno</b>	
Grafeno	(> 99% en peso, D 0.5-3 $\mu$ m, <3 capas)
Grafeno	(> 98% en peso, D 1-5 $\mu$ m, 1-2 capas)
Grafeno	(> 98% en peso, D 8-15 $\mu$ m, 1-2 capas)
Grafeno	(> 98% en peso, D > 50 $\mu$ m, 1-2 capas)

*Fuente: L. Choque Flores [9]*

La forma de adicionar el grafeno en la preparación del concreto es a través de la dispersión de este material en agua y mezcladas con el cemento portland; según estudios realizados mejora las propiedades mecánicas y físicas por tanto las aplicaciones del grafeno son ilimitadas, debido a que en todas las industrias y sectores ha dado resultados inesperados.

Entre las más comunes tenemos los teléfonos móviles, la fábrica de la energía eléctrica, y en los últimos tiempos en la ingeniería civil. [9]

La nanotecnología o nanomaterial cuenta con las siguientes propiedades:

- Módulo de finura : 23 hasta 42 GPa.
- Fractura ditación : 0.6%
- Fortaleza a la tensión : 0.13 GPa.
- Densidad : 0.67 nm
- Dureza : 1800 kg/m3. [28]

*Tabla 8: Formas alotrópicas del carbono*

Items	C (%)	O(%)	largo/ (um)	Ancho (um)	grosor (nm)
Value range	45-60	40-55	2	10	1-1.5

*Fuente: L. Choque Flores [9]*

## **Ensayo de materiales**

### **a. Ensayo de contenido de humedad de los agregados**

Se realizó a las muestras de material extraídos de la cantera de Talambo, determinando el porcentaje de humedad que estas presentaban, cabe mencionar que fueron afectados por las lluvias en el mes de marzo del 2023. El valor obtenido se aplicó para el diseño de mezcla, los equipos y aparatos utilizados fueron: balanza electrónica, horno eléctrico y recipientes. [29]

Las acciones realizadas en el ensayo fueron las siguientes: Obtengo una cantidad 500gramos del material, tiempo de secado 24 horas en el horno, pesar la muestra seca y calcular la diferencia de pesos para obtener el contenido de humedad en porcentaje de los agregado la cual es un método más flexible.

*Ilustración:7 Procedimiento del cuarteo de los agregados*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración:8 Muestras en el horno de los agregados*



*Fuente: Autor Propio*

### **b. Análisis granulométrico de los agregados**

Realizando el ensayo se determina el TMN, y distribución de los tamaños presentes en los agregados y la norma específica que los siguientes aparatos y equipos: balanza electrónica, taras, juego de tamices, horno eléctrico. [30]

Procedimiento: Peso de la muestra de balanza electrónica es de 500 gr, mediante la malla N°200 se lava la muestra, al obtener la cantidad de la muestra ya secada se procedió a pesar, de manera manual a través de los tamices con la base y tapa se realiza el procedimiento de tamizado, con tamizado se hizo en la malla N° 3/8" pasando al 100% y obteniendo el MF, continua con la malla N° 4 para el tamizado, obteniendo la 1ra obtención retenido del material, se continuo la misma secuencia para las demás mallas como: N° 8, 16, 30, 50 y 100 y obteniendo la cantidad que paso al final en la base, registrando siempre todos los datos obtenidos.

*Tabla 9: Granulometría para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.*

Tamaño Nominal	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 2/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°. 4	N°. 8
2"	95 - 100	-	35-70	-	-	-	0.5	-
1 1/2"	100	95 - 100	-	35-70	-	-	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	-	-	-	20-55	0.1	0.5
1/2"	-	-	-	-	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	Oct-30	0.1

*Fuente: Manual de carreteras EG-2013 [20]*

**c. Granulometría del agregado grueso**

Cantidad de 5000gr en una balanza electrónica, el tamizado se hizo en la malla N° 1” pasando al 100% y obteniendo el TMN, se obtiene TMN, el cual paso por el tamiz de la malla 3/4“, se continuo la misma secuencia para las demás mallas como: N° 3/4”, 1/2, 3/8, 4, 8, 16 más fondo y se finaliza obteniendo el peso del material en la base, registrando siempre todos los datos obtenidos. [31]

**d. Peso unitario del agregado fino y grueso**

La cantidad del agregado en seco que se necesita para completar cierto molde para encontrar de volumen unitario o peso volumétrico. Las características tamaño, forma y distribución de las partículas y el grado de compactación (suelto y compactado) determinan el peso unitario de los agregados. Se encuentra dentro del rango  $1350 \text{ kg/m}^3$  y  $1680 \text{ kg/m}^3$ . Los aparatos y equipos utilizados fueron: Pesa electrónica, pasillo, regla de metal, molde, cucharón, kilogramo y brocha. [27]

Procedimiento: Llenamos el envase para completar el recipiente desde una  $h < 5 \text{ cm}$  sobre del extremo del recipiente superior, descartamos el material sobrante con una regla y obtenemos la carga neta del agregado en la tara y elegimos dos muestras para alcanzar el promedio.

**e. Peso unitario compactado del agregado fino y grueso**

Los equipamiento y aparatos a utilizar fueron: Pesa, las dimensiones son de 5/8” de diámetro y 60 cm de largo de la barra compactadora de material acero liso, con un extremo redondeado, recipiente cilindro, cucharon de kilogramo, regla metálica, martillo de goma y brocha. [27]

Procedimiento: Llenar el envase 3/4 de la altura así mismo se nivela la parte superior con regla de material acero, realizamos el ensayo, con 25 impactos con la barra de acero para la compactación igualmente 15 pero ahora con la comba de goma en la parte externa del molde, llenar a 2/3 partes del envase hasta rebasar el recipiente y compactar, llenar el envase hasta que este se encuentre totalmente lleno, y con el impacto de 25 veces con la barra de acero, por lo que se de esta forma reduce la cantidad enseguida nivelar con la regla, luego de haber apisonado la 1era capa, se mantuvo en cuenta que la barra no penetre hasta el fondo del recipiente, como último paso se deberá tomar el peso del agregado neto y de esta forma determinar el peso compactado unitario.

#### f. **Peso específico y absorción del agregado grueso**

Se considera la correlación de la masa del mismo volumen en agua destilada y la del volumen unitario, en temperatura libre de gas y específica. Para la obtención es en condición secada en superficie seca o saturada, es considerada la relación de la masa de volumen unitario con la masa del mismo volumen de agua destilada, a una temperatura específica y libre de gas, el peso específico de los agregados se define en su condición saturada o seca en superficie seca. Dicho valor se encuentra entre los intervalos de 1.2 - 2.2 gr/cm<sup>3</sup> en concreto ligero, el valor de 2.3 - 2.9 gr/cm<sup>3</sup> en concretos normales, y 3.00 - 5.00 gr/cm<sup>3</sup> en concretos pesados. [32]

Los equipos y otros utilizados fueron: balanza electrónica, canastilla de malla (de 3mm o tamiz N°04); recipiente con agua, dispositivo de suspensión, canastilla, horno eléctrico.

$$pe = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

A =Peso en el aire, de la muestra seca al horno (g).

B =Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g).

C = Peso en el agua, de la muestra saturada (g).

pe= peso específico.

#### **Procedimiento:**

Se realizó los procedimientos del cuarteo, luego descartamos el agregado pasante del tamiz N° 04, en seguida, limpiamos el material eliminando el polvo también partículas que se encuentren superficialmente y la muestra sumergir en el agua por un tiempo de 24horas. [33]

*Ilustración 9: Ensayos de absorción y peso específico del agregado*

*grueso*



*Fuente: Autor Propio*

**g. Peso específico y absorción del agregado fino**

Se define a la relación de las densidades de un material y el agua; determinando de esta forma la mejor calidad cuando los datos obtenidos son mayores, por lo contrario, con valores bajos los agregados son débiles y tienen a absorber.

Los equipos y otros fueron: pesa electrónica, pipeta, 2 taras y recipientes volumétricos (fiolas) de volumen 500 cm<sup>3</sup>. [34]

**Procedimiento**

Con dos muestras de 500gr de material, se procedió con el procedimiento de cuarteo, se pesó cada una de las fiolas y se anotó los datos, se prosiguió el llenado con agua en las fiolas con 500gr, de material, y completar la cantidad 500cm<sup>3</sup>, con ayuda de la balanza, pesamos el agua, con ayuda de la pipeta se extrae el agua, el material se coloca durante 15min en un recipiente dejando reposar, transcurrido el tiempo se extrae con un chupón el excedente de agua y luego se procedió al secado en horno 24 horas en una temperatura 1100+/- 50. [33]

*Ilustración 10: Ensayos de absorción y peso específico del agregado fino*



*Fuente: Autor Propio*

## **Materiales y Métodos**

### **Metodología**

#### **Definición**

La metodología es la disciplina que estudia el conjunto de técnicas métodos que se usan en las investigaciones científicas para alcanzar objetivos planteados por lo todos los métodos de investigación deben seguir una metodología que vale de una suma teoría normativa, descriptiva y comparativa [35]

La metodología que se desarrolló en base a antecedentes que utilizan el grafeno ya que obtuvo a través de canales de envío del exterior (China) con un tiempo entre 1 mes a 3 meses por lo que los materiales como la piedra se obtuvieron en Talambo (cantera) que se ubica en la provincia de Chepén - La libertad y la arena fue adquirida de la cantera Granda la cual se ubica cerca de la carretera de Ferreñafe - Lambayeque la cual para ambos materiales se requirió 1m<sup>3</sup> de cada material siendo transportado en un camión de 5m<sup>3</sup>, puesto que los ensayos de los materiales como agregados fino y grueso se realizaron de la forma convencional en el laboratorio de la universidad USAT.

Por tanto, al realizar los ensayos el slump para el concreto patrón fue 4" para tener una mejora trabajabilidad y para las adiciones de 3" siendo menores el Slump, la obtención de testigos se hizo uso de moldes (probetas) diámetro 4" y 8" de altura según la norma E 060, con material de concreto de diseño 420 kg/cm<sup>2</sup> para la elaboración de testigos para flexión se utilizaron moldes con dimensiones de 60cm x15cmx15cm según la norma E 060 en los diseños de mezcla para un concreto patrón se realizaron en base a los procedimientos del ACI en su Método del comité 211 y Los diseños para un concreto patrón y la adición de aditivo del 0.5% de aditivo EUCO- DM impermeabilizante es en relación al cemento en peso, los diseños para un concreto patrón más la incorporación de grafeno del 0.5%, 1%, 1.5% con respecto a su densidad y porcentaje de adición, los ensayos de rotura se realizaron en el laboratorio de Ingeniería en USAT, con ayuda de la máquina hidráulica en periodos 7 días, 14 días y 28 días.

Tabla 10: Ensayos de asentamiento en concreto fresco

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	T°	Slump (pulg)	Slump de diseño (pulg)
f'c= 420	7	2.95	3
	14	2.95	3
	28	2.95	3
f'c= 420			3
0.5	7	2.81	3
1	14	2,74	3
1.5	28	2.64	3

Fuente: Autor Propio

### Tipo de investigación

El tipo de esta investigación por el fin que se persigue se desarrollará la “Investigación Aplicada” ya que se considera el conocimiento descubiertos debido a la ciencia básica para mejorar las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia, los tipos de datos analizados se desarrolló bajo el enfoque “Cuantitativo”, dado que se plantea la recolección, análisis de datos, para dar respuestas a las preguntas de la investigación para demostrar la hipótesis, según desarrollará la “Investigación Experimental”, dado que el fenómeno condicionado por el investigador será observado para tal fin, se manipula una de las variables para que podamos observar la optimización de la otra variable por tanto debido a las observaciones de las situaciones en la preparación, desarrollo y rotura de la elección los testigos de probetas, vigas se determina como nivel de investigación es “Descriptiva”.

### Diseño de investigación

Luego de haber adquirido resultados producto de las roturas y otros ensayos se determina el diseño de investigación como “Experimental – Demostrativa”. por tanto, se analizarán los resultados en base a una población de 63 testigos que se obtiene en los diseños tanto en compresión y flexión incorporando 0.5%, 1%, 1.5% de grafeno respectivamente para cada ensayo.

