



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Incorporación del grafeno para lograr resistencias  
mayores a partir del concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Peñares Raymundo, Rubén (ORCID: 0000-0003-0065-471X)

Pahuacho Aquino, Jhon Manolo (ORCID: 0000-0002-5523-0474)

**ASESOR:**

Ing. Contreras Velásquez, José Antonio (ORCID: 0000-0001-5630-1820)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Rubén Peñares:

Al divino Hacedor que me fortalece.

A mis padres Félix y Sebastiana, por su gran amor y su gran fe y motivación

A todas mis hermanas, por sus fortalezas y apoyos incondicionales.

A mi esposa Celia y mis Hijos: Sebastian, Gadiel y Matthew mis grandes motivos

Jhon M. Pahuacho:

A Dios, por fortalecerme y permitirme desarrollar mis proyectos.

A mis padres Fabián y Saturnina por brindarme su fe y su apoyo persistente e imperecedero. A mi hermano Carlos por apoyarme incondicionalmente.

A mi esposa Mariely por ser participe en el inicio de mi carrera e hija Angie Alexandra, por ser los motivos de mis logros gracias a todos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la comunidad de la Universidad Cesar Vallejo y a los catedráticos y coordinadores por su constante apoyo en la carrera de Ingeniería Civil, y un agradecimiento A nuestro asesor, Ing. José Contreras, por su exigencia y sus valiosas críticas en la formación como profesionales y seres humanos

Los autores

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1. Tipo y diseño de Investigación .....	19
3.1.1. Aplicada. ....	19
3.1.2. Cuantitativa. ....	19
3.1.3. Descriptivo .....	20
3.1.4. Experimental .....	20
3.2. Variables y operacionalización: .....	20
3.2.1. Variable independiente Grafeno .....	20
3.2.2. Variable Dependiente (Propiedades mecánicas del concreto) .....	20
3.3. Población, muestra y muestreo .....	21
3.3.1. Población y muestra .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.4.1. 3.Técnicas.....	23
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	23
3.4.3. Validez .....	23
3.4.4. Confiabilidad del Instrumento .....	24
3.5. PROCEDIMIENTO.....	24
3.5.1. 3.5.1 OBTENCIÓN DE MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.5.2. OBTENCIÓN DE AGREGADO.....	25
.....	25
<b>Obtención de Grafeno.....</b>	<b>25</b>
<b>Obtención de Agua .....</b>	<b>25</b>
3.5.3. UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE ENSAYOS .....	25
3.6. Métodos de análisis de datos .....	27
3.7. Aspectos éticos .....	27
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
4.1. Recopilación de información.....	28
4.1.1. Planteamiento experimental. ....	28

4.1.2.	4.1.2 Características de los materiales y componentes .....	28
4.1.3.	DATOS DE LABORATORIO.....	29
4.2.	Cálculos de diseño de mezclas. ....	30
4.3.	Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco .....	31
4.4.	Ensayos de la resistencia a la compresión .....	32
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	40
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	44
	<b>REFERENCIAS</b> .....	45
	ANEXOS.....	49
	<b>Anexo 1: Declaratoria de autenticidad del (de los) autor(es)</b> .....	50
	<b>Anexo 2: Declaratoria de autenticidad del asesor</b> .....	51
	<b>Anexo 3.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	52
	Anexo 4. Instrumento de recolección de datos.....	53
	<b>Análisis De Ensayos De Laboratorio</b> .....	70
	<b>Propiedades físicas de los agregados</b> .....	70
	<b>CÁLCULOS</b> .....	75
	Granulometría del agregado grueso .....	79
	Módulo de finura.....	81
	<b>Elaboración de probetas cilíndricas normalizadas</b> .....	86
	<b>Procedimiento:</b> .....	87
	<b>Control de calidad del concreto endurecido</b> .....	88
	<b>Resistencia a la compresión según ensayo de laboratorio</b> .....	88
	Etapa del concreto una vez fraguado, donde el concreto obtiene resistencia formando un molde, capaz de soportar altas tensiones. ....	114
	Grafeno.....	118
	Anexo 5. Matriz de Consistencia.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de probetas ensayados en el laboratorio (tamaño muestra) ...	22
Tabla 2. Programa de actividades .....	26
Tabla 3. Características físicas de los materiales obtenidos en laboratorio .....	29
Tabla 4. Dosificación de los materiales de mezcla por m <sup>3</sup> para los tratamientos: patrón y con aditivo de grafeno de 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15 % de grafeno ...	30
Tabla 5 . Resultados del asentamiento del concreto .....	31
Tabla 6. Resultado de los ensayos de resistencia a los 7 días .....	33
Tabla 7. Resultado de los ensayos de resistencia a los 14 días .....	34
Tabla 8. Resultado de los ensayos de resistencia a los 28 días .....	35
Tabla 9. Comparación de resistencias promedio en el tiempo .....	36
Tabla 10 . Matriz de operacionalización de variables .....	52
Tabla 11. Valores de confianza tabla Z .....	53
Tabla 12. Descriptivos de resistencia a la compresión a los 7 días .....	54
Tabla 13 .Descriptivos de resistencia globalizado de diseño patrón y edades de 7 días .....	54
Tabla 14 . Prueba de normalidad de resistencia a la compresión a los 7 días .....	55
Tabla 15 Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 7 días .....	56
Tabla 16 . Comparación múltiples a los 7 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes .....	58
Tabla 17 . Descriptivos de resistencia a la compresión a 14 días .....	59
Tabla 18. Descriptivos de resistencia a la compresión de la media globalizado a 14 días .....	59
Tabla 19. Prueba de normalidad de diseño patrón y edades a los 14 días .....	60
Tabla 20 . Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 14 días .....	61
<i>Tabla 21 Comparación múltiples a los 14 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes .....</i>	<i>62</i>
Tabla 22 . Descriptivos de resistencia a la compresión a los 28 días .....	63
Tabla 23. Descriptivos de resistencia a la compresión de la media globalizado a 28 días .....	64
Tabla 24 Prueba de normalidad de diseño patrón y edades a los 28 días .....	64
Tabla 25 . Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 28 días. ....	65
Tabla 26. Comparación múltiples a los 28 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes .....	67
Tabla 27 Resultado de peso unitario suelto .....	72
Tabla 28 .Resultado peso unitario compactado .....	72
Tabla 29 . Peso Unitario Suelto .....	72
Tabla 30 .Peso unitario compactado. ....	73
Tabla 31 Tamaño de la muestra de agregado .....	74
Tabla 32 Determinación Del Peso Especifico Y Absorción Del Agregado Fino C128-15 ASTM .....	75

Tabla 33. Método De Prueba Estándar Para La Densidad Relativa (Gravedad Específica) Y La Absorción De Agregados Gruesos .....	75
Tabla 34 Mallas estándar ASTM.....	76
Tabla 35 Tamaño de muestra de agregados para el ensayo .....	77
Tabla 36 Análisis Granulométrico De Los Agregados Finos .....	78
Tabla 37 . Análisis Granulométrico De Los Agregados .....	80
Tabla 38 Características físicas de los materiales obtenidos en laboratorio .....	81
Tabla 39 Factor de seguridad .....	82
Tabla 40 . Contenido de aire atrapado .....	83
Tabla 41 Volumen unitario de agua .....	84
Tabla 42. Relación agua cemento por resistencia.....	84
Tabla 43 Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	85
Tabla 44 Peso del agregado .....	86
Tabla 45 Cuadro de resistencia del compuesto de cemento con % de GO.....	121
Tabla 46 . Matriz de consistencia: Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto $f'c = 245$ kg/ Lima 2019 .....	123

## Índice de Figuras

Figura 1. Resultados de resistencia a tracción de muestras de mortero de cemento con contenido de óxido de grafeno .....	13
Figura 2. Resultado de la fluidez y la resistencia a la compresión del mortero reciclado. ....	15
Figura 3. Grafico comparativo del asentamiento en kg/cm <sup>2</sup> del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno. ....	31
Figura 4. Grafico comparativo del asentamiento en porcentaje del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno.....	32
Figura 5. Grafico comparativo de resistencia del concreto en el tiempo del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno. ....	37
Figura 6. Diagrama de cajas patrón y edades de 7 días .....	55
Figura 7. Grafico de medias de esfuerzo a la compresión de las edades de 7 días. ....	57
Figura 8. Diagrama de cajas- Diagrama de cajas de resistencia vs diseño de mezcla a los 14 días.....	60
Figura 9. Gráficos de medias de esfuerzo a la compresión a edades de 14 días y los diseños con porcentajes de dosificación de grafeno .....	62
Figura 10. Diagrama de cajas patrón y edades de 28 días .....	65
Figura 11. Gráficos de medias de esfuerzo a la compresión a edades de 28 días y los diseños con porcentajes de dosificación de óxido de grafeno.....	66
Figura 12. Certificado de procedencia del Grafeno .....	68
Figura 13. Periférico Sur 3380 Conjunto Residencial del Pedregal Álvaro Obregón 14130 Ciudad de México, CDMX México. ....	69
Figura 14. Periférico Sur 3380 Conjunto Residencial del Pedregal Álvaro Obregón 14130 Ciudad de México, CDMX México. ....	69
Figura 15. Cantera Christopher - "Camion", ingreso Manuel Parado., Benavides, Carabayllo. ....	70
Figura 16. Cantera Christopher - "Camion", ingreso Manuel Parado., Benavides, Carabayllo. ....	70
Figura 17. Curva granulométrica de agregado fino. ....	79
Figura 18. Curva granulométrica de agregado grueso .....	80
Figura 19. Granulometría De Materiales.....	91
Figura 20. Granulometría De Materiales.....	92
Figura 21. Saturación de material                      Figura 22. absorción de arena .....	92
Figura 23. Pesado de los elementos del concreto.....	93
Figura 24. Preparación de concreto.....	94
Figura 25. Medición De Slump.....	95
Figura 26. Preparación de probetas.....	96
Figura 27. Rotura de probetas para medir la resistencia del concreto.....	97
Figura 28. Ficha técnica del grafeno.....	98