De acuerdo a las variables que se van a utilizar la operacionalización de las variables se describe en los siguientes cuadros:

Tabla 11: Operacionalización de variables

Variable de estudio Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala de medición	Instrumento
Grafeno	Se define como grafeno el material carbono en esteroides. Se encuentra formado en una estructura hexagonal unidos fuertemente de átomos de carbono la cual toma una forma de panal de abeja. Se menciona que es más resistente que el acero en 200 veces y más duro que un diamante	se cuenta con la ficha tecnica del grafeno que indica sus propiedades del Grafeno	0.5	Dosificación del concreto	% en peso	Razón	Balanza digital de 1gr. de sensibilidad
			1			Razón	
			1.5			Razón	
Variable de estudio dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala de medición	Instrumento
Propiedades físicas y mecánicas del concreto de alta resistencia	Según la norma E-060, define al termino concreto como mezcla de cemento Portland u otro cemento hidráulico, agregado grueso, agua, agregado fino, con o sin aditivos. [10]	se realizo los ensayos de compresión y flexión	Características geométricas de los agregados	Slump	pulg (")	Razón	Norma ASTM C143, Norma ASTM C39 y Norma ASTM C39
				Resistencia ala compresión	kg/cm2	Razón	
				Resistencia ala Flexión	kg/cm2	Razón	
Variable de estudio interviniente			Indicadores	Unidad	Escala de medición	Instrumento	
Cemento Tipo I			Slump	Tipo	Razón	Norma NTP 334.090, ASTM C136, ASTM 566,ASTM C231 Y E-060	
Granulometria y módulo de Fineza de los agregados				%			
Contenido de Humedad				%			
Peso unitario			Resistencia ala compresión	kg/cm3	Razón		
Contenido de aire				%	Razón		
Tiempo de curado: 7, 14 y 28			Resistencia ala Flexión	Dias			

Fuente: Autor Propio

**Población:**

Se considera como población al “Concreto patrón= $F'c=420 \text{ kg/cm}^2$ ”, al cual se le incorporó 0.5%, 1% y 1.5% de grafeno

**Muestra:**

La muestra es la cantidad de testigos para ensayos de compresión se obtuvieron 36 probetas y para ensayos a flexión 27 vigas prismáticas de concreto de alta resistencia que se estima con respecto a las solicitudes aplicadas y las edades del concreto.

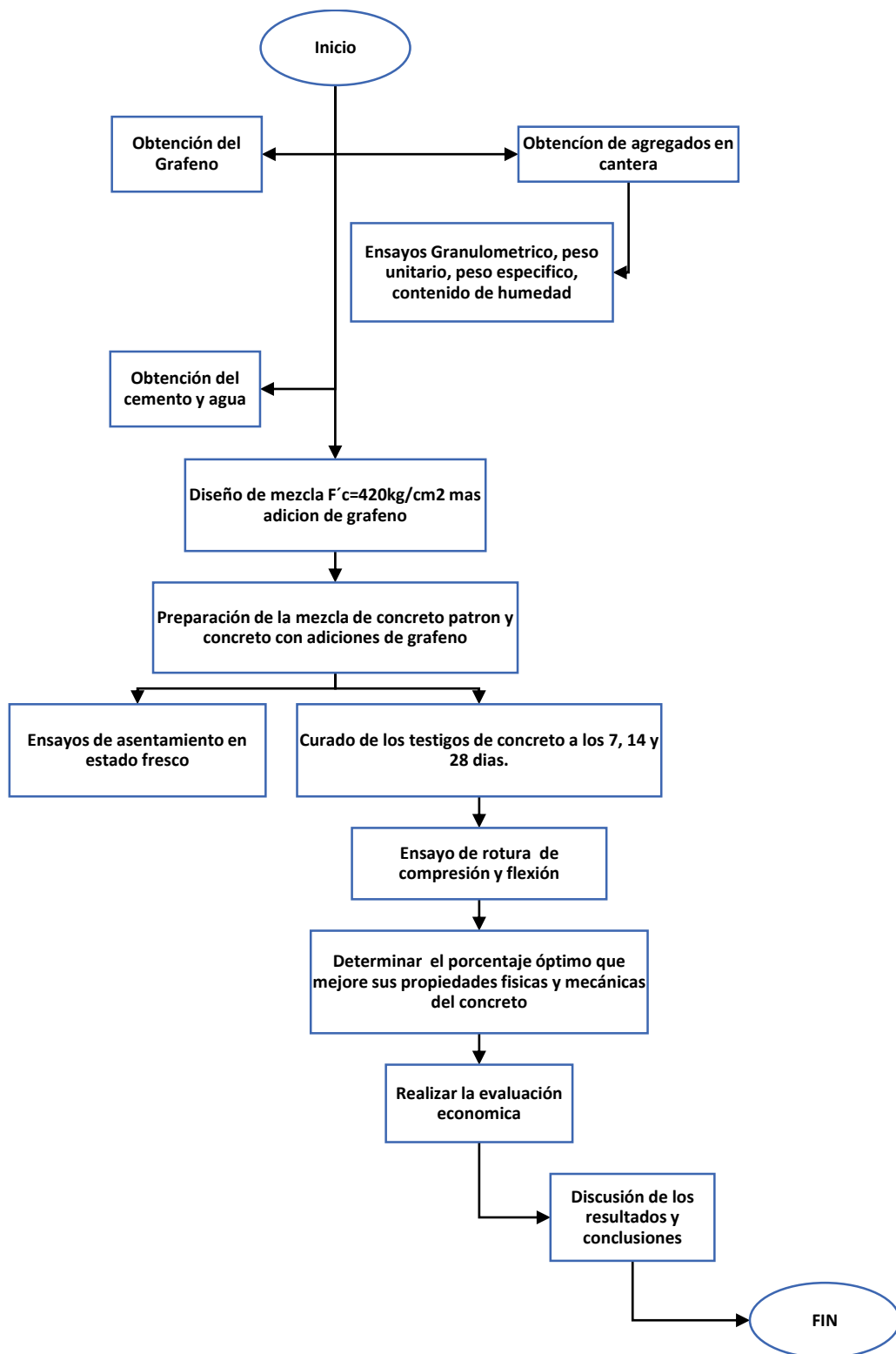
*Tabla 12: Numero de testigos*

ENSAYOS	RANGO DE APLICACIÓN (%)	EDAD (días)	N° DE TESTIGOS DE CONCRETO (unidad)
Concreto Patrón		7	3
		14	3
		28	3
Concreto de alta resistencia más adición del grafeno, sometido a ensayos de compresión	0.5	7	3
		14	3
		28	3
	1	7	3
		14	3
		28	3
	1.5	7	3
		14	3
		28	3
Concreto de alta resistencia más adición del grafeno, sometido a ensayos de flexión	0.5	7	3
		14	3
		28	3
	1	7	3
		14	3
		28	3
	1.5	7	3
		14	3
		28	3
<b>Total</b>			<b>63</b>

*Fuente: Autor Propio*

## Procedimiento

Gráfico 1: Diagrama de flujo que describe el procedimiento de la investigación



## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas de recolección de datos

Son los siguientes: Recopilación de información en bibliografías como antecedentes al presente trabajo de investigación, la aplicación del Método ACI 211, normas técnicas peruanas y normas ASTM, para su correcto desarrollo y para el estudio se escogerá mediante la experimentación los resultados producto de las roturas de testigos de concreto.

### Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron programas de cómputo básico programas de ingeniería S10, así como los instrumentos y equipos del Laboratorio de Ingeniería Civil para la realización de los ensayos a los materiales de agregado fino y grueso y los testigos de concreto. [36]

### Diseño de mezclas

Se consideraron las tablas del ACI a través de su Método del Comité 211. Los criterios considerados para llegar al diseño del concreto patrón deseado. Paso 1: Se seleccionó el slum, la estructura de aplicación es para pavimentos de alta resistencia de un  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ . Por lo que adoptó el asentamiento de 3". [22]

Tabla 13: Valores de asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones, y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI a través de su Método del Comité 211. [22]

Paso 2: Seleccionamos el  $f'c$  crítico.

Tabla 14:  $F'cr$ , resistencia critica

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: ACI a través de su Método del Comité 211. [22]

Se obtiene  $f'cr=518$  kg/cm<sup>2</sup>.

Paso 3: Se seleccionó el TMN de agregados.

El tamaño MN es de 3/4".

Paso 4: Se estima la cantidad de agua

Tabla 15: Agua en litros/metro<sup>3</sup>

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
% de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...
% de aire en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI a través de su Método del Comité 211. [22]

El volumen unitario será de es 205 l/m<sup>3</sup> de agua.

Paso 5: Estimación del contenido de aire

El contenido de aire es de 2%.

Paso 6: Relación A/C, seleccionamos según tabla.

Tabla 16: Relación a/c por resistencia

f'c (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: ACI a través de su Método del Comité 211. [22]

Se obtiene un valor extrapolando debido a que el valor  $f'_{cr}$  es 518, por lo que el resultante es 0.312 la relación agua/cemento.

Paso 7: Cálculo del contenido de cemento

Despejando el cemento de la relación agua/cemento, obtenemos el valor de 654kg/m<sup>3</sup>.

Paso 8: Cálculo del volumen de agregado grueso

Se determinó el volumen del agregado grueso a través de siguiente tabla:

Tabla 17: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI a través de su Método del Comité 211. [22]

Se obtiene un valor interpolado debido a que el valor del MF=2.749, por el resultante es 0.625m<sup>3</sup> el volumen del agregado grueso.

Paso 9: Valoración del volumen de agregado fino

Se empleó el procedimiento por volumen absoluto, obteniendo el valor de 487 kg/m<sup>3</sup> de agregado fino.

Paso 10: Adecuación de la cantidad de agua en el agregado a la mezcla

Los materiales extraídos de cantera, contenían su propia humedad, por lo que se realizó la corrección para reducir la cantidad de agua diseñada.

Con estas dosificaciones realizamos los primeros 9 testigos de concreto.

Las dimensiones de los moldes cilíndricos a usar son de radio de 4" y altura de 8".

### **Elaboración del concreto**

Para la ejecución de las probetas se hizo uso de un total de 752 gramos de grafeno, en la fecha 17 de enero se realizaron los testigos de concreto en probetas, en la Universidad USAT, en su laboratorio Ingeniería Civil, siempre con la supervisión del jefe de Laboratorio, todos los utensilios fueron proporcionados por el laboratorio, y se consideró la temperatura del ambiente antes, durante y después de cada procedimiento.

Con ayuda de un trompo de 9pies<sup>3</sup>, se realizó el mezclado de los insumos respetando siempre las proporciones obtenidas de diseño, para todos los concretos, siendo el tiempo por tanda de 3 min.

Realizados los testigos, se colocó a cada una de ellas con plumón un código de identificación, así mismo se esperó el fraguado para el retiro del molde y colocarlo en una poza de agua para el curado del mismo, dependiendo de la edad solicitada. [37]

### **Elaboración de especímenes de concreto en laboratorio.**

El molde tiene que estar limpio evitando restos de concreto, el molde se agrega grasa tanto interior como exterior para que los tornillos como la mariposa quede manejables para el uso en dicho ensayo, en una superficie nivelada se ubicaron los moldes, se humedeció las herramientas para que no absorbieran el agua de la mezcla, se agregó mezcla en 3 capas (cada 1/3 del volumen) en cada parte se procede hacer los golpes en 25 und y 15 en los laterales del molde afianzándonos de una comba de material de goma,

culminando con el llenado de las capas y haciendo uso de la plancha se enraso para una buena nivelación y uniformidad al finalizar se rubricaron cada testigo para la correcta identificaron después del desencofrado, indicando fecha, tipo, entre otro. [38]

### **Procedimientos en la elaboración de los testigos de concreto.**

*Ilustración 11: Elaboración de mezcla*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 12: Vaciado de mezcla en moldes de probetas*



*Fuente: Autor Propio*

### **Ensayos de la calidad del concreto**

#### a. Estado fresco.

Se corroboró el valor asumido del asentamiento del diseño en estado fresco, obteniéndose un valor de 3.2", se midió la temperatura del concreto, arrojando valores de rango 26.5° a 29.3° y no hubo mayor percance con la trabajabilidad del concreto, siempre estuvo a disposición para ser moldeado. [33]

#### b. Estado endurecido.

Para medir el  $f'c$  de los testigos, se realizó a través de la máquina hidráulica de rotura de probetas para cilindros con  $f'c < 1000 \text{ kg/cm}^2$ ) y se muestra la siguiente tabla con los valores tolerables una vez retirado del curado al espécimen. [33]

Tabla 18: Tolerancias en los procedimientos.

EDAD	TOLERANCIA DE TIEMPO PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 horas o 2.1 %
3 días	± 2 horas o 2.8 %
7 días	± 6 horas o 3.6 %
28 días	± 20 horas o 3.0 %
90 días	± 2 días o 2.2 %

Fuente: Norma técnica peruana 339.034. [33]

c. Se aplicaron las cargas respectivas, y mediante la siguiente formula se obtuvieron los resultados.

$$R = \frac{P}{A}, \text{ donde:}$$

R= esfuerzo a la compresión, kg/cm<sup>2</sup>

P: carga máxima aplicada, kg

A: área de espécimen sometida a la carga, cm<sup>2</sup>.

Ilustración 13: Prensa hidráulica -testigos de concreto.



Fuente: Autor Propio

### Aplicación del grafeno en la propuesta de diseño

Según el diseño del concreto patrón con una resistencia de  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  se mantenía en cuenta la manera o modo de aplicación la cual fue pesar el grafeno con respecto al peso del cemento para cada porcentaje, la cual se tenía la mezcladora prendida, se le agregó el agua, agregado fino, agregado grueso, cemento y el modo de aplicación fue

después de haber transcurrido 1 minuto de mezclado y el grafeno se le añadió en seco hacia la mezcladora.

### **Costo de producción**

Habiendo determinado que la proporción que mejora sus propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia es a partir de 0.5% de grafeno, por lo que, haciendo el costo de producción, resulta en la suma de S/ 3686.207 (Tres mil seiscientos ochentiseis con 207/100 soles), siendo este concreto adicionado de menor costo que los subsiguientes, resulta viable la producción del mismo.

## Resultados

### Ensayos en laboratorio.

#### Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

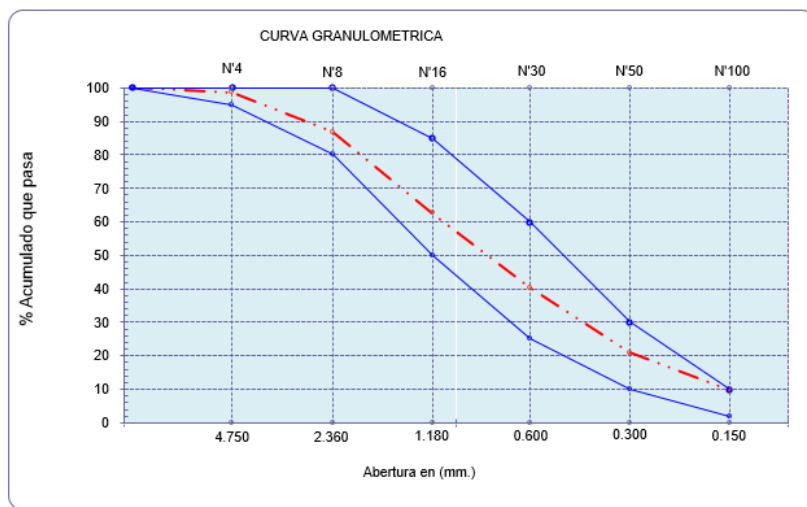
Tabla 19: Resultados de Granulometría del material de agregado

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Parametros Manual de carreteras EG-		Observaciones
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa			
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100	Cumple
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100	Cumple
Nº 04	4.750	6.27	1.3	1.3	98.7	95	100	Cumple
Nº 08	2.360	59.27	11.9	13.1	86.9	80	100	Cumple
Nº 16	1.180	121.47	24.3	37.4	62.6	50	85	Cumple
Nº 30	0.600	111.51	22.3	59.7	40.3	25	60	Cumple
Nº 50	0.300	96.5	19.3	79.0	21.0	10	30	Cumple
Nº 100	0.150	55.9	11.2	90.2	9.8	2	10	Cumple
Fondo		49.11	9.8	100.0	0.0			
Módulo de Fineza				2.807				
Abertura de malla de referencia				9.500				

Fuente: Autor Propio.

Realizada el ensayo granulométrico del agregado fino, se obtuvo un módulo de fineza de 2.807; ubicándose dentro de los rangos del 2.3 y 3.1, determinados en las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 del Manual de Carreteras, para pavimentos de concreto hidráulico. Este resultado garantiza el cumplimiento adecuado de los estándares de calidad y desempeño necesarios para llevar a cabo el proyecto con éxito. [20]

Gráfico 2: Curva granulométrica



Fuente: Autor Propio

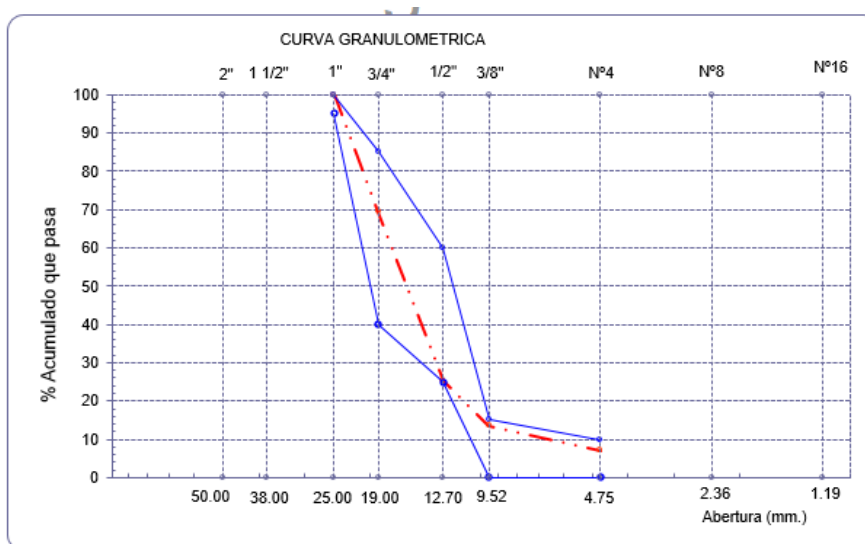
Tabla 20: Resultados de Granulometría del agregado grueso

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones		Observaciones
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	USO 56		
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Cumple
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0	Cumple
3/4"	19.00	1480.0	30.6	30.6	69.4	40.0	85.0	Cumple
1/2"	12.70	2130.0	44.0	74.6	25.4	25.0	60.0	Cumple
3/8"	9.52	570.0	11.8	86.4	13.6	0.0	15.0	Cumple
Nº 04	4.75	320.0	6.6	93.0	7.0	0.0	10.0	Cumple
Nº 08	2.36	50.0	1.0	94.0	6.0	0.0	0.0	
Nº 16	1.19	2.6	0.1	94.1	5.9	0.0	0.0	
Fondo		287.5	5.9	100.0	0.0			
Tamaño Máximo			1"	38.00				
Tamaño Máximo Nominal			3/4"	25.00				

Fuente: Autor Propio

Se cumplen con los valores de la granulometría para el agregado grueso. El TMN no deberá ser superior a 1/3 del espesor del pavimento. Si se considera un espesor de 25cm, el valor del TMN sería 8.33cm, y el encontrado en los ensayos es de 3/4" equivalente a 1.91cm, por lo que este cumple con el manual de carreteras. Manual de carreteras EG-2013 [20]

Grafico03: Curva granulométrica



Fuente: Autor Propio

Los resultados en el gráfico obtenidos según la curva granulométrica se observa que si esta en dentro del rango por lo que se representa una grafica del ensayo realizado en el laboratorio puesto que se analizo la estructura del material.

Tabla 21: Resultados del peso unitario del agregado fino

<b>1.- PESO UNITARIO SUELTO</b>			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>8720</b>	<b>8720</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8720	8720
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1591	1591
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1573</b>	
<b>2.- PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>9920</b>	<b>9930</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9920	9930
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1810	1812
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1790</b>	

Fuente: Autor Propio

Tabla 22: Resultados del peso unitario del agregado grueso

<b>A.- PESO UNITARIO SUELTO</b>			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>7630</b>	<b>7620</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7630	7620
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1402	1400
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1395</b>	
<b>B.- PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>8300</b>	<b>8290</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8300.0	8290.0
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1525	1523
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1517</b>	

Fuente: Autor Propio

Tabla 23: Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	<b>1005.0</b>	<b>1005.0</b>
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.92	692.9
3.- Peso del Agua	(g)	312.08	312.1
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	690.96	691.3
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>192.92</b>	<b>192.9</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>498</b>	<b>498</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.651</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.661
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.677
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.36</b>

Fuente: Autor Propio

Tabla 24: Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>2300</b>	<b>2300</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>2320</b>	<b>2320</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	<b>2260</b>	<b>2260</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>870</b>	<b>870</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1390	1390

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.473</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.495
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.527
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.87</b>

Fuente: Autor Propio

Tabla 25: Resultados contenido de humedad del agregado fino y grueso

**I.- Datos**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>3500</b>	<b>3500</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>3460</b>	<b>3460</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.16	1.16
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>1.16</b>	

**I.- Datos**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>4850</b>	<b>4850</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>4830</b>	<b>4830</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>0.41</b>	

Fuente: Autor Propio

Como resultado el coeficiente de uniformidad se obtiene de 7.301, y el coeficiente de curvatura de 1.2447 del agregado fino.

Resumen del diseño de mezcla del concreto patrón  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ , con adiciones 0.5%, 1%, 1.5% de grafeno.

*Tabla 26 Dosificación para concreto patrón.*

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
1	0.84	1.44	13.26

*Fuente: Autor Propio*

*Tabla 27 Dosificación para concreto patrón más aditivo*

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Aditivo	Agua
1	0.84	1.44	0.116	13.26