Figura 29. Ficha técnica del grafeno.....	99
Figura 30 . Resultados de ensayos- Peso unitario suelto y compactado.....	100
Figura 31. Resultados de ensayos- Peso unitario suelto y compactado.....	101
Figura 32. Resultados de ensayos- Prueba estándar para densidad relativa.....	102
Figura 33, Resultados de ensayos -Curva granulométrica de agregado fino .....	103
Figura 34. Resultados de ensayos -Curva granulométrica de agregado grueso.	104
Figura 35. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto patrón .....	105
Figura 36. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.03% de grafeno .....	106
Figura 37Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.05% de grafeno .....	107
Figura 38. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.10% de grafeno .....	108
Figura 39. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.15% de grafeno. ....	109
Figura 40. Resultados de ensayos Resultados de prueba de resistencia a los 7 días.....	110
Figura 41. Resultados de ensayos Resultados de prueba de resistencia a los 14 días.....	111
Figura 42. Resultados de ensayos- Resultados de prueba de resistencia a los 28 días.....	112
Figura 43Presentaciones de grafeno.....	118
Figura 44. Formas alotrópicas del carbono .....	119
Figura 45. Estructura Molecular del grafeno.....	119
Figura 46. Madre de todas las formas de grafito .....	122

## Índice de abreviaturas

ASTM	American Society for Testing and Materials
ACI	American Concrete Institute
F'c	Resistencia a la compresión
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg	kilogramo
mm	Milímetros
NTP	Norma técnica peruana
Nº	Numero
Pp	Páginas
Psi	libra de fuerza por pulgada cuadrada (lbf/in <sup>2</sup> )
%	Porcentaje
R.	Resistencia
GNS	Nanoláminas de grafito
CNTs	Nanotubos de carbono

## RESUMEN

Esta investigación tiene el objetivo de analizar la incorporación de grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia y la trabajabilidad del concreto a partir de  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  realizado en la localidad de Lima.

Para fines del estudio se usó la metodología de investigación de enfoque cuantitativo, tipo aplicativo, de nivel descriptivo y diseño experimental. La investigación se realizó con pruebas comparativas entre un concreto patrón (sin grafeno) y cuatro que contienen diferentes cantidades de grafeno dosificadas en base a porcentaje del peso del cemento. El porcentaje de grafeno adicionado tiene valores de 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15%. El concreto patrón es de  $245\text{kg/cm}^2$  y los concretos con aditivos de grafeno han sido diseñados para medir la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Observamos múltiples propiedades en el concreto, resistencia a la compresión y en la trabajabilidad, se evaluó en estado fresco la trabajabilidad en diferentes dosis de grafeno comparados con el concreto patrón, El concreto duro, fue curado sumergiendo en agua, y luego evaluado la influencia con la adición de grafeno incrementando su compresión.

Se concluye que la incorporación de grafeno mejoró la resistencia del concreto en un porcentaje promedio de 16.2% con respecto al concreto patrón; observándose mejor resultado con el tratamiento de 0.10% de grafeno también mejora su consistencia y acelera su tiempo de fragua. El grafeno mejora las propiedades físicas del concreto tanto en el estado fresco y seco. Sin embargo, a valores mayores su valor tiende a decrecer.

**Palabras Clave:** Concreto, grafeno, Resistencia, trabajabilidad

## ABSTRACT

This research has the objective of analyzing the incorporation of graphene as a nanotechnological additive in the strength and workability of concrete from  $f'c = 245\text{kg} / \text{cm}^2$  carried out in the town of Lima.

For the purposes of the study, the research methodology of quantitative approach, application type, descriptive level and experimental design was used. The investigation was carried out with comparative tests between a standard concrete (without graphene) and four that contain different graphene amounts dosed based on percentage of the weight of cement. The percentage of added graphene has values of 0.03%, 0.05%, 0.10% and 0.15%. The standard concrete is  $245\text{kg} / \text{cm}^2$  and the concrete with graphene additives have been designed to measure the compressive strength at 7, 14 and 28 days.

We observed multiple properties in concrete, compressive strength and workability, the workability in different doses of graphene was evaluated in the fresh state compared to the standard concrete, the hard concrete, was cured by immersing in water, and then the influence was evaluated with the addition of graphene increasing its compression.

It is concluded that the incorporation of graphene improved the resistance of the concrete in an average percentage of 16.2% with respect to the standard concrete; observing a better result with the 0.10% graphene treatment also improves its consistency and accelerates its setting time. Graphene improves the physical properties of concrete in both the fresh and dry state. However, at higher values its value tends to decrease.

**Keywords:** Concrete, graphene, Strength, workability

# I. INTRODUCCIÓN

El concreto es el material con una alta tasa de uso en el mundo de la construcción, conserva su utilidad debido a su gran facilidad de trabajo en fresco, durable y resistencia, como se muestra en diversos estados físicos y mecánicos.

Las estructuras de concreto se vuelven cada vez más complejas y requieren mayor resistencia, por ello la investigación busca de diseños más innovadores en el sector construcción creciendo la necesidad por desafiar con nuevas e innovadoras materias que admitan encontrar cualidades en el concreto con mejores características ya que existe el aumento en la demanda para su empleo en la construcción de edificios, puentes, obras de arte y obras hidráulicas. Bartra (2018 p. 12)

Actualmente, se ha llevado a cabo una gran cantidad de investigaciones innovadoras para aumentar la resistencia y la aceleración del fraguado del hormigón, por lo que se han incorporado aditivos en el hormigón para obtener mejores resultados.

Es así que nuestro trabajo se apunta a incorporar el grafeno como aditivo nanotecnológico que causó mucho interés, donde se destaca que el material tiene buenas propiedades como ser: ligera, flexible, transparente, buena dureza, buen conductor, entre otras. (Paz, 2018, p. 8)

Por otro lado, Caballero (2017) menciona que el concreto es utilizado ampliamente para la construcción, claro que, cada vez existen más estudios que se le realizan para optimizar sus propiedades tanto mecánicas y químicas del material. En este sentido esta investigación buscó la solución para el problema general: ¿Qué acción genera la incorporación de grafeno en compresión y trabajabilidad a partir del diseño  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ . Lima 2019, siendo los problemas específicos:

- PE1: ¿Qué acción genera la incorporación de grafeno en la trabajabilidad a partir del concreto  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ ?

- PE 2: ¿Cómo influye la incorporación de grafeno en el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14, y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{kg/cm}^2$  ?.

Al respecto Paz (2018) menciona que se ha comprobado que el empleo del grafeno es mucho más eficiente que los nanotubos de carbono (CNTs), en este sentido solo se necesita el 0.1% del peso del compuesto para mejorar las propiedades mecánicas del material en el mismo grado que mediante la adición de e 1% de nanotubo de carbono. (p .19)

La justificación de este trabajo está en encontrar un concreto de la alta resistencia producto del uso del grafeno como aditivo nano tecnológico, pues de acuerdo a los antecedentes se menciona que el material mencionado tiene buenas propiedades que pueden ser usados para mejorar la resistencia, flexibilidad y trabajabilidad del concreto. Al respecto Alkhateb, (2013) señala que las atractivas propiedades del grafeno han llevado a una intensa investigación sobre nanocompuestos de grafeno-polímero. Sin embargo, se ha informado muy poco trabajo sobre el uso de grafeno en la fabricación de nanocompuestos multifuncionales a base de cemento. Así mismo indica que durante las últimas décadas, la necesidad de materiales y componentes estructurales de alto rendimiento ha llevado al rápido desarrollo de nuevas clases de materiales.

En esta investigación se busca aumentar la resistencia del concreto  $f'c = 245$   $\text{kg/cm}^2$  obteniendo resultado a través del ensayo en laboratorio adicionando grafeno, la cual garantiza la resistencia a la compresión. En este sentido la presente investigación busca contribuir nuevas herramientas para la construcción de edificios, la posibilidad de un nuevo aditivo, para el desarrollo y mejora de los existentes, a través de las propiedades que el grafeno ofrece. Usar este elemento tecnológicamente moderno tiene el objetivo de mejorar las propiedades del concreto a través de la nanotecnología

Esta investigación, propone un objetivo general, el cual es: Analizar la incorporación de grafeno en la resistencia y la trabajabilidad del concreto a partir del  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ . Lima 2019. Así mismo identificamos dos objetivos específicos como:

- OE1: Analizar La incorporación de grafeno para incrementar la trabajabilidad a partir del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .
- OE2: Analizar La incorporación del grafeno para incrementar el esfuerzo a compresión para edades 7, 14, y 28 días a partir del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .

Este estudio también buscó corroborar una hipótesis general: La incorporación de grafeno incrementará la resistencia como también la trabajabilidad del concreto a partir del  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ . Lima 2019, en cuanto a las hipótesis específicas son:

- HP1: La incorporación del grafeno incrementará la trabajabilidad, a partir del concreto  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .
- HP2 : La incorporación del grafeno incrementará el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional las investigaciones referidas al tema se destacan los siguientes:

BABAK, ABOLFAZL, ALIMORAD y PARVIZ (2014) Investigaron el rendimiento del óxido de grafeno (GO) mejorando las propiedades mecánicas de los compuestos de cemento, lo cual, usaron también un superplastificante de compuesto de policarboxilato para incrementar el esparcimiento de las escamas del óxido de grafeno en el cemento. Para ello, utilizaron proporciones de 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 y 2% de óxido de grafeno (GO) y 0.5% de superplastificante en relación al peso del cemento y se comparó con la del cemento preparado sin GO, encontraron que la resistencia a la tracción del mortero de cemento aumentaba con el contenido de GO, alcanzando su mayor valor a un 1,5% del GO, llegando a un aumento del 48% de resistencia a la tracción, mientras que a un valor de 2% el valor de la resistencia decrece, tal como puede observarse en la figura N° 01.

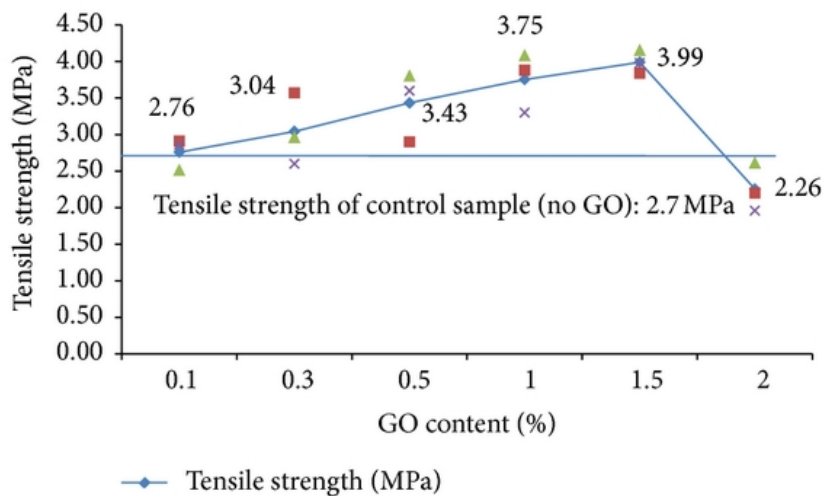


Figura 1. Resultados de resistencia a tracción de muestras de mortero de cemento con contenido de óxido de grafeno

Fuente : Babak el al 2014



López y Peña (2016), analizaron las propiedades mecánicas de la membrana del grafeno, según resultados experimentales, demostrando múltiples aplicaciones aumentando la rigidez, disminuyendo la tensión de rotura, pero aumentando la tenacidad a la fractura.

Gonzales (2015), encontró que las Nanoláminas de grafito incrementan el comportamiento mecánico y así mismo otorgan a los nanonocompuestos las propiedades intrínsecas de GNS, como: la conductividad eléctrica y estabilidad térmica.

Ávila y Roa (2018), evalúan el efecto del óxido de grafeno sintético donde se incorporó incrementos equiespaciados de 0.03 a 0.06 % del peso del cemento contenido en un cubo de mortero (según la norma ASTM C 109), donde se obtuvo mayor resistencia mecánica a compresión en cubos de mortero cuando se incorporaron óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido. (Grafeno)

Caires (2019) en su tesis “Aplicación de óxido de grafeno reducido en argamasa cementosa para estudio de sus propiedades mecánicas”, En su objetivo mediante el grafeno elevar resistencia mecánica, con fines de combinarse fácilmente con otras partículas. Por ser un estudio aplicado se dieron pruebas en el óxido de grafeno en términos de porcentaje de 0.03, 0.05, 0.07 y 0,09% (en relación al peso de cemento), en tiempos de 7, 28 y 91 días. Con adición de 0,05% de OGR, teniendo efectos de resistencia a compresión y aumentos de 12,0%, 9,6%, e 7,8%, en todos los tiempos de prueba, con relación a una muestra patrón, es decir, una muestra sin la adición de óxido de grafeno.

FANG et al (2017) en su estudio titulado “Effect of Graphene Oxide on Mechanical Properties of Recycled Mortar”, evaluó el efecto del óxido de grafeno (GO) sobre las propiedades mecánicas del mortero reciclado. Dentro del cual evaluaron el comportamiento de las dosis de OG como aditivo de 0.00%, 0.05%, 0.10% y 0.20%, respecto al peso del cemento. En relación a Fluidéz del mortero reciclado,

encontró que la trabajabilidad disminuye en 7.5%, 14.4% y 18.8% respecto al patrón (figura 2). En lo referente a la resistencia del mortero reciclado, los investigadores obtuvieron mejores resultados en el mortero reciclado con OG con respecto al patrón (sin GO) tal como se muestra en la figura N° 2 . en este caso se evaluaron a los 14 y 28 días obteniendo en promedio incrementos de 16.4% 16.2% respectivamente respecto al patrón para el mortero reciclado que contiene 0.2%. Así mismo, en el análisis microestructural del mortero reciclado con GO demostraron tener una cristalización mucho más densa y mejor del producto de hidratación. Finalmente indican que los mecanismos de refuerzo pueden atribuirse al grado acelerado de hidratación del cemento, mejor eficiencia de transferencia de carga, microestructura compacta y grietas refinadas

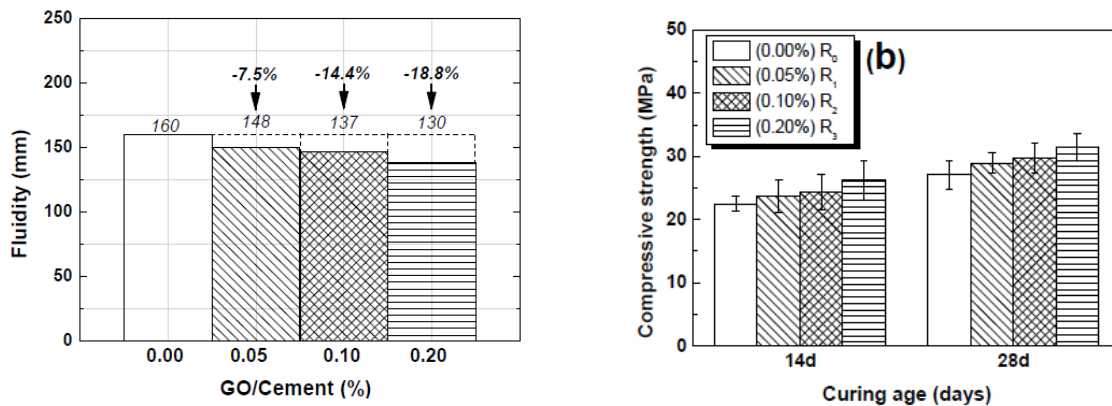


Figura 2. Resultado de la fluidez y la resistencia a la compresión del mortero reciclado.

Fuente : FANG et al (2017)

Paz (2018), considera que el grafeno hoy en día es un material que está revolucionando la industria, siendo tan solo casi del tamaño de un átomo. Analizando las propiedades de grafeno, formas y propiedades, en esta investigación, se analizan los diversos beneficios y aplicaciones de este material, con fines de hacer aplicaciones en Arquitectura y que resulta importante en este campo.

Najarro y Forero (2017), en su tesis "Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono", mencionan que el concreto es una serie de nano partículas que se conglomeran para formar una matriz fuerte y rígida capaz de soportar esfuerzos grandes. Para lo cual se harán 9 muestras de las cuales se tendrá 3 muestras de referencias, 3 más con un 0.5% de nanotubos con respecto al volumen de cemento y otras 3 con 0.3% de nanotubos, se incorporan de manera directa al momento del mezclado, luego se observara paso a paso que sucede con la mezcla de concreto, y determinar qué efectos tiene el agregar nanotubos de carbono de forma directa al concreto fresco, se tendrá cuidado en el curado durante 28 días manteniendo una temperatura constante y en agua limpia. En ambos tratamientos de la adición se halló mejoría en la resistencia a la compresión, generando resultados efectivos para la implementación a futuro de nanotubos de carbono para concretos de alta resistencia.

Sideri (2014) concluye que el efecto del grafeno en el cemento, según estudios de 1.5% en peso de óxido de grafeno con 0,5% en peso de superplastificante poseía una mayor resistencia a la tracción 48% mayor en relación con la mezcla de cemento sin oxido de grafeno.

En cuanto a los antecedentes nacionales, tenemos a Bartra (2019) en su tesis "Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Tarapoto, 2018" descubrió que el grafeno mejoró su resistencia, asimismo descubrió que al agregar el aditivo en estado fresco no causa ningún cambio en trabajabilidad. El estudio realizó cuatro mezclas, el primero es el estándar (sin grafeno) y los siguientes con porcentajes de grafeno en: 1.00%, 1.50% y 2.00% en peso del cemento. La investigación encontró que el grafeno desarrolla su resistencia del concreto en relación del patrón. 10.79%, 11.30% y 17.36% con respecto al patrón a los 28 días de edad del concreto. Del mismo modo, los resultados determinaron que el desarrollo del efecto de resistencia acelera el escenario a una edad temprana. Finalmente, respecto a la trabajabilidad menciona que sube en 2.8% con respecto al estado fresco.