*Fuente: Autor Propio*

*Tabla 28: Dosificación para concreto patrón más 0.5% Grafeno*

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua
1	0.84	1.44	7.73	13.26

*Fuente: Autor Propio*

*Tabla 29: Dosificación para concreto patrón más 1% Grafeno*

cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua
1	0.84	1.44	15.46	13.26

*Fuente: Autor Propio*

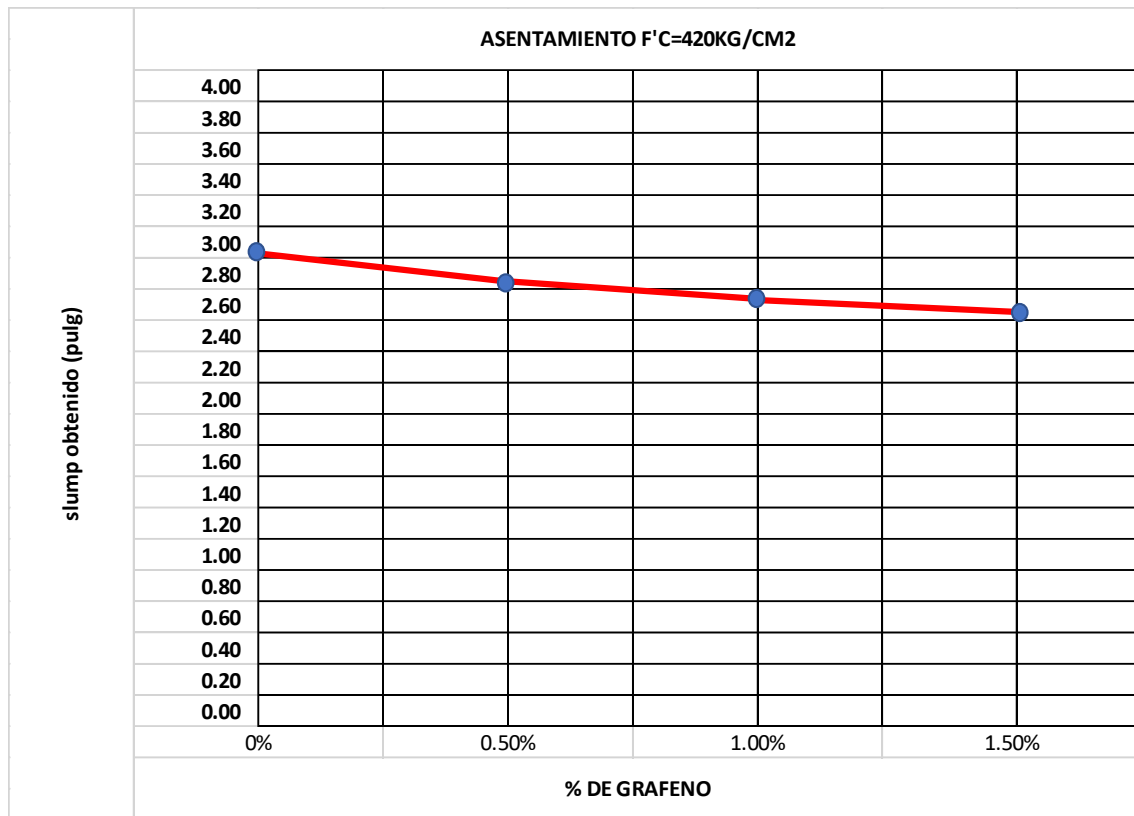
*Tabla 30: Dosificación para concreto patrón más 1.5% Grafeno*

cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua
1	0.84	1.44	23.19	13.26

*Fuente: Autor Propio*

En resumen, el Concreto en estado fresco: Comparando los resultados de asentamiento, se puede observar que, a mayor aplicación del grafeno, este tiende a reducir el asentamiento y su consistencia reduce una de las propiedades como es la trabajabilidad.

*Grafico04: Asentamientos de concreto 420 kg/cm<sup>2</sup> con 0.5%, 1% y 1.5% de grafeno.*



*Fuente: Autor Propio*

### **Concreto en estado endurecido**

Según el comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto patrón  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup>, al comparar la resistencia del concreto patrón al incorporar proporciones de 0.5%, 1% y 1.5%, se incrementa entre un 3% a 11%.

Según el comparativo de la resistencia a la flexión de un concreto patrón  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup>, incorporando proporciones de 0.5%, 1% y 1.5%, se incrementa entre un 7% a 15%.

Según las dosificaciones del diseño de mezcla del concreto patrón  $F'c=420$ kg/cm<sup>2</sup>, al incorporar 0.5%, 1%, 1.5% de grafeno por lo que cada proporción en cada dosificación alcanzo diferentes resultados positivos tanto en compresión y flexión.

Tabla 31: Resistencia  $f'c$  vs edades del concreto

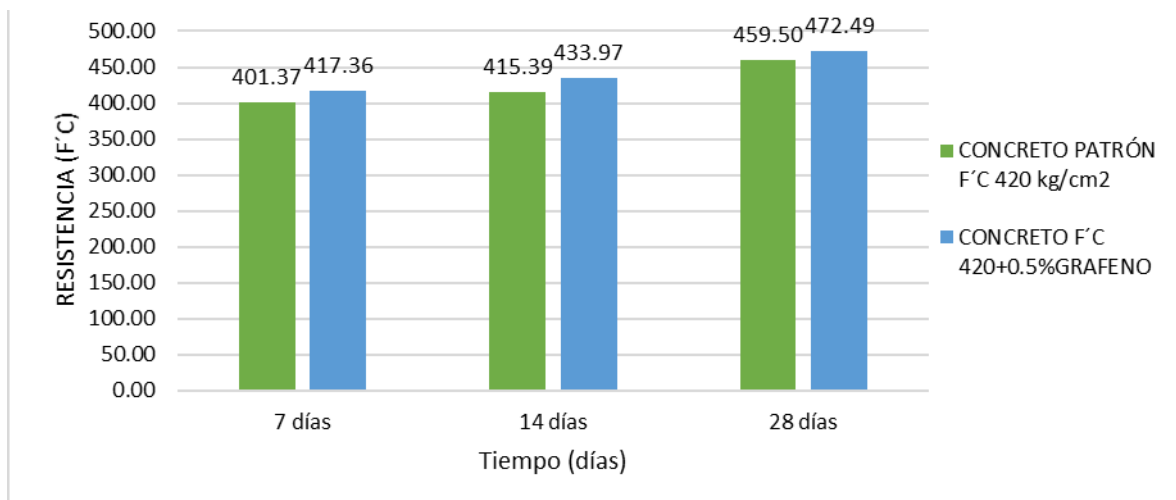
Edad del Concreto	F'c=420 kg/cm <sup>2</sup>			F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +0.5% de grafeno			F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +1% de grafeno			F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +1.5% de grafeno		
	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
7 días	33840	81.0732	417.40	32660	81.0732	402.85	34340	81.0732	423.57	36057	81.0732	444.75
7 días	31250	81.0732	385.45	33930	81.0732	418.51	35630	81.0732	439.48	36610	81.0732	451.57
7 días	32530	81.0732	401.24	34920	81.0732	430.72	36660	81.0732	452.18	37420	81.0732	461.56
14 días	35140	81.0732	433.44	35360	81.0732	436.15	37980	81.0732	468.47	40230	81.0732	496.22
14 días	32210	81.0732	397.30	34360	81.0732	423.81	36560	81.0732	450.95	39280	81.0732	484.50
14 días	33680	81.0732	415.43	35830	81.0732	441.95	37310	81.0732	460.20	38790	81.0732	478.46
28 días	37610	81.0732	463.90	38200	81.0732	471.18	38790	81.0732	478.46	40400	81.0732	498.32
28 días	37140	81.0732	458.10	37900	81.0732	467.48	38800	81.0732	478.58	42310	81.0732	521.87
28 días	37010	81.0732	456.50	38820	81.0732	478.83	39410	81.0732	486.10	41250	81.0732	508.80

Fuente: Autor Propio

Tabla 32: Resistencia  $f'c$  vs edades del concreto

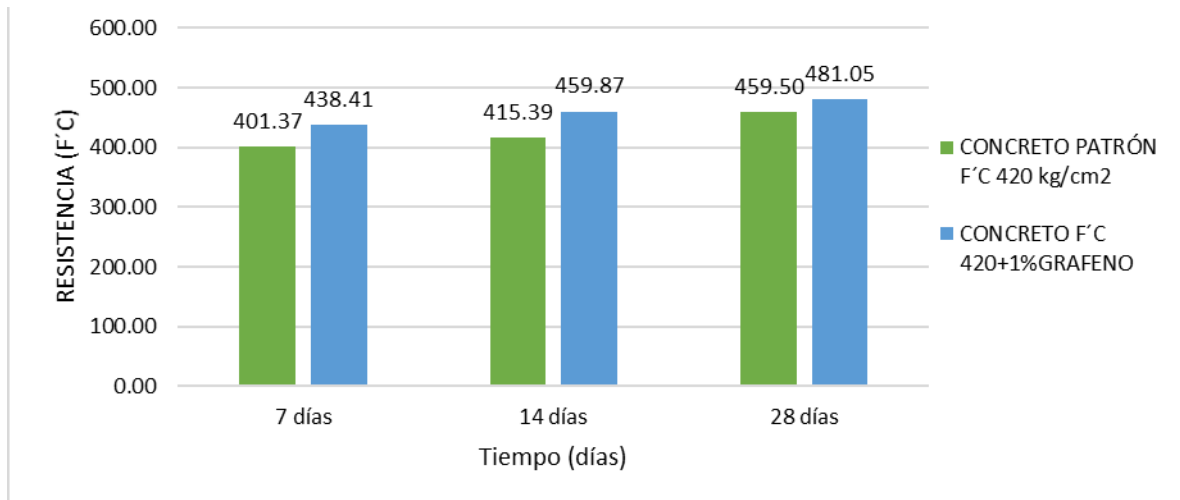
Edad del Concreto	F'c=420 kg/cm <sup>2</sup>	F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +0.5% de grafeno	F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +1% de grafeno	F'c=420 kg/cm <sup>2</sup> +1.5% de grafeno
	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
7 días	401.37	417.36	438.41	452.62
14 días	415.39	433.97	459.87	486.39
28 días	459.50	472.49	481.05	509.66

Fuente: Autor Propio

Gráfico 5 :Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  con 0.5% de grafeno

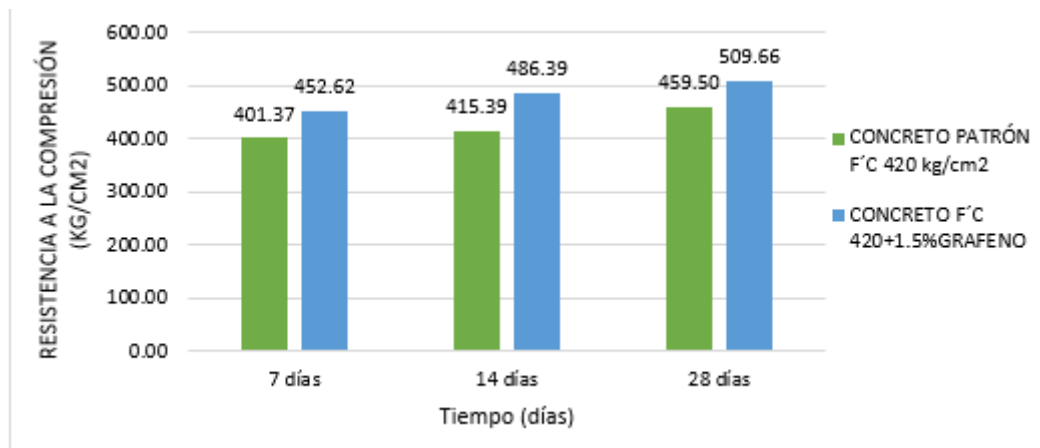
Fuente: Autor Propio

*Grafico 6 :Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón  
F'c=420kg/cm2 con 1% de grafeno*



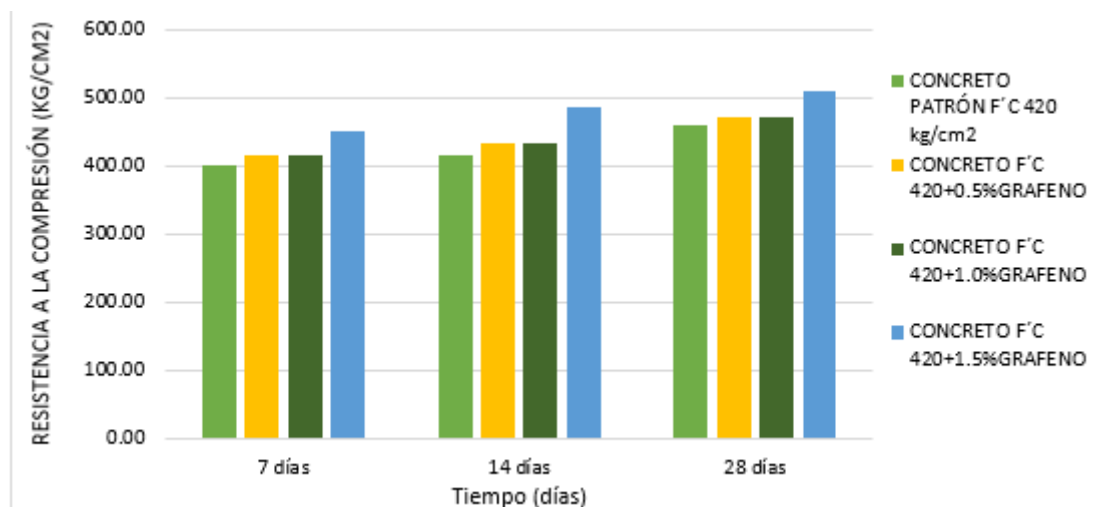
*Fuente: Autor Propio*

*Grafico 7 :Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón  
F'c=420kg/cm2 con 1.5% de grafeno*