Ccopa (2017) Examino los efectos de un aditivo nanotecnológico como el grafeno en concreto fresco y endurecido, descubriendo que el aditivo da resultados positivos mejorando las propiedades del concreto estándar después de 28 días de resistencia a la compresión de 210 kg / cm<sup>2</sup>. Las propiedades del concreto evaluadas fueron la consistencia y resistencia a la compresión, donde concluye que el grafeno actúa positivamente en la mayor resistencia a la compresión del concreto. En términos cuantitativos encontró que el incremento de la media general de los tratamientos con óxido de grafeno se encuentra en un valor de 26% mayor que el promedio del patrón. Asimismo, encuentra que aumenta la consistencia y la aceleración del tiempo de fragua, señalando además que la dosis óptima de óxido de grafeno es de 0.5% que corresponde a un valor de resistencia del concreto de 248 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, donde menciona que a mayor porcentaje de óxido de grafeno los efectos son mínimos, pues la resistencia a la compresión disminuye. Finalmente concluye la trabajabilidad del concreto aumenta, ya que obtuvo valores de Slump de 4", 5.2", 5.3", 5.3" de los tratamientos 0%, 0.5%, 1% y 1.5% respectivamente.

Apaza y Quispe Poma (2018), han demostrado que la adición de Nanotubos de Carbono incrementa sus propiedades mecánicas del concreto usadas en cantidades óptimas de NTC, en caso de mezclas con cemento Yura tipo IP 0,05% del peso del cemento, ya que tanto un punto de vista económico y performance es el que mejor se comporta. En caso de concretos con cemento Tipo I -Wari se ha llegado a una dosificación óptima de 0,10%, Así mismo, menciona que los Nanotubos de Carbono reducen la trabajabilidad del concreto en relación al porcentaje de adición por la gran superficie específica que absorbe gran cantidad de agua, pero el proceso de dispersión por sonicación y la mezcla con un súper plastificante disminuye este efecto.

Con respecto al concreto, la norma E 060 se define como la composición de cemento, agregados finos, gruesos y agua, que puede incluir aditivos. El concreto se obtiene de un diseño fundamentado en la selección y dosificación de los agregados mencionados, realizando una mezcla manejable en estado fresco, duradero y resistente al estado.

Con respecto al concreto fresco, se define a los materiales; cemento, agregados finos y gruesos, agua, aditivos y aire forman una mezcla manejable y homogénea. En este estado, se puede manejar correctamente llenando el encofrado y espacios del acero de refuerzo.

Con respecto a la trabajabilidad del concreto, esto se define como la dificultad más o menos grande de mezclar, transportar, colocar y compactar el concreto. La evaluación es relativa, porque es hormigón que puede manejarse en ciertas condiciones de instalación. (Pasquel, 1998).

La trabajabilidad del concreto se mide con el "SLUMP" o el asentamiento con el cono Abrams, porque esto permite el cálculo numérico de esta propiedad del concreto, pero es más una prueba de la uniformidad que la trabajabilidad.

El concreto endurecido es el que se encuentra en la etapa una vez fraguado, donde el concreto adquiere resistencia y forma el molde, que aguanta grandes esfuerzos de compresión.

Los agregados en el concreto deben cumplir los requisitos descritos en la NTP relevantes y se usan siempre que lo prueben las pruebas y experiencias de trabajo, que producen concreto con la resistencia y durabilidad requerida. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009).

Según Paz (2018), resalto que "El grafeno es una forma alotrópica del carbono, de estructura molecular de dos dimensiones constituido en una forma de red hexagonal tipo un panel de abeja, cuyo espesor es la de un átomo" (p. 7)

## **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de Investigación**

#### **3.1.1. Aplicada.**

Lozada (2014) dice que la investigación aplicada tiene como meta reproducir el conocimiento aplicándolo directamente a las dificultades de la sociedad o del sector productivo. Atendiendo principalmente resultados técnicos de los estudios básicos.

Valderrama (2015) Con respecto a la investigación, argumenta basado en la investigación teórica; cuyo objetivo específico es utilizar teorías existentes para crear estándares y procedimientos técnicos así controlar situaciones o procesos en la realidad (p. 39).

En consecuencia, según la finalidad esta investigación es de tipo aplicada donde buscamos optimizar propiedades mecánicas del concreto con la incorporación del grafeno.

#### **3.1.2. Cuantitativa.**

Con esta investigación experimental, Hernández, Fernández y Baptista (2014) confirman: En estudios cuantitativos, el proceso es secuencial: inicia una idea que es limitada, definiendo, los objetivos y las preguntas están establecidos. Se realiza una revisión de la literatura y se construye la perspectiva teórica. Luego se analizan los objetivos, las preguntas y las respuestas preliminares se traducen en hipótesis (plan de investigación) y se determina una muestra. Finalmente, los datos recopilados con uno o más instrumentos de medición examinados (principalmente mediante análisis estadístico) se informan los resultados (págs. 16-17).

Es decir, de acuerdo al enfoque la investigación es cuantitativa, porque se recoge y estudia los datos numéricos de las variables antes y después de incorporar el grafeno que permita mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

### 3.1.3. Descriptivo

La metodología a demostrar la hipótesis es descriptiva porque según Borja (2012) se investigan y determinan las propiedades y características sobresalientes de estudio, como concreto, probetas viviendas u otro fenómeno que se desea estudiar (p.13).

### 3.1.4. Experimental

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no probada, bajo condiciones estrictamente controladas, para escribir cómo o por qué ocurre una situación o evento en particular" (Tamayo, 2004, p. 47).

## 3.2. Variables y operacionalización:

### 3.2.1. Variable independiente Grafeno

**Definición conceptual.** Paz (2018) señaló que "El grafeno es una forma alotrópica de carbono, donde su estructura molecular es la de un cristal bidimensional organizado en una red hexagonal similar al panal de abeja, cuyo grosor es un átomo" (p. 7).

**Definición operacional.** Se diseñaron mezclas de concreto de  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> con grafeno en proporciones 0.03% 0.05%, 0.10% y 0.15 % peso del cemento que incluye al patrón que no tiene grafeno.

### 3.2.2. Variable Dependiente (Propiedades mecánicas del concreto)

**Definición conceptual** Es la compresión de las muestras (piezas de prueba) entre dos placas planas, aplicando una fuerza uniformemente distribuida; Prensa (FORNEY, 2009, p. 245).

**Definición operacional.** La resistencia del concreto  $f'c = 245$  kg / cm<sup>2</sup> se calculó en cuatro niveles de dosificación en comparación con el tratamiento estándar y se realizó de acuerdo con los protocolos de los estándares ASTM. Se probaron con piezas de prueba cilíndricas de 10 x 20 cm, utilizando Sol-cemento tipo I.

El asentamiento del concreto se evaluó para ver la trabajabilidad del concreto en Pulg.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población y muestra**

##### **3.3.1.1. Población**

Valderrama (2015), considera que está conformado por seres o cosas con características comunes y que puede ser observables (p. 182).

En este caso la población consiste en todos los ensayos de concreto  $f'c = 245 \text{Kg/cm}^2$ , que se diseñó usando el cemento Portland tipo I y materiales de cantera de trapiche, dentro del cual se evalúan el esfuerzo a compresión

##### **3.3.1.2. Muestra**

La muestra se considera como un soporte principal que representa a toda la población, por lo tanto, trata de reflejar todas las características posibles para un análisis posterior y, por lo tanto, se considera una muestra representativa.

Para este estudio, se utilizó la muestra deliberada del tipo no probabilístico considerando que contamos y conocemos la población. Según Carrasco (2015, p. 243), la prueba es lo que el investigador elige según sus propios criterios, sin contar con ninguna regla estadística o matemática.

Al respecto Peñafiel (2016) en su investigación “Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino” menciona, su estudio son probetas cilíndricas de hormigón, lo cual no puede cuantificar el universo. Con la finalidad de obtener los mejores resultados que aporten confiabilidad. según norma ASTM C192 se elaboró y ensayo a compresión tres probetas de hormigón sin vidrio y tres probetas por cada porcentaje de vidrio molido adicionado a la mezcla, esto para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente, teniendo un total de 45 muestras.



Para esta investigación, se consideraron 3 probetas de ensayo para cada tratamiento con aditivos de grafeno, que se analizaron en laboratorio a los 7, 14 y 28 días de edad. Originando 45 probetas de ensayo en total.

Valderrama (2015) indica que la muestra es un grupo representado por la población (p. 183).

En el estudio realizado se considera no probabilística de tal manera que la muestra estará conformada por los ensayos de comportamiento mecánico a compresión para edades 7, 14 y 28 días. El diseño de mezclas será de  $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .

El tamaño de muestra para el experimento del diseño del concreto será de 45 unidades clasificadas en dos ensayos las cuales son:

- Ensayo de asentamiento
- Ensayo de resistencia a la compresión

Los ensayos serán briquetas cilíndricas de 4" cm x 8". La que se encuentra contemplada en la Norma E 060. De acuerdo a la nueva norma de ACI 318.08. corresponde un ensayo de resistencia a la media de tres probetas de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura evaluados a 28 días.

*Tabla 1. Cantidad de probetas ensayados en el laboratorio (tamaño muestra)*

PRUEBA	CONCRETO PATRON			CONCRETO +0.03% DE GRAFENO			CONCRETO +0.05% DE GRAFENO			CONCRETO +0.10% DE GRAFENO			CONCRETO +0.15% DE GRAFENO		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
RESITENCIA COMPRESION (REPETICIONES)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TOTAL															45

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. 3.Técnicas**

“En la investigación se constituye un tipo de evento al que nos integramos con fines de evaluar el evento en estudio. Según lo que se pretende investigar se definen las diversas técnicas” (Bernal, 2010, p. 192).

El estudio actual considera la evaluación bibliográfica y la observación de campo, que serán evaluadas de acuerdo a (NTP).., se realizarán pruebas de laboratorio en los materiales que se utilizarán, así como en el concreto, con y sin aditivos de grafeno, para determinar la influencia del grafeno en sus propiedades.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Según Pineda, Alvarado y Canales (1994, pg. 125), El "instrumento" que se usa para recoger y registrar los datos conseguidos.

Para el ensayo de compresión se prosiguieron con los formatos de acuerdo a protocolo de acuerdo a las normas del ASTM C39. Así mismo; con el diseño de mezcla ACI-211..

Según Pineda, Alvarado y Canales (1994, pg. 125), El "instrumento" es la herramienta que se usa para registrar y recolectar los datos obtenidos.

“Nos permite fijar datos observables que representan de forma veraz las variables que se consideran en el estudio” (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p. 199).

Para procesar los datos será en Excel y SPSS. Los resultados o sumas promedio se mostrarán la información en forma de gráficos, figuras, tablas estadísticas, tablas de resumen, entre otros.

#### **3.4.3. Validez**

Asimismo, Hernández, et al. 2014 “indica que se refiere a los resultados que se logran en la aplicación” (p. 201).

Esta investigación está basada de acuerdo a normas estandarizados ASTM C39 para ensayos de resistencia a la compresión.

Los instrumentos de la investigación están validados por juicio de expertos quienes son los encargados de dar su punto de vista favorable.

Según Kerlinger, F. (2002), definió que la validez es la categoría que un instrumento en la realidad, mide la variable que se indaga a validar.

La validación se sustenta por el uso de equipos calibrados de acuerdo con las normas mencionadas, pues al haber sido elaborado por especialistas calificados altamente y a su vez utilizando formatos estándar por MTC Y NTP.

#### **3.4.4. Confiabilidad del Instrumento**

Hernández, et. al. (2014) dice que la confianza del instrumento “Está vinculado con la aplicación y relación de los resultados obtenidos” (p. 200).

Es confiable el instrumento ya que se adecua a las necesidades de registro de datos en la investigación

Los ensayos de laboratorio se realizaron; empresa INGEOCONTROL siendo parte del grupo de miembros más grande a nivel internacional, de American Society for Testing Materials (ASTM International) que se encuentra certificada y son totalmente confiables.

Para realizar los análisis de las respuestas logrados de ensayos de laboratorio se podrá utilizar porcentajes, tablas, gráficos y etc. que permitirá a explicar de una manera objetiva los resultados

### **3.5. PROCEDIMIENTO**

Para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación se llevaron los siguientes procedimientos que comprenden desde la toma de muestra de los agregados, cemento, agua, la adquisición de grafeno, ensayos de laboratorio, procesamientos de resultados, análisis estadístico y finalmente de acuerdo a los resultados y los antecedentes y teorías relacionados al tema se concluyó y recomendó. En la obtención del grafeno tuvimos un inconveniente en al adquisición del grafeno por

que el material no se encontro en el peru tuvimos que impórtalo desde México razón por la cual no pudimos culminar durante el año 2019.

### **3.5.1. 3.5.1 OBTENCIÓN DE MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN**

### **3.5.2. OBTENCIÓN DE AGREGADO**

Para realizar la presente tesis, se adquirió de la una empresa proveedora de agregados, que traslado los materiales desde el sector Trapiche. Se trasporto los agregados al laboratorio en sacos rotulados, perfectamente cerrados para evitar la pérdida y su contaminación.

#### **Obtención de Grafeno**

El grafeno se importó de México, cuya dirección se encuentra en.Álvaro Obregón, del Grupo Empresarial CUGAG S.A. de C.V. que es una compañía que ofrece Graphene oxide y graphene.

#### **Obtención de Agua**

Se empleó agua potable; servicio de agua potable y alcantarillado SEDAPAL. Porque se encuentra especificada en la norma E 060 donde se menciona, porque presenta las mejores condiciones.

### **3.5.3. UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE ENSAYOS**

La investigación se Titulada “Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ,” se realizó en el laboratorio de la Empresa INGEOCONTROL S.A.C. (INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD), ubicado en la Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo Naranjal 2da etapa - SMP - Lima San Martín de Porres.

A continuación, mostramos en la tabla 2 de manera general todo el proceso desarrollado, donde cada etapa se mostrará descritas en el Anexo 4.

Tabla 2. Programa de actividades

PASO	ACTIVIDAD	NORMA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DIAS
1	OBTENCION DE AGREGADOS	• NTP 400.010: 2001	OBTENCION DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	3
			OBTENCION CEMENTO	
			OBTENCION DE GRAFENO	
		Norma e 060	AGUA POTABLE	
2	ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS AGREGADOS	• NTP 400.012: • NTP 400.018: 1977	GRANULOMETRIA	3
		NTP 400.037 / ASTM C-33	ANALISIS DE PESO UNITARIO	
		(NTP 400.021 - ASTM C127 - 15)	PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO	
		(NTP 400.022 - ASTM C128 - 15)	PESO ESPECIFICO AGREGADO Fino	
		(NTP 339.185 - ASTM C566-19).	CONTENIDO DE HUMEDAD Y PORCENTAJE DE ABSORCION	
3	DISEÑO DE MEZCLA METODO ACI 211	American Concrete Institute (ACI)	ELABORACION DE MEZCLA DEL CONCRETO	1
4	ELABORACION DE CONCRETOS CON DIFERENTES DOSIS DE GRAFENO		PESADO DE AGREGADOS, CEMENTO, AGUA Y GRAFENO SEGÚN CALCULOS DE DISEÑO	1
			ELABORACION DE LAS MEZCLAS POR TRATAMIENTO	
			-T0: CONCRETO PATRON (F'c = 245 Kg/cm <sup>2</sup> )	
			-T1: CONCRETO PATRON + 0.03 % GRAFENO	
			-T2: CONCRETO PATRON + 0.05 % GRAFENO	
			-T3: CONCRETO PATRON + 0.10 % GRAFENO	
			-T4: CONCRETO PATRON + 0.15 % GRAFENO	
5	PRUEBA DE TRABAJABILIDAD (ENSAYO DEL CONO DE HABRAMS)	ASTM 143 Y NTP 339.035	ENSAYO DE CONCRETO FRESCO	1
6	PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO	(NTP 339.034 - ASTM 39M)	- 7 DIAS	28
			- 14 DIAS	
			- 28 DIAS	
7	DESCRIPCION DE RESULTADOS		TRABAJOS DE GABINETE, ANALISIS ESTADISTICO, DISCUSION DE RESULTADOS EN BASE AL SUSTENTO TEORICO Y LOS OBJETIVOS Y CONCLUIR Y RECOMENDAR EN BASE A LOS RESULTADOS	14
	ANALISIS DE RESULTADOS			
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			
<b>TOTAL</b>				<b>50 DIAS</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Métodos de análisis de datos

“Es la forma como se realiza el procesamiento e interpretación de los mismos cuya tendencia genera conclusiones” (Córdoba, 2003, p.1).

Se interpreta los valores obtenidos, los cuales son confiables ya que permiten recoger la información que sin modificarlos o alterarlos. El procesamiento de los datos extraídos en laboratorio será ejecutado con el Excel o SPSS.

Para el análisis de datos obtenidos con los ensayos en laboratorio se realizará lo siguiente:

- Recolección de información: a través de la observación de los resultados de los ensayos de probetas.
- Cuadros y tablas comparativas elaboradas en Excel.
- Análisis estadístico a través del programa estadístico SPSS, donde se realizó las pruebas de Normalidad el análisis de ANOVA y la Prueba Tukey para la comparación de medias
- análisis en la resistencia a compresión de los concretos  $F'c=245\text{kg/cm}^2$ .

### 3.7. Aspectos éticos

La ética es la habilidad de las buenas prácticas y la relación entre investigadores y la sociedad y los temas de investigación. La ética científica en un sentido más exacto constituye en la aplicación de tres principios: honestidad, verdad y crédito al trabajo desarrollado.

Lo opuesto a la ética es el desarrollo de las malas prácticas en el proceso de investigación como son: El fraude que consiste en la acción que de modo intencional no constituye la verdad y se clasifica en tres:

- Fabricación de datos: inventar datos
- Falsificación de datos: manipular datos
- Plagio: representar trabajo de otros de forma intencional.

En consecuencia, nuestro trabajo de investigación se desarrollará en medio de la aplicación de las buenas prácticas, respetando los principios mencionados líneas arriba y teniendo en cuenta la normativa como la Resolución del vicerrectorado de investigación W 008-2017- VI/UCV y los protocolos establecidos **según** ISO 690 y 690.

## IV.RESULTADOS

### 4.1. Recopilación de información.

#### 4.1.1. Planteamiento experimental.

Este trabajo de estudio consiste en evaluar el efecto de grafeno como aditivo nanotecnológico con 5 tratamientos que incluye al patrón de  $F'c=245\text{kg/cm}^2$  de 0.00%, 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15% cuya finalidad es estudiar que efecto tiene el aditivo grafeno en el mejoramiento de la trabajabilidad y la resistencia del concreto.