*Fuente: Autor Propio*

Grafico 8 :Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  con adiciones de grafeno



Fuente: Autor Propio

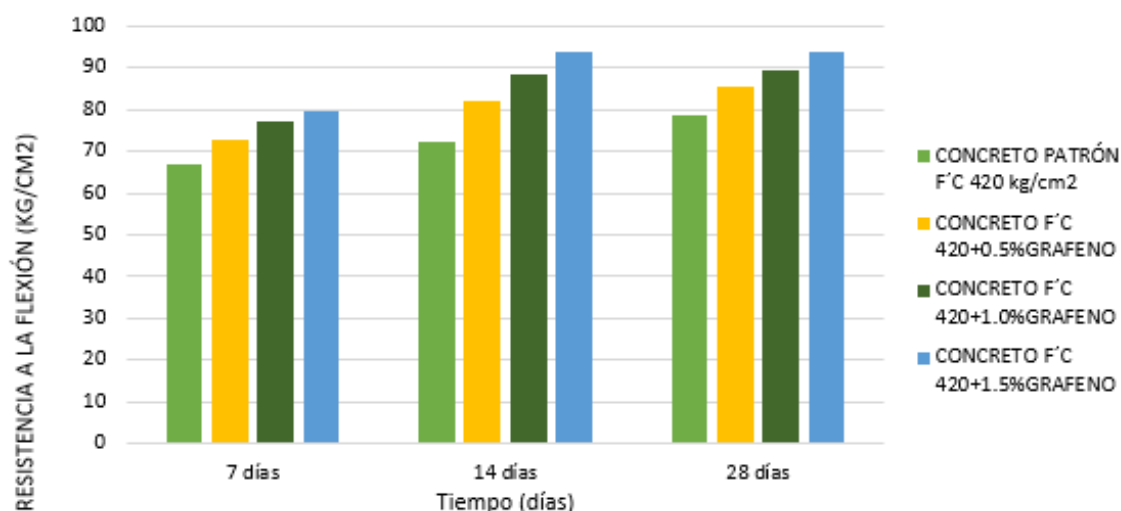
Tabla 33: Resistencia MR vs edades del concreto

Muestra N°	Determinación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (Prom.) (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (kg/cm2)
01	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2	17/01/2024	24/01/2024	49196.443	7	6.560	66.89
02	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2	17/01/2024	31/01/2024	52988.329	14	7.065	72.04
03	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2	17/01/2024	14/02/2024	57924.317	28	7.723	78.75
01	CONCRETO PATRON 420 + 0.5% de grafeno	17/01/2024	24/01/2024	53544.036	7	7.139	72.80
02	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2+ 0.5% de grafeno	17/01/2024	31/01/2024	60375.967	14	8.050	82.09
03	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2+ 0.5% de grafeno	17/01/2024	14/02/2024	63023.749	28	8.403	85.69
01	CONCRETO PATRON 420 kg/cm2+ 1% de grafeno	17/01/2024	24/01/2024	56584.082	7	7.545	76.93

02	CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de grafeno	17/01/2024	31/01/2024	<b>64952.381</b>	14	8.660	88.31
03	CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de grafeno	17/01/2024	14/02/2024	<b>65769.597</b>	28	8.769	89.42
01	CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/01/2024	24/01/2024	<b>58545.402</b>	7	7.806	79.60
02	CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/01/2024	31/01/2024	<b>67730.917</b>	14	9.183	93.64
03	CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/01/2024	14/02/2024	<b>68875.021</b>	28	9.183	93.64

Fuente: Autor Propio

Grafico 09 :Comparación de la resistencia a la flexión del concreto patrón  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  con las adiciones de grafeno



Fuente: Autor Propio

#### Comparativo del análisis de costos

Según el comparativo de análisis de precios unitarios se observan que el concreto patrón  $f'c=420$  kg/cm<sup>2</sup> tiene un costo de 544.028 s/. por metro cubico (m<sup>3</sup>), a diferencia del concreto patrón incorporando 0.5% del nano material Grafeno tiene un análisis de precios unitarios de 3686.207 s/. por metro cubico (m<sup>3</sup>).

Tabla 34: Costo unitario del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ 

Concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2$			CU 544.028 s/.		
RENDIMIENTO	20	m <sup>3</sup> /d	JORNADA	8	horas/día
Descripcion de Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					<b>69.90</b>
OPERARIO	HH	1	0.40	23.36	9.35
OFICIAL	HH	1	0.40	18.37	7.35
PEON	HH	8	3.20	16.63	53.21
<b>Materiales</b>					<b>464.20</b>
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.26	63.56	16.53
ARENA GRUESA	M3		0.45	55.08	24.79
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		15.50	26.86	416.40
AGUA	M3		0.21	8.47	1.74
ADITIVO	GL		0.22	21.19	4.75
<b>Equipo</b>					<b>9.93</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.00	2.10	6.29
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1	0.32	11.36	3.64

Fuente: Autor Propio

Tabla 35: Costo unitario del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  más el 0.5% de grafeno.

Concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2 + 0.5\%$ Grafeno			CU 3686.207 s/.		
RENDIMIENTO	20	m <sup>3</sup> /d	JORNADA	8	horas/día
Descripcion de Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					<b>69.90</b>
OPERARIO	HH	1	0.40	23.36	9.35
OFICIAL	HH	1	0.40	18.37	7.35
PEON	HH	8	3.20	16.63	53.21
<b>Materiales</b>					<b>3606.38</b>
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.26	63.56	16.53
ARENA GRUESA	M3		0.45	55.08	24.79
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		15.50	26.86	416.40
AGUA	M3		0.21	17.97	3.69
GRAFENO	KG		3.29	953.39	3140.23
ADITIVO	GL		0.22	21.19	4.75
<b>Equipo</b>					<b>9.93</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.00	2.10	6.29
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1	0.32	11.36	3.64

Fuente: Autor Propio

Tabla 36: Costo unitario del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  más el 1% de grafeno.

Concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2 + 1\%$ Grafeno			CU	6826.434 s/.	
RENDIMIENTO	20	m3/d	JORNADA	8	horas/dia
Descripcion de Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					<b>69.90</b>
OPERARIO	HH	1	0.40	23.36	9.35
OFICIAL	HH	1	0.40	18.37	7.35
PEON	HH	8	3.20	16.63	53.21
<b>Materiales</b>					<b>6746.61</b>
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.26	63.56	16.53
ARENA GRUESA	M3		0.45	55.08	24.79
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		15.50	26.86	416.40
AGUA	M3		0.21	17.97	3.69
GRAFENO	KG		6.59	953.39	6280.46
ADITIVO	GL		0.22	21.19	4.75
<b>Equipo</b>					<b>9.93</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.00	2.10	6.29
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1	0.32	11.36	3.64

Fuente: Autor Propio

Tabla 35: Costo unitario del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  más el 1.5% de grafeno.

Concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2 + 1.5\%$ Grafeno			CU	9966.662 s/.	
RENDIMIENTO	20	m3/d	JORNADA	8	horas/dia
Descripcion de Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					<b>69.90</b>
OPERARIO	HH	1	0.40	23.36	9.35
OFICIAL	HH	1	0.40	18.37	7.35
PEON	HH	8	3.20	16.63	53.21
<b>Materiales</b>					<b>9886.83</b>
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.26	63.56	16.53
ARENA GRUESA	M3		0.45	55.08	24.79
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		15.50	26.86	416.40
AGUA	M3		0.21	17.97	3.69
GRAFENO	KG		9.88	953.39	9420.68
ADITIVO	GL		0.22	21.19	4.75
<b>Equipo</b>					<b>9.93</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.00	2.10	6.29
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1	0.32	11.36	3.64

Fuente: Autor Propio

## Discusión

Luego de haber obtenido los resultados con los ensayos realizados en el laboratorio USAT, he analizado a detalle los resultados para la investigación y poder hacer la discusión de acuerdo a las indicaciones del docente.

**Disc.1:** Determinar que la incorporación del grafeno al concreto de alta resistencia mejora sus propiedades mecánicas para su aplicación en pavimento de tráfico pesado. Sevim y Ozbulut [4] “Propiedades mecánicas del Hormigón armado con nanoplaquetas de grafeno preparado con diferentes técnicas de dispersión como objetivo analizo el efecto que se ocasiona a causa de la preparación con técnicas de dispersión del material hormigón armado con nanoplaquetas de grafeno en sus propiedades, puesto que su metodología utiliza el material adicionado en proporciones de 0.03% a 0.1% en relación a la medida de peso de cemento, y se tomaron muestras de 27 ensayos para la resistencia la compresión, como resultado el incremento máximo de 17% de resistencia a la compresión la cual concluye que el porcentaje con mayor influencia es del 0.05% por lo que existe una similitud de resultados en compresión, flexión 3% a 15% de la investigación del autor propio.

En el desarrollo de la investigación se utilizó el grafeno con diferentes proporciones que mejoran sus componentes del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ , puesto que el desarrollo de esta tesis se ha verificado que la utilización de nanomaterial grafeno es un paradigma para la industria de la construcción y también para las construcciones en diferentes tradicionales que se construyen en nuestro país.

**Disc.2:** Analizar la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento. Paredes Mayta [11] “Incidencia del Grafeno en las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ”. Planteo su objetivo general evaluar como incide en las propiedades físico mecánicas del concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  al incorporar grafeno, la cual utilizo como centro de su investigación el método científico, aplicada y también se tienen una muestra de 72 probetas de 0.1 de diámetro y de altura 0.2m de altura y 24 vigas para flexión, en su resultados de los ensayos en 3 tiempos de curado a los 7 días, 14 días y 28 días de todos los grupos, para el concreto patrón a los 7 días se obtenido  $206\text{kg/cm}^2$  y para los 28 días alcanzo un valor de  $363\text{kg/cm}^2$ , la cual se concluye que se determinó, la resistencia a

compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , al incorporar grafeno aumenta la resistencia a compresión del concreto de estudio variando 0.05%, 0.025% y 0.075% del peso del cemento con un incremento de 12%, 18% y 25% de resistencia a la compresión la similitud con la investigación del autor propio ya que en la investigación concluye que los concretos de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1% y 1.5% tienden a incrementar entre 3 % y 11% de resistencia a la compresión a los 28 días.

En la investigación del autor propio se analizó el incremento de su resistencia a la compresión debido a que el grafeno es un material que mejora la resistencia a compresión en todo tipo de mezcla de concreto que se aplicara en la construcción.

**Disc.3:** Analizar la resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia al incorporar grafeno entre 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del cemento. Cotrina Salvatierra [13] “Influencia del Grafeno obtenido por exfoliación en fase líquida como adición en la Resistencia del concreto”. Planteo definir la contribución de grafeno en fase líquida a través de la exfoliación siendo adicionada a la resistencia del concreto, ya que emplea su metodología a nivel explicativo para el diseño fue experimental, puesto que su ejemplar no es probabilístico, en 15 vigas de forma prismáticas y 60 testigos de concreto, obteniendo como resultados la determinación del diseño de mezcla y que el rango de incremento a 11.2% a flexión del concreto en el incremento con respecto al peso del cemento la cual en la investigación del autor propio concluye que los concretos de alta resistencia al incorporar grafeno tienden a incrementar entre 7.7 % y 15% de resistencia a flexión a los 28 días.

En la investigación del autor propio se analizó el incremento de su resistencia a la flexión debido a que el grafeno es un material que mejora la resistencia a flexión en todo tipo de mezcla de concreto que se aplicara en la construcción.

**Disc.4:** Evaluar la trabajabilidad del concreto con la incorporación del grafeno. Hinestroza Murillo [6] “Análisis del óxido grafeno usado como aditivo para el concreto” En su investigación realizada tiene como meta definir el óxido de grafeno como un aditivo en el concreto hidráulico con respecto a su viabilidad puesto que utilizo la metodología teórica, su muestra fue la obtención de antecedentes obteniendo resultados encontrados en dichas investigaciones, su análisis de resultados menciona la incorporación de óxido de grafeno tiene un efecto adverso en la trabajabilidad del concreto debido a su gran

superficie tiende a absorber más moléculas de agua por lo que concluye que la capacidad del óxido de grafeno determina que efectivamente es un material innovador y revolucionario que puede ser usado en la mejora o modificación de las propiedades en el concreto hidráulico. La similitud en la investigación del autor propio menciona que a más proporción de grafeno se pierde la trabajabilidad del concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  y el slump disminuye gradualmente debido al asentamiento de la mezcla.

El investigador ha identificado que al utilizar mayor proporción de grafeno hace que la mezcla disminuya su trabajabilidad cuando se este preparando insitu.

**Disc.5:** Determinar el modo de aplicación del grafeno al diseño de mezcla para un concreto  $f'c=420\text{ kg/cm}^2$  en pavimentos de tráfico pesado. Choez de la cruz [14] “Determinación de la resistencia a compresión del concreto con adición de grafeno”. Su objetivo es la determinación de los efectos con la adición de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto, en su metodología se desarrolla mediante ensayos experimentales en laboratorio puesto que se tiene una muestra para cada resistencia según diseño a la compresión, siendo el número de testigos de 54 ensayos a compresión que con un total de 162 probetas como resultado de las adiciones de grafeno se compararon con el concreto patrón 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.10% con respecto al peso del cemento para diseño  $280\text{kg/cm}^2$  y se concluye que los concretos de  $175\text{ kg/cm}^2$  tienen un incremento de 13% para un porcentaje de 0.02% para el diseño  $210\text{kg/cm}^2$  se tiene un incremento del 14% para el resto de porcentajes tiende a reducir la resistencia de compresión la similitud es adversa pero que existe un modo o técnica de aplicación del grafeno al concreto para su desarrollo de dicha tesis y el investigador se concluye que el modo o técnica de aplicación del grafeno hacia el concreto  $f'c=420\text{kg/cm}^2$  es de acuerdo al peso del cemento para cada porcentaje fue después de haber transcurrido 1 minuto de mezclado y el grafeno se le añadió en seco hacia la mezcladora cuando estaba en rotación con su respectivo porcentaje del nanomaterial y obtuvo diferentes resultados tanto en compresión y flexión.

El autor propio a identificado que en las tesis no mencionan la técnica de usar el grafeno por lo que deduce que el modo o técnica es una de las formas mas adecuadas para el empleo del grafeno en la similitud indicada del investigador.

**Disc.6:** Evaluar el costo de producción del concreto de alta resistencia incorporando el grafeno para el pavimento de tráfico pesado. Flores Oriundo [12] “Nanopartículas de Grafeno para Mejorar Propiedades Físico Mecánicas del Concreto”. Plantea su objetivo principal estudiar las nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico y mecánicas del concreto tanto en estado fresco como endurecido utilizó una metodología deductivo, su investigación es de tipo experimental nivel descriptivo por lo que se tiene una muestra es la investigación son los ensayos de resistencia a la compresión, asentamiento, durabilidad y vida útil realizado en artículos de referencia y también su análisis de precios unitarios que el costo se diferencian en 30% como resultado es el desarrollo de material nanotecnológico, representado un verdadero avance en la tecnología del concreto, por lo que se concluye que la adición del grafeno y sus compuestos constituyen una gran oportunidad de innovación e investigación en relación a las mejoras del concreto fresco y concreto endurecido y los costos más favorables con proporciones de nanomaterial grafeno es de 0.5% tienden hacer más económico, con una mejora trabajabilidad, resistencia y costo para un futuro prometedor en la producción de concreto de alta resistencia incorporando grafeno en la construcción.

El autor propio misiona que utilizar mayor cantidad de Grafeno incrementa el costo de la fabricación de la mezcla del concreto con respecto al concreto patrón a mayor uso de grafeno menos fabricación de cemento a su vez es favorable para el medio ambiente.

## Conclusiones

- Se concluye que incorporar material Grafeno al concreto de alta resistencia para ser aplicado en pavimentos de tráfico pesado incrementa la resistencia en sus componentes del concreto patrón  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ , influenciando su resistencia a compresión y flexión siendo un paradigma para el futuro de las construcciones a nivel nacional ya que en otras ciudades del mundo ya están aplicando esta nanotecnología.
- Se concluye que los concretos de alta resistencia al incorporar grafeno tienden a incrementar entre 3 % y 11% de resistencia a la compresión a los 28 días.
- Se concluye que los concretos de alta resistencia al incorporar grafeno tienden a incrementar entre 7.7 % y 15% de resistencia a flexión a los 28 días.
- A más proporción de grafeno pierde la trabajabilidad del concreto  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  y el slump disminuye gradualmente debido al asentamiento de la mezcla.
- Se concluye que el modo de adicionar el grafeno es a través de la dispersión del nanomaterial grafeno en agua, mezcladas con el cemento portland para los ensayos en compresión y flexión.
- Se concluye que el costo más favorable es la proporción de nanomaterial grafeno de 0.5% tienden hacer más económico con respecto al  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ , con una mejora trabajabilidad, resistencia y costo para un futuro prometedor en la producción de concreto de alta resistencia al incorporar grafeno en la construcción.

### Recomendaciones

- Se recomienda incorporar Grafeno al concreto de alta resistencia para ser aplicado en pavimentos de tráfico pesado la cual incrementa la resistencia a compresión y flexión siendo el material del futuro en la industria de la construcción.
- Se recomienda incorporar grafeno para mejorar las propiedades del concreto patrón para tener una mejora resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia aplicado en pavimentos de tráfico pesado.
- Se recomienda incorporar grafeno para mejorar las propiedades del concreto patrón para tener una mejora resistencia a la flexión del concreto de alta resistencia aplicado en pavimentos de tráfico pesado.
- Se recomienda utilizar porcentajes reducidos de grafeno para que no afecte la trabajabilidad del diseño del concreto de alta resistencia.
- Se recomienda utilizar el nanomaterial Grafeno en agua o con cemento en seco para dispersar el nanomaterial material para obtener un buen diseño con diferentes proporciones de Grafeno.
- Se recomienda utilizar menor proporción de grafeno para no incrementar el costo del diseño con respecto a al concreto patrón  $f'c=420\text{kg/cm}^2$ .

## Referencias

- [1] P. Ortega. “El grafeno posibilidades del grafeno en la arquitectura”, tesis, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2021.
- [2] Ministerio de Transporte y Comunicaciones. “Red Vial Nacional”. Artículos de construcción. Lima, 2021.
- [3] R. Waltrud. “Crecimiento urbano y segregación social en la ciudad de Chiclayo”, Espacio y Desarrollo”. Artículos. Chiclayo, 2000.
- [4] Jiang. “Propiedades mecánicas del Hormigón armado con nanoplaquetas de grafeno preparado con diferentes técnicas de dispersión, tesis, USA: Universidad de Virginia, USA y Universidad de Kirikkale, USA, 2021.
- [5] A. F. ., M. M. y. K. O. A.A Abddel Ghafaar. “Promoción de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón utilizando nanomateriales y materiales de desecho, IOP: Conference Series Materials Science and Engineering Vol.1171 N°.1, 2021.
- [6] J. H. Hinestroza Murillo y M. Urrego Londoño. “Análisis del óxido de grafeno usado como aditivo para el concreto”, tesis, Universidad Antonio Nariño, Sede Pereira, Colombia, 2021.
- [7] C. e. Y. AMADRAZA. “Nanocompuestos cementosos de GO”, tesis, Universidad Bergara, España, 2021.
- [8] F. M. Mokhtar. “Promoción de las propiedades físicas y Mecánicas del hormigón utilizado nanomateriales y materiales de desecho”, tesis, 2021.
- [9] L. Choques Flores, “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , agregando grafeno”, tesis doctoral, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, 2021.
- [10] G. W. Ocrosopoma Casas y . F. A. Risco Ferrer. “Propiedades físicas - mecánicas del concreto de mediana y alta resistencia, adicionando grafeno y micro sílice”, tesis, Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2022.
- [11] L. A. Paredes Mayta. “Incidencia del Grafeno en las Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ”, tesis, Universidad Peruana Los Andes, Huánuco, 2023.

- [12] J. P. Flores Oriundo y J. C. Vasques Salas. “Nanopartículas de Grafeno para Mejorar Propiedades Físico Mecánicas del Concreto”, tesis, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2022.
- [13] C. Salvatierra. “Influencia del Grafeno obtenido por exfoliación en fase líquida como adición en la Resistencia del concreto”, tesis, Universidad Continental, Lima, 2021.
- [14] W. Choez de la Cruz. “Determinación de la resistencia a compresión del concreto con adición de grafeno”, tesis, Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2021.
- [15] F. A. Angaspilco Delgado y W. Ramos Suxe. “Influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>”, tesis, Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2021.
- [16] M. R. Santisteban Tepo. “Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto adicionando polvo de grafito, Chiclayo – 2021”, Universidad César Vallejo, Chiclayo, 2021.
- [17] C. J. Bonilla Diaz. “Evaluación de las propiedades en estado endurecido del concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> adicionando nanoplacas de grafeno, Chiclayo”, tesis Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2023.
- [18] SENCICO, “Norma E.060 Concreto armado, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [19] ICG, “Norma C.E.010 Pavimentos Urbanos, DS N°010-2010 Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [20] Ministerio de transporte y comunicaciones, “Manual de carreteras Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013”, Estado del Perú, Tomo I, 2013.
- [21] SENCICO, “Norma Técnica Peruana 2018, Compendio del Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [22] ACI, “Manual del Comité 2011. Diseño de Mezclas, 2008.
- [23] N. C. Ghim Wei Ho y M. Welland. “Nanotecnología”. DHHS (NIOSH) publicación N.º 2008-112, University of Cambridge, 2021.

- [24] C. J. Martínez. “Hormigones de alta resistencia en la edificación de gran altura”, Estudio de Ingeniería, Madrid, 2023.
- [25] M.D.C. “Los aditivos para el concreto”. Artículos. Lima, 2006.
- [26] National Ready Mixed Concrete Association. “Hormigón El Concreto en la Práctica”. Artículos. Federación Iberoamericana de Hormigón Premezclado, Bogota, Colombia, 2008.
- [27] SENCICO, “Norma técnica peruana 400.022:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [28] Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Portlan Cement Association.
- [29] SENCICO, “Norma técnica peruana 339.185:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [30] SENCICO, “Norma técnica peruana 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [31] SENCICO, “Norma técnica peruana 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [32] SENCICO, “Norma técnica peruana 400.022:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [33] SENCICO, “Norma técnica peruana 339.129, «Suelos: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.».
- [34] SENCICO, “Norma técnica peruana 400.021:2013 agregado. El Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción

del agregado grueso”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.

[35] ETECE. “Definición de Metodología”. Artículos. Lima, 2023.

[36] Capeco “Manual del S10”. Lima, 2008.

[37] SENCICO, “Norma técnica peruana 339.183:2013 CONCRETO: Especificación para concretos y morteros de alta resistencia, premezclados en seco y entregados envasados”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.

[38] SENCICO, “Norma técnica peruana 339.183:2013 Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio”, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.

[39] Cemex. “Hablando de cementos portland”. Artículos de construcción.1 , Enero 2024.

[40] XFQ024, “Características del Grafeno”. Ficha técnica, China, 2024

[41] U. S. T. D. M. MOGROVEJO, “Ficha de conformidad de ensayos realizados en el Laboratorio USAT”, Chiclayo: USAT, 2024.

[42] U. S. T. D. MOGROVEJO, “Ensayos de aprobación para el Diseño de mezcla  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  y con adición de 0.5%, 1% y 1.5% de Grafeno”, Chiclayo: USAT, 2024.

## Anexos

### Anexo 1: Ficha técnica Cemento Portland Tipo I





# CEMENTO PORTLAND TIPO I

Cemento Portland de altas resistencias, permite construir estructuras de gran calidad y fortaleza.