#### 4.1.2. 4.1.2 Características de los materiales y componentes.

los materiales y componentes utilizados en esta investigación fueron:

- **Cemento Nacional Tipo I:** De acuerdo a la norma técnica peruana NTP. 334.009 y la norma ASTM C-150 el cemento utilizado fue el cemento Sol Tipo I, por cuanto se puede fabricar concretos de alta resistencia a la compresión como el caso de nuestra investigación.
- **Agregados Naturales: Los agregados naturales fueron adquiridos** de la Ferretería Silva S.A.C. la cual provienen de la Cantera Trapiche – Puente Piedra. Todos los agregados serán ensayados en el laboratorio de la Empresa INGEOCONTROL S.A.C. (INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD), ubicado en la Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo Naranjal 2da etapa - SMP - Lima San Martín de Porres. con el propósito medir sus características físicas de acuerdo a norma NTP, las que finalmente se utilizarán los datos para diseñar la mezcla del concreto de acuerdo al método ACI 211.
- **Agua:** En los diseños de mezcla se empleó el agua potable de la red de agua potable de SEDAPAL. Porque se encuentra especificada en la norma E 060

donde se menciona que el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable, porque presenta las mejores condiciones en la preparación del concreto puesto que los ácidos y sales se encuentren dentro de los valores máximos admisibles

### 4.1.3. DATOS DE LABORATORIO

#### Propiedades físicas de los agregados

De acuerdo a los ensayos de laboratorio el resultado obtenido se presenta en la tabla 3 y se encuentran dentro de los estándares solicitados de las normas ASTM y NTP.

*Tabla 3. Características físicas de los materiales obtenidos en laboratorio*

INSUMO	PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	HUMEDAD (%)	ABSORCION (%)	MODULO DE FINEZA	P.U SUELTO	P.U COMPACTADO
AGREGADO FINO	2783	0.4	1.7	2.9	1518	1776
AGREGADO GRUESO	1742	2.2	0.9	8.83	1485	1576
CEMENTO SOL TIPO I	3110	-	-	-	-	-
GRAFENO	2267	-	-	-	-	-
AGUA	1000	-	-	-	-	-

*Fuente: Elaboración propia*

Según el módulo de finura del agregado fino se obtuvo 2.9, y este valor cumple con lo especificado por la norma técnica que se encuentra entre 2.3 – 3.1, por lo que el resultado es el más adecuado para el concreto de alta resistencia.

En el agregado grueso se observa el contenido de la humedad tiene el valor de 2.2%. cuyo resultado está en función del clima y las características de almacenamiento del material que se encuentra al aire libre.



De acuerdo a la resistencia de la absorción de un 0.9% se observa que cumple con la norma que indica un máximo de 50% de desgaste. Así mismo éste número nos indica que el agregado grueso tiene buena calidad para el uso.

#### 4.2. Cálculos de diseño de mezclas.

se realizaron 5 diferentes tipos de diseños de mezclas que incluye al patrón. El método utilizado fue el ACI 211. Que fue elaborado teniendo en consideración los datos obtenidos en la Tabla N° 04 y los cálculos realizados según detalle en el anexo 04.

Tabla 4. Dosificación de los materiales de mezcla por m<sup>3</sup> para los tratamientos: patrón y con aditivo de grafeno de 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15 % de grafeno

DISEÑO	MATERIALES	PESO HÚMEDO	PROPORCIONES
CONCRETO PATRON	CEMENTO SOL TIPO I (kg)	431	1
	AGUA EFECTIVA (L)	220	21.7 Lf bolsa
	AGREGADO FINO (Kg)	827	1.9
	AGREGADO GRUESO (Kg)	851	1.99
	GRAFENO (gr.)	0	0.00
	RELACION (a/c)	0.51	-
CONCRETO + 0.03% GRAFENO	CEMENTO SOL TIPO I (kg)	431	1
	AGUA EFECTIVA (L)	220	21.7 Lf bolsa
	AGREGADO FINO (Kg)	827	1.9
	AGREGADO GRUESO (Kg)	851	1.99
	GRAFENO (gr.)	130	0.01
	RELACION (a/c)	0.51	-
CONCRETO + 0.05% GRAFENO	CEMENTO SOL TIPO I (kg)	431	1
	AGUA EFECTIVA (L)	220	21.7 Lf bolsa
	AGREGADO FINO (Kg)	827	1.9
	AGREGADO GRUESO (Kg)	851	1.99
	GRAFENO (gr.)	217	0.02
	RELACION (a/c)	0.51	-
CONCRETO + 0.10% GRAFENO	CEMENTO SOL TIPO I (kg)	431	1
	AGUA EFECTIVA (L)	220	21.7 Lf bolsa
	AGREGADO FINO (Kg)	827	1.9
	AGREGADO GRUESO (Kg)	851	1.99
	GRAFENO (gr.)	430	0.04
	RELACION (a/c)	0.51	-
CONCRETO + 0.15% GRAFENO	CEMENTO SOL TIPO I (kg)	431	1
	AGUA EFECTIVA (L)	220	21.7 Lf bolsa
	AGREGADO FINO (Kg)	827	1.9
	AGREGADO GRUESO (Kg)	851	1.99
	GRAFENO (gr.)	647	0.06
	RELACION (a/c)	0.51	-

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 muestra la cantidad de materiales por cada diseño de mezcla a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto, los cuales fueron calculados de acuerdo a los diseños de mezcla. También se muestra que la variación en cada diseño solo se modifica la cantidad de porcentaje de grafeno en cada diseño.

#### 4.3. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco

Tabla 5 . Resultados del asentamiento del concreto

TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO (SLUMP)	SLUMP (pulg)	SLUMP (%)
CONCRETO PATRON	4 1/4"	100.0
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	4 1/4"	100.0
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	4 3/4"	111.8
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	5 1/2"	129.4
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	5 3/4"	135.3

Fuente: Elaboración propia

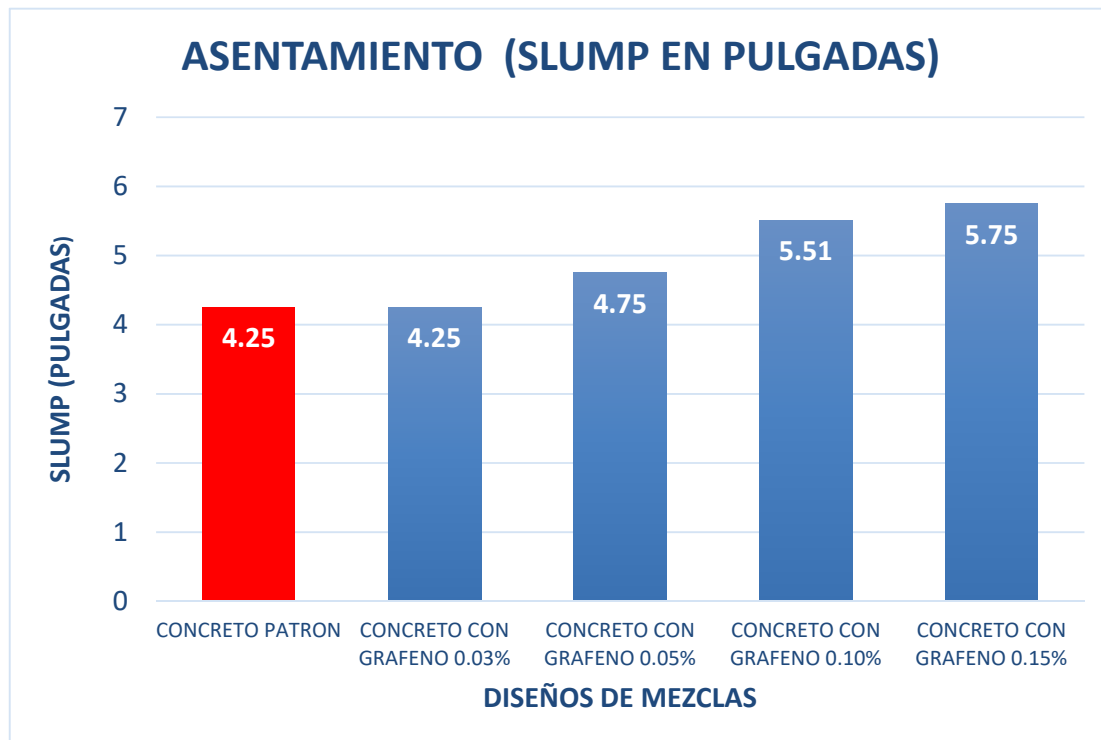


Figura 3. Grafico comparativo del asentamiento en kg/cm<sup>2</sup> del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno.

Fuente: Elaboración propia

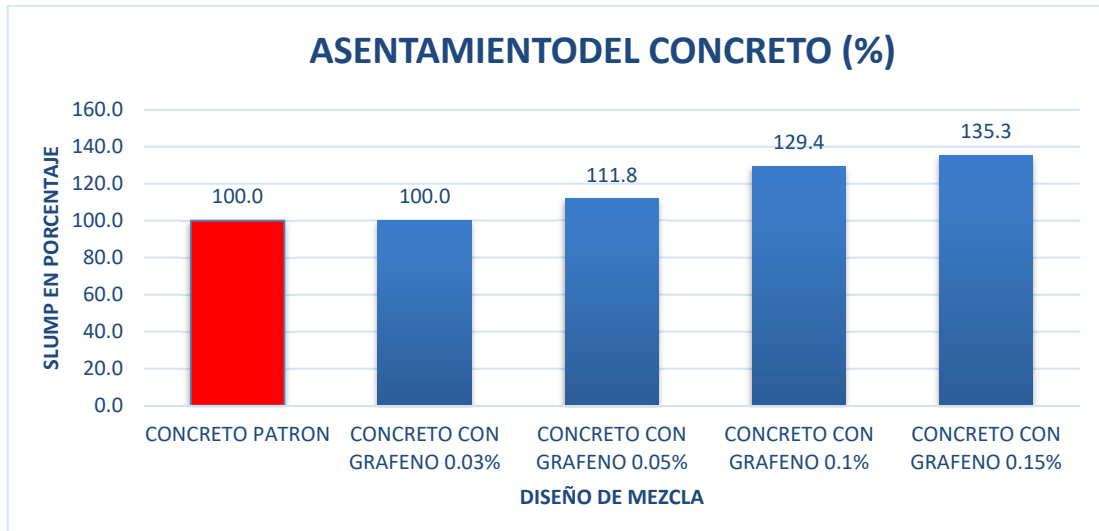


Figura 4. Grafico comparativo del asentamiento en porcentaje del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Figura N° 04, la trabajabilidad de los diseños de concreto elaborados aumenta conforme aumenta la dosificación del grafeno, siendo similares en el caso del concreto patrón y el concreto con grafeno de 0.03% de grafeno siendo los valores superiores a 4" que fueron establecidos de acuerdo al diseño del concreto. Mientras que en los otros tratamientos aumenta porcentualmente en 11.8%, 29.4% y 35.3% respectivamente, en relación a los tratamientos con grafeno de 0.05%, 0.10% y 0.15%.