### Características Técnicas

**Cemento Portland Tipo I cumple con:**  
 Norma Técnica Peruana: NTP 334.009  
 Norma Técnica Americana: ASTM C-150

#### Comparativo de Resistencias



Periodo	NTP 334.009/ASTM C-150	CEMEX TIPO I - USO ESTRUCTURAL
3 días	127	370
7 días	194	493
28 días	286	587

PROPIEDADES FÍSICAS	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150	Tiempo de fraguado Vicat	Unidad	TIPO I	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.9	Máximo 12	Fraguado inicial	min	150	Mínimo 45
Expansión autoclave	%	0.05	Máximo 0.80	Fraguado final	min	192	Máximo 375
Densidad	g/cm³	3.15	No específica				

### PROPIEDADES

- Cemento Portland Tipo I.
- Excelente comportamiento en el desempeño de resistencias iniciales y fin
- Rápido desencofrado.
- Tiempo de fraguado óptimo.
- Excelentes resistencias mecánicas a la compresión, flexión y tracción.
- Excelente manejabilidad y trabajabilidad.
- Estabilidad y uniformidad en sus características.

### USO Y APLICACIONES

- Es un cemento ideal para la construcción de elementos estructurales tales como columnas, vigas, losas, muros y cimentaciones en diversos tipos de edificaciones y obras de infraestructura.
- Por el comportamiento de su curva de resistencia permite producir concretos que requieran una mayor resistencia inicial.
- Tiene un excelente comportamiento en la elaboración de prefabricados (postes de concreto, vigas pretensadas y postensadas, pisos, adoquines, blocks, etc.)



■ La información en el cuadro adjunto corresponde al promedio de los datos obtenidos en el periodo de ensayos de enero 2023

Fuente: Cemex [39]

## Anexo 2: Ficha técnica del Grafeno

**XFQ024–Thin Layer Graphene Nanoplates**

## 技术参数 (Properties)

名称	Product name	薄层石墨烯纳米片 Thin Layer Graphene Nanoplates
碳含量	Carbon content	>99 at% (EDS)
灰分	Ash content	<1wt%
片径	Lateral size	1-2 $\mu\text{m}$ (HRTEM)
厚度	Thickness	1-6 nm (HRTEM)
电导率	Conductivity	800-1100 S/cm
含水率	Moisture content	<2 wt%
D50 粒度	Grain size	~56.17 $\mu\text{m}$
振实密度	Tap density	0.10-0.15 $\text{g}/\text{cm}^3$
松装密度	Apparent density	0.06-0.09 $\text{g}/\text{cm}^3$
外观	Appearance	黑灰色粉末 Black gray powder

Fuente : XFQ024 [40]

## Anexo 3: Certificado del nanomaterial Grafeno



江苏先丰纳米材料科技有限公司

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

Name of Sample	XFQ024	Supplying Unit	R&D department
Application Number	18071214311319174	Date of Sample Supplying	2018.7.11

## Results of Detecting and Analyzing

Item	Index data	Test data	Test method
Appearance	Gray and black powder	Gray and black powder	Visual test
Carbon content	>99.5	99.8%	Burning method
Conductivity	800-1100 S/cm	925.0 S/cm	Sheet square resistance
Water content	<2%	1.38%	Water content meter
Apparent density	0.06-0.09 g/cm <sup>3</sup>	0.08 g/cm <sup>3</sup>	Vibrating density meter
Tap density	0.10-0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.12 g/cm <sup>3</sup>	Vibrating density meter
Number of plies	3-7	3-7	HRTEM
Thickness	2-7 nm	2-7nm	
Slice diameter	2-7um	2-7um	

Detection result: OK (✓) NG ( )

Tester:GU ZHENGUANG

Check:

Date of Reporting: 2018.7.12

Seal

Fuente: XFQ024 [40]

## Anexo 4: Reporte del nanomaterial Grafeno

<b>Nombre de la muestra</b>	<b>XFQ024</b>	<b>Unidad de suministro</b>	<b>Departamento RYD</b>
Numero de aplicación	180712143113191 74	Fecha de suministro de muestras	2018.7.11

Fuente: XFQ024 [40]

## Características del nanomaterial Grafeno

Artículo	Índice de datos	Datos de prueba	Método de prueba
Apariencia	Polvo gris y negro	Polvo gris y negro	Prueba visual
Contenido de carbón	>99.5	99.5%	Método de grabación
Conductividad	800-1100 S/cm	925.0 S/cm	Hoja de resistencia cuadrada
Contenido de agua	<2%	1.38%	Medidor de contenido de agua
Densidad evidente	0.06-0.09 g/cm <sup>3</sup>	0.08g/cm <sup>3</sup>	Densímetro vibratorio
Densidad del grifo	0.10-0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.12g/cm <sup>3</sup>	Densímetro vibratorio
Número de capas	3-7	3-7	HRTEM
espesor	2-7 mm	2-7 mm	...
Diámetro de la rebanada	2-7mm	2-7mm	...

Fuente: XFQ024 [40]

Panel fotográfico

*Ilustración 14: Slum del concreto patrón 420kg/cm<sup>2</sup> más la adición de grafeno.*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 15: Curado del concreto patrón 420kg/cm<sup>2</sup> más la adición de grafeno 7, 14 y 28 días.*



*Fuente: Autor Propio*

Realización de ensayos a compresión del concreto patrón 420 kg/cm<sup>2</sup> más la adición en porcentaje de grafeno del 0.5, 1 y 1.5, con respecto al peso de cemento.

*Ilustración 16: Pesar el grafeno*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 17: Peso del Grafeno*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 18: Materiales*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 19: Chuseo de la mezcla*



*Fuente: Autor Propio*

*Ilustración 20: Testigos*



*Fuente: Autor Propio*

Ilustración 21: Rotura de probeta en la prensa hidráulica imagen (a), (b), (c), (d).

(a)



Fuente: Autor Propio

(b)



Fuente: Autor Propio

(c)



Fuente: Autor Propio

(d)



Fuente: Autor Propio

Realización de ensayos a flexión del concreto patrón 420 kg/cm<sup>2</sup> más la adición el 0.5%, 1% y 1.5% de grafeno con respecto al peso de cemento.

*Ilustración 22: Rotura de probeta en la prensa hidráulica imagen (a) y (b)*



*Fuente: Autor Propio*

*Fuente: Autor Propio*

Ficha de conformidad de ensayos realizados en el Laboratorio USAT [41]



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS**

INFORME N° LEM USAT 05-9-2024-1

FECHA: 17 de Mayo 2024

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Ezequiel Vargas Hernández

**TITULO DE LA TESIS:** Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino
- Peso unitario del agregado grueso y fino
- Resistencia a la Compresión y flexión del concreto con proporciones de Grafeno 0.5%, 1%, 1.5%.
- Diseño de mezcla  $F'c=420\text{kg/cm}^2$ .
- Diseño de mezcla  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  con proporciones de Grafeno de 0.5%, 1% y 1.5%.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Responsable de Lab. Inge. Civil Ambiental  


  
**USAT**  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
  
**Henry Rivadeneyra Oblitas**  
 Responsable de Lab. Ing. Civil Ambiental  
 RECTOR DE LABORATORIO

Ensayos de aprobación para el Diseño de mezcla  $F'c=420\text{kg/cm}^2$  y con adición de 0.5%, 1% y 1.5% de Grafeno. [42]

*Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino y grueso

**Referencia:** Norma ASTM c-535 ó N.T.P. 339.185

**Cantera:** "Granda" Ferreñafe

**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**Cantera** : Cantera Granda -Ferreñafe.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3500	3500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	3460	3460
C.- Peso de redpiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.16	1.16
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.16	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**Cantera** : Cantera Talambo-Chepen.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	4850	4850
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	4830	4830
C.- Peso de redpiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.41	

  
Henry Alvarado  
Cibón  
Inc. Laboratorio  
USAT



*Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso*



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Peso específico y absorción del agregado fino y grueso

**Referencia:** Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera:** "Granda" Ferretale

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	1005.0	1005.0
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	682.92	682.9
3.- Peso del Agua	(g)	312.08	312.1
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	698.26	698.3
5.- Peso del Frasco	(g)	192.92	192.9
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	498	498
7.- Volumen del frasco	(cc)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.651
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.661
C.- PESO ESPECIFICO AMBIENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.677
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.36

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia:** Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.821

**Cantera** : Cantera Talamba-Chopen.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2320	2320
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2320	2320
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastillo	(g)	2260	2260
4.- Peso de la canastilla	(g)	879	879
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1390	1390

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.473
B.- PESO ESP. DE MASA SEC. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.495
C.- PESO ESPECIFICO AMBIENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.527
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.87

  
Henry Alvarado Reyna  
CÓDIGO  
Tec. Laboratorio  
USAT



## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBERO DE MOGROVECÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Peso unitario del agregado grueso

**Referencia:** Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera:** "Taranbo" Chepén

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>7630</b>	<b>7620</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7630	7620
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1402	1400
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1395</b>	

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>8300</b>	<b>8290</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8300.0	8290.0
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1525	1523
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1517</b>	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso

**Referencia:** Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**C.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>4880</b>	<b>4880</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>4840</b>	<b>4840</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>0.41</b>	

  
 Henry Evidencio Obitos  
 Tec. Laboratorio  
 USAT



## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafito al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Peso unitario del agregado fino

**Referencia:** Norma ASTM c-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera:** "Granda" Fometafe

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>8720</b>	<b>8720</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8720	8720
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1591	1591
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1573</b>	

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>9920</b>	<b>9930</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9920	9930
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00548	0.00548
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1810	1812
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1790</b>	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**C.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>505.8</b>	<b>505.8</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>500</b>	<b>500</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.2	1.2
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>1.16</b>	

  
 Henry Rivasmeza Obispo  
 Ing. Laboratorio  
 USAT



## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE MEDIOS, COMERCIO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

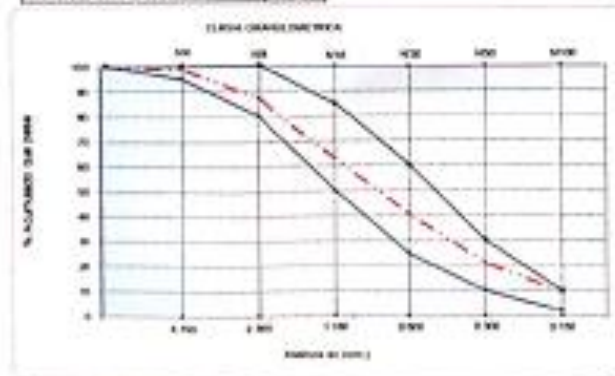
**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Análisis Gravimétrico por tamizado del agregado fino

**Referencia:** Norma ASTM c-136-6 N.T.P. 400.012

**Cantón:** "Ciudad" Ferretale

Talla	Peso	TNO			TNO (sum)	Excesiva Menor de 300 micras (E)			Observaciones
		Ret.	Ret.	Ret.		Ret.	Ret.	Ret.	
75µ	12.198	0	0.0	0.0	120.0	100	100	Completo	
150µ	9.500	0	0.0	0.0	109.0	100	100	Completo	
300µ	4.730	0.27	1.3	1.3	98.7	91	100	Completo	
600µ	2.802	19.07	13.9	13.1	89.9	80	100	Completo	
840µ	1.000	115.47	23.2	17.4	62.6	70	81	Completo	
1060µ	0.000	113.31	12.2	59.2	40.3	25	60	Completo	
1060µ	0.000	76.5	18.2	78.8	21.8	10	30	Completo	
1060µ	0.000	15.3	11.2	79.2	9.0	2	10	Completo	
Peso		49.11	0.0	108.0	0.0				
Módulo de Plasticidad					1000				
Muestra de mala de referencia					9300				



*[Firma]*  
 Alexy Rueda Oblass  
 Ing. Laboratorio  
 USAT

## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

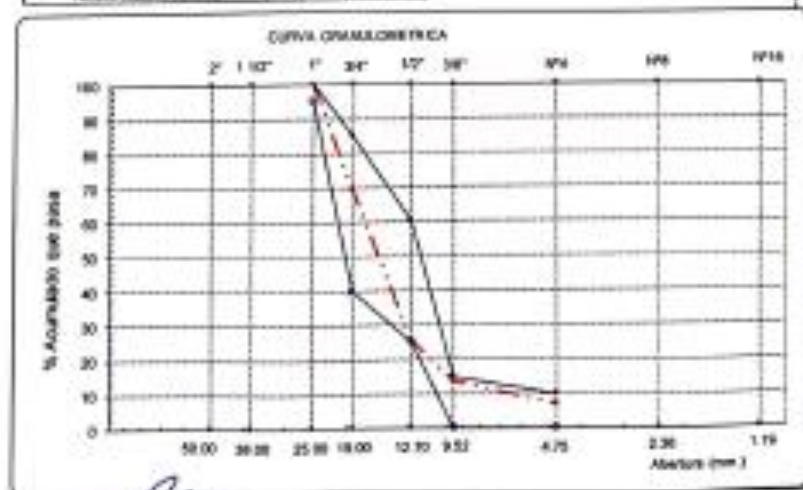
**Fecha de emisión**: Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Análisis Gravimétrico por tamizado del agregado grueso

**Referencia**: Norma ASTM C-136 & N.T.P. 400.012

**Cantera**: "Tatanbo" Chépiz

Malla	Peso	Tm		Pm		Especificaciones		Observaciones
		Real	Rel.	Real	Rel.	Con. Pas.	ISO 55	
75	10.00	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	Cumple
150	10.00	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	Cumple
300	10.00	1400.0	20.0	20.0	20.0	80.0	80.0	Cumple
475	10.00	1100.0	10.0	10.0	10.0	90.0	90.0	Cumple
750	9.51	1100.0	10.0	10.0	10.0	90.0	90.0	Cumple
97.5	4.75	1100.0	6.6	10.0	7.0	90.0	10.0	Cumple
150	2.36	100.0	1.0	10.0	3.0	90.0	0.0	
200	0.75	3.0	0.1	10.0	3.0	90.0	0.0	
<b>Total</b>		<b>2073</b>	<b>1.0</b>	<b>100.0</b>	<b>0.0</b>			
Tamado Medio			1"	10.00				
Tamado Medio Normal			3/4"	11.00				



*[Signature]*  
 Ing. Ezequiel Vargas Hernández  
 Oficina  
 Tec. Laboratorio  
 USAT

## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Diseño de mezcla

**Referencia:** Norma ASTM C-39/C39M-05 & N.T.P. 319.034.2008

**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque  
**Fecha** : Chiclayo, 17 de Mayo del 2024

**DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA PAVIMENTOS:**  $F_c = 420 \text{ kg/m}^3$

**CEMENTO:**

1.- Tipo de cemento : Portland Tipo I Comen  
2.- Peso específico :  $3150 \text{ kg/m}^3$

**AGREGADOS:****Agregado fino:**

**Cantón** : Cantón Grande (Peru) S.A.  
1.- Peso específico de masa :  $2551 \text{ g/cm}^3$   
2.- Peso específico de masa S.S.S. :  $2668 \text{ g/cm}^3$   
3.- Peso unitario suelto :  $1571 \text{ kg/m}^3$   
4.- Peso unitario compactado :  $1790 \text{ kg/m}^3$   
5.- % de absorción : 0.4 %  
6.- Contenido de humedad : 1.2 %  
7.- Módulo de elasticidad :  $2.85 \times 10^4$

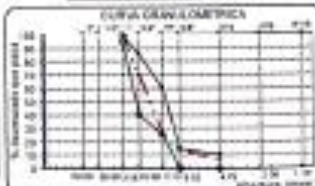
**Agregado grueso:**

**Cantón** : Cantón Yumbuco-Chapen  
1.- Peso específico de masa :  $2472 \text{ g/cm}^3$   
2.- Peso específico de masa S.S.S. :  $2495 \text{ g/cm}^3$   
3.- Peso unitario suelto :  $1395 \text{ kg/m}^3$   
4.- Peso unitario compactado :  $1517 \text{ kg/m}^3$   
5.- % de absorción : 0.8 %  
6.- Contenido de humedad : 0.4 %  
7.- Tamaño máximo : 1" (25.4 mm)  
8.- Tamaño máximo nominal : 3/4" (19 mm)

**Gradación:**

Malla	% Retenido	% Acumulado con paso
200	0.0	100.0
150	1.3	98.7
100	11.6	88.1
75	24.2	75.9
60	32.3	67.7
40	59.3	40.7
20	71.2	28.8
Paso	8.8	91.2

Malla	% Retenido	% Acumulado con paso
2"	0.0	100.0
1.50"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	0.0	100.0
10"	44.0	56.0
20"	11.8	44.2
40"	6.0	38.2
60"	1.0	37.2
75"	0.7	36.5
Paso	0.8	99.2





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA TERESITA DE MERCEDES  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CIMENTOS Y ENLACE DE MATERIALES



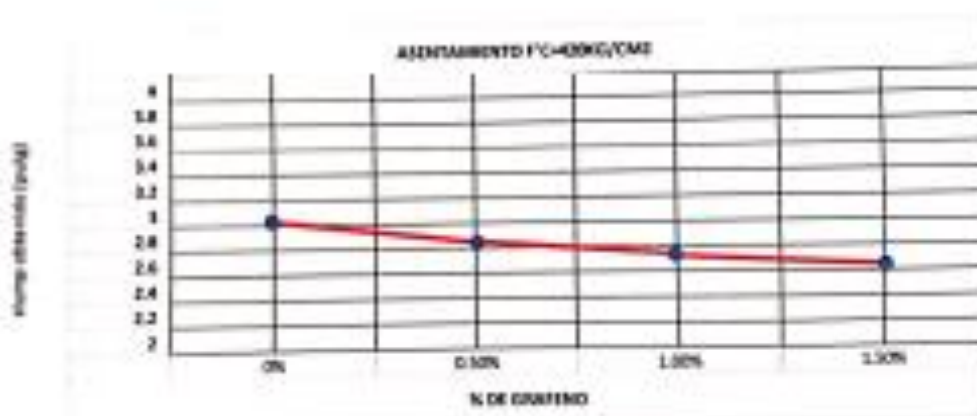
**Tesista:** Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela:** Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis:** Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar:** Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo:** Achantamiento del concreto con adiciones de grafeno

**Referencia:** Norma ASTM C-39/19M-05 & N.T.P. 339.034.2008



  
 Henry Alvarado  
 Celso  
 Ing. Laboratorio  
 USAT



## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque  
**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024  
**Ensayo** : Resistencia a la compresión del concreto con adiciones de graseo  
**Referencia:** Norma ASTM C-39/C39M-05 ó N.T.P. 339.034.2008

Edad del Concreto	F <sub>c</sub> =420 kg/cm <sup>2</sup>			F <sub>c</sub> =420 kg/cm <sup>2</sup> +0.3% de grafeno			F <sub>c</sub> =420 kg/cm <sup>2</sup> +1% de grafeno			F <sub>c</sub> =420 kg/cm <sup>2</sup> +1.5% de grafeno		
	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Carga (kg)=P	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
7 días	33840	81.0732	417.40	32968	81.0732	402.85	34340	81.0732	423.57	36057	81.0732	444.75
7 días	31239	81.0732	385.45	33938	81.0732	418.51	35638	81.0732	439.48	36518	81.0732	451.57
7 días	32539	81.0732	401.24	34575	81.0732	426.73	36668	81.0732	452.18	33828	81.0732	451.56
14 días	35148	81.0732	433.44	35360	81.0732	436.15	37888	81.0732	468.47	40238	81.0732	496.23
14 días	37218	81.0732	459.30	36360	81.0732	448.80	38588	81.0732	488.86	38288	81.0732	484.50
14 días	33688	81.0732	415.43	35830	81.0732	441.95	37310	81.0732	460.20	38790	81.0732	478.46
28 días	37810	81.0732	465.99	38280	81.0732	471.18	38790	81.0732	478.46	40400	81.0732	498.22
28 días	37180	81.0732	458.19	37980	81.0732	467.48	38820	81.0732	478.58	42310	81.0732	521.87
28 días	37600	81.0732	463.88	38520	81.0732	478.83	39400	81.0732	486.39	41250	81.0732	508.80

Edad del Concreto	F <sub>c</sub> =420 Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> =420 Resistencia a kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> =420 kg/cm <sup>2</sup> Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> =420 Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
7 días	401.37	413.36	438.41	482.62
14 días	416.39	433.97	459.87	486.19
28 días	459.58	472.49	483.95	509.66

  
 Henry Alvarado  
 Obispo  
 Tec. Laboratorio  
 USAT



## Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Testista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Resistencia a la flexión del concreto con adiciones de grafeno

**Referencia:** Norma ASTM C-39/39M-05 ó N.T.P. 339.034.2008

Determinación de Espécimen	Fecha de Votación	Fecha de Ensayo	Carga (Prom.) (N)	Antigüedad del Especimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup>	17/01/2024	24/01/2024	49196.443	7	6.590	66.89
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup>	17/01/2024	31/01/2024	52988.829	14	7.065	72.04
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup>	17/01/2024	14/02/2024	57924.537	28	7.723	78.75
CONCRETO PATRON 420 + 0.5% de grafeno	17/01/2024	24/02/2024	53544.035	7	7.179	72.80
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 0.5% de grafeno	17/01/2024	31/02/2024	60375.967	14	8.050	82.09
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 0.5% de grafeno	17/01/2024	14/03/2024	63024.749	28	8.409	85.82
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de grafeno	17/02/2024	24/02/2024	56004.062	7	7.545	76.93
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de grafeno	17/02/2024	31/02/2024	64952.393	14	8.600	88.41
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de grafeno	17/02/2024	14/03/2024	65768.597	28	8.768	89.42
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/02/2024	24/03/2024	58545.402	7	7.806	79.00
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/02/2024	31/03/2024	67360.913	14	9.185	93.64
CONCRETO PATRON 420 kg/cm <sup>2</sup> + 1.5% de grafeno	17/02/2024	14/04/2024	69879.021	28	9.182	93.64

  
 Henry Alvarado  
 CENSA  
 Tcn. Laboratorio  
 USAT



*Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Diseño de mezclas

Resumen del diseño de mezcla con las adiciones de grafeno de: 0.5%, 1% y 1.5%

Resumen de dosificación para concreto patrón

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua	
1.00	0.84	1.44	13.26	Lt/bolsa
1.00	0.80	1.55	13.26	Lt/pies <sup>3</sup>

Resumen de dosificación para concreto patrón más aditivo

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Aditivo	Agua	
1.00	0.84	1.44	0.116	13.26	Lt/bolsa
1.00	0.80	1.55	0.116	13.26	Lt/pies <sup>3</sup>

  
Henry Alvarado  
CMilitar  
Tec. Laboratorio  
USAT



*Informe de laboratorio – Contenido de humedad del agregado fino y grueso*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Vargas Hernández Ezequiel  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Incorporación de grafeno al concreto de alta resistencia aplicado en pavimento de tráfico pesado

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque

**Fecha de emisión:** Chiclayo, 17 de mayo del 2024

**Ensayo** : Diseño de mezclas

Resumen de dosificación para concreto patrón más 0.5% Grafeno

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua	
1.00	0.84	1.44	7.730	13.26	Lt/bolsa
1.00	0.80	1.55	7.730	13.26	Lt/pies <sup>3</sup>

Resumen de dosificación para concreto patrón más 1% Grafeno

cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua	
1.00	0.84	1.44	15.460	13.26	Lt/bolsa
1.00	0.80	1.55	15.460	13.26	Lt/pies <sup>3</sup>

Resumen de dosificación para concreto patrón más 1.5% grafeno

cemento	A. Fino	A. Grueso	Grafeno	Agua	
1.00	0.84	1.44	23.190	13.26	Lt/bolsa
1.00	0.80	1.55	23.190	13.26	Lt/pies <sup>3</sup>

  
 Henry Rodríguez Obispo  
 T.C. Laboratorio USAT