#### 4.4. Ensayos de la resistencia a la compresión

De acuerdo a los ensayos de rotura de probetas realizados para conocer las resistencias a las edades de 7, 14 y 28 días de cada tratamiento se muestran los en

las tablas xxx. Los resultados se encuentran establecidos en la norma NTP 339.034 y ASTM C39 / C39M-18.

*Tabla 6. Resultado de los ensayos de resistencia a los 7 días*

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras de concreto cilíndrico ASTM C39 / C39M-18.

IDENTIFICACIÓN	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
CONCRETO PATRON	7	10.14	20.00	4	1.97	15927.0	197 kg/cm <sup>2</sup>	80.5%
CONCRETO PATRON	7	10.12	20.00	1	1.98	16425.0	204 kg/cm <sup>2</sup>	83.3%
CONCRETO PATRON	7	9.89	20.00	4	2.02	15255.0	199 kg/cm <sup>2</sup>	81.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	7	9.91	20.00	6	2.02	18126.0	235 kg/cm <sup>2</sup>	95.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	7	9.88	20.00	2	2.02	18186.0	237 kg/cm <sup>2</sup>	96.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	7	10.04	20.00	2	1.99	18982.0	240 kg/cm <sup>2</sup>	97.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	7	10.11	20.00	4	1.98	19186.0	239 kg/cm <sup>2</sup>	97.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	7	9.92	20.00	2	2.02	18162.0	235 kg/cm <sup>2</sup>	95.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	7	10.14	20.00	1	1.97	19645.0	243 kg/cm <sup>2</sup>	99.3%
CONCRETO CON GRAFENO 0.10%	7	10.25	20.00	1	1.95	20133.0	244 kg/cm <sup>2</sup>	99.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.10%	7	10.00	20.00	1	2.00	19345.0	246 kg/cm <sup>2</sup>	100.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.10%	7	10.20	20.00	1	1.96	19974.0	244 kg/cm <sup>2</sup>	99.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	7	10.19	20.00	2	1.96	19735.0	242 kg/cm <sup>2</sup>	98.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	7	10.17	20.00	4	1.97	19414.0	239 kg/cm <sup>2</sup>	97.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	7	9.98	20.00	6	2.00	19556.0	250 kg/cm <sup>2</sup>	102.0%

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019.*

En la tabla N° 6, se muestran los resultados de probetas a los 7 días de curado con tres repeticiones por tratamiento, donde se observa que tratamiento patrón llega en promedio al 82% de la resistencia requerida de F'c =245Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los tratamientos con grafeno llegan casi al 100% de la resistencia requerida. Así mismo, se observa que esta etapa del concreto existe una mayor diferencia con respecto al patrón que en promedio llega casi al 20.6% .

Tabla 7. Resultado de los ensayos de resistencia a los 14 días

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras de concreto cilíndrico ASTM C39 / C39M-18

IDENTIFICACIÓN	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
CONCRETO PATRON	14	9.90	20.00	1	2.02	19783.0	257 kg/cm <sup>2</sup>	104.9%
CONCRETO PATRON	14	9.90	20.00	3	2.02	19860.0	258 kg/cm <sup>2</sup>	105.3%
CONCRETO PATRON	14	10.00	20.00	3	2.00	20655.0	263 kg/cm <sup>2</sup>	107.3%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	14	10.01	20.00	1	2.00	21956.0	279 kg/cm <sup>2</sup>	113.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	14	10.00	20.00	3	2.00	21945.0	279 kg/cm <sup>2</sup>	114.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	14	10.20	20.00	3	1.96	23369.0	286 kg/cm <sup>2</sup>	116.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	14	10.10	20.00	2	1.98	23234.0	290 kg/cm <sup>2</sup>	118.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	14	10.00	20.00	5	2.00	23404.0	298 kg/cm <sup>2</sup>	121.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	14	10.16	20.00	5	1.97	24321.0	300 kg/cm <sup>2</sup>	122.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	14	10.20	20.00	2	1.96	24840.0	304 kg/cm <sup>2</sup>	124.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	14	10.00	20.00	2	2.00	23654.0	301 kg/cm <sup>2</sup>	122.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	14	10.30	20.00	2	1.94	25746.0	309 kg/cm <sup>2</sup>	126.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	14	9.95	20.00	3	2.01	23404.0	301 kg/cm <sup>2</sup>	122.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	14	10.15	20.00	5	1.97	24112.0	298 kg/cm <sup>2</sup>	121.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	14	9.74	20.00	1	2.05	22576.0	303 kg/cm <sup>2</sup>	123.7%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En la tabla N° 7, se muestran los resultados de probetas a los 14 días de curado con tres repeticiones por tratamiento, donde se observa que tratamiento patrón llega en promedio al 106% de la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{Kg/cm}^2$ , mientras que los tratamientos con grafeno aumentan su resistencia conforme se aumenta la dosificación del grafeno. Así mismo, se observa que esta etapa que el tratamiento 0.10% de grafeno es que tiene el valor que supera en términos porcentuales de 17.5%, mientras el tratamiento con 0.15% de grafeno llega 15.9% ambos comparados en relación al patrón.

Tabla 8. Resultado de los ensayos de resistencia a los 28 días

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras de concreto cilíndrico ASTM C39 / C39M-18

IDENTIFICACIÓN	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
CONCRETO PATRON	28	10.14	20.00	4	1.97	23822.0	295 kg/cm <sup>2</sup>	120.4%
CONCRETO PATRON	28	10.16	20.00	5	1.97	23511.0	290 kg/cm <sup>2</sup>	118.4%
CONCRETO PATRON	28	9.97	20.00	4	2.01	23342.0	299 kg/cm <sup>2</sup>	122.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	28	9.93	20.00	4	2.01	24783.0	320 kg/cm <sup>2</sup>	130.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	28	10.17	20.00	3	1.97	25669.0	316 kg/cm <sup>2</sup>	129.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	28	10.16	20.00	3	1.97	26835.0	331 kg/cm <sup>2</sup>	135.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	28	9.99	20.00	2	2.00	26258.0	335 kg/cm <sup>2</sup>	136.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	28	10.07	20.00	2	1.99	27078.0	340 kg/cm <sup>2</sup>	138.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	28	10.10	20.00	2	1.98	26439.0	330 kg/cm <sup>2</sup>	134.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	28	9.96	20.00	3	2.01	26879.0	345 kg/cm <sup>2</sup>	140.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	28	10.10	20.00	5	1.98	27400.0	342 kg/cm <sup>2</sup>	139.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	28	10.13	20.00	5	1.97	28208.0	350 kg/cm <sup>2</sup>	142.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	28	10.17	20.00	3	1.97	27862.0	343 kg/cm <sup>2</sup>	140.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	28	10.16	20.00	3	1.97	27483.0	339 kg/cm <sup>2</sup>	138.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	28	9.74	20.00	1	2.05	25407.0	341 kg/cm <sup>2</sup>	139.2%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En la Tabla N° 8, se muestran los resultados de probetas a los 28 días de curado con tres repeticiones por tratamiento, donde se observa que tratamiento patrón llega en promedio al 120% de la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que los tratamientos con grafeno aumentan progresivamente conforme se aumenta la dosificación del grafeno, donde el tratamiento de 0.10% de grafeno alcanza a valor de 140% con respecto a la resistencia requerida. Así mismo, se observa que el tratamiento de 0.15% de grafeno tiene 139% en relación a la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 9. Comparación de resistencias promedio en el tiempo

TRATAMIENTOS	RESISTENCIA EN Kg/cm <sup>2</sup>			INCREMENTO EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL PATRON			
	7	14	28	7	14	28	PROMEDIO EN (%)
CONCRETO PATRON	200.0	259.3	294.7				
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	237.3	281.5	322.3	18.7%	8.5%	9.4%	12.2%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	239.1	296.0	335.0	19.5%	14.1%	13.7%	15.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.10%	244.9	304.7	345.7	22.5%	17.5%	17.3%	19.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	243.7	300.7	341.0	21.8%	15.9%	15.7%	17.8%
PROMEDIO SIN CONSIDERAR EN PATRON	241.2	283	327	20.6%	14.0%	14.0%	16.2%

En la Tabla N° 09, tenemos los resultados promedio de las probetas sometidas a ensayos de resistencia a compresión que corresponde a los 5 tratamientos: Patrón (sin grafeno), 0.03%, 0.05% 0.10% y 0.15 % de grafeno, las cuales fueron evaluadas a los 7, 14 y 28 días, donde se observa el aumento de resistencia conforme aumenta la dosificación del grafeno. La evaluación a los 7 días indica que el efecto del grafeno tiene efecto positivo en el mejoramiento de la resistencia del concreto, donde se observa que los valores llegan al promedio casi al 100% de la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  mientras que tratamiento patrón llega a l 80% de la resistencia requerida

También en tabla N° 09, se muestran los resultados promedios de probetas a los 28 días de curado con tres repeticiones por tratamiento, donde se observa que tratamiento patrón llega en promedio al 120% de la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que los tratamientos con grafeno aumentan progresivamente conforme se aumenta la dosificación del grafeno, donde el tratamiento de 0.10% de grafeno alcanza a valor de 140% con respecto a la resistencia requerida. Así mismo, se observa que el tratamiento de 0.15% de grafeno tiene 139% en relación a la resistencia requerida de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ .

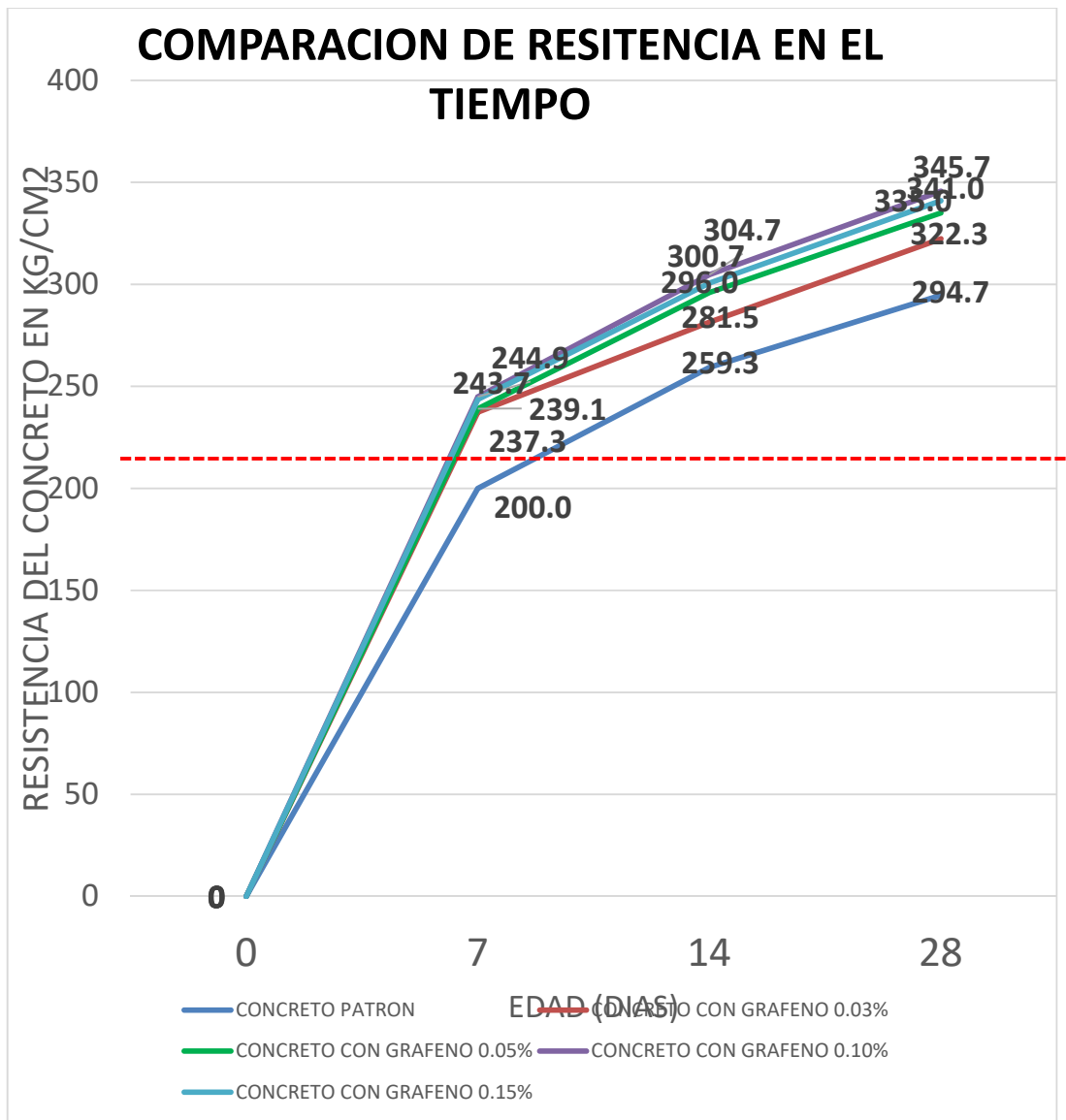


Figura 5. Grafico comparativo de resistencia del concreto en el tiempo del diseño patrón vs diseño con adición de porcentajes de grafeno.

**Fuente** Elaboración propia

De acuerdo a las pruebas de normalidad a través de la prueba Shapiro Wilk muestran que los datos tienen medias con un comportamiento paramétrico a las



edades de 7, 14 y 28 Los detalles se observan en el anexo 4. a los 7 días, tabla 14, a los 14 días tabla 19 y a los 28 días tabla 24.

La prueba ANOVA realizadas a los 7, 14 y 28 días muestran que la hipótesis alternativa se acepta, es decir que la incorporación de grafeno incrementa el esfuerzo a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días en todos los casos. En el caso de los 7 días tiene una significancia de (0.000) siendo este menor de 0.05, teniendo un valor de  $F = 75.742$  por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que es la incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ . En los casos caso de los 14 días y 28 día tienen un comportamiento similar, cuyo resultados se muestran en las **tablas 15, 20 y 24** del anexo 4.

Las pruebas HSD Tukey de comparaciones múltiples de la resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ ) a los 7 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.03%) y los DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%, 0.10%, y 0.15%) estos diseños presentan una Sig. (0.980), (0.187) y (0.296), estos resultados son mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. Así mismo observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.03%) y el DISEÑO DE ADICION (Concreto patrón), si tienen diferencias entre las pruebas realizadas debido a que su significancia es menores que (0.05). tabla 16 del anexo 4

En la evaluación de comparaciones múltiples HSD Tukey de la resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ ) a los 14 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.05%) y el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.10% y 0.15%) debido a que estos diseños presentan una Sig. (0.124) y (0.611), estos resultados son mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. Así mismo observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%) y los DISEÑOS DE ADICION (Concreto con grafeno 0.03% y el concreto patrón), si tienen diferencias

entre las pruebas realizadas debido a que sus significancias son menores que (0.05). tabla 21 del anexo 4

En la evaluación de comparaciones múltiples HSD Tukey de la resistencia (kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.03%) y el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%) debido a que este diseño presenta un Sig. (0.068) y a la vez este resultado es mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. En este contexto observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.03%) y los DISEÑOS DE ADICION (Concreto con grafeno 0.10%, 0.15% y el concreto patrón), si tienen diferencias entre las pruebas realizadas debido a que sus significancias son menores que (0.05). tabla 26 del anexo 4.

## V.DISCUSIÓN

A partir de los resultados encontrados y las pruebas estadísticas de normalidad realizadas a los 7, 14 y 28 días se establece que se acepta la hipótesis alternante que indica que la incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ . Así mismo se acepta la hipótesis alternante con respecto a la trabajabilidad.

Estos estudios guardan relación con el trabajo realizado por Bartra (2019) en su tesis "Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , Tarapoto, 2018" donde concluyó que el grafeno mejoró la resistencia del concreto, habiendo comparado el concreto estándar con las de dosis de grafeno de: 1.00%, 1.50% y 2.00% en peso del cemento. Donde a los 28 días de edad concluye que mejora la resistencia en 10.79%, 11.30% y 17.36% con respecto al patrón. Así mismo menciona que los resultados del efecto de la resistencia se aceleran a edad temprana. Finalmente, respecto a la trabajabilidad menciona que sube en 2.8% con respecto al estado fresco. En relación a nuestra investigación teniendo como patrón el concreto  $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$  se observa que existe mejoramiento de la resistencia del concreto a los 28 días en 9.4%, 13.7%, 17.3% y 15.7% mayor a la resistencia comparadas al patrón, teniendo mejores resultados en tratamiento con 0.10% de grafeno

También los estudios realizados por Ccopa (2017), donde estudió los efectos de un aditivo nanotecnológico con óxido de grafeno en las propiedades del concreto fresco y endurecido concluyó que el óxido de grafeno tiene efectos positivos en el mejoramiento de las propiedades del concreto estándar medidos a los 28 días de edad del concreto de  $f'c= 210 \text{ kg / cm}^2$ . En términos cuantitativos concluye que encontró un 26% mayor en el incremento de la media general de los tratamientos con óxido de grafeno en relación al patrón. Sin embargo, el mejor resultado se encuentra a los 7 días que es cuando existe un mayor crecimiento de resistencia a la compresión que el concreto estándar. Asimismo, menciona que aumenta la aceleración del tiempo de fragua, señalando que la dosis óptima de óxido de grafeno es de 0.5% que corresponde a un valor de resistencia del concreto de

f'c 248 kg/cm<sup>2</sup>, medidos a los 28 días de edad. Del mismo modo indica que a mayor porcentaje de óxido de grafeno los efectos no significativos, pues la resistencia a la compresión disminuye. Finalmente indica que la trabajabilidad del concreto aumenta, ya que obtuvo valores de Slump de 4", 5.2", 5.3", 5.3" de los tratamientos 0%, 0.5%, 1% y 1.5% respectivamente. En referencia al trabajo de Ccopa nuestros resultados muestran incremento de 16.2% en la media general con respecto al tratamiento patrón en cuanto a la trabajabilidad se tiene resultados similares de crecimiento positivo en la trabajabilidad del concreto donde se observa un 0% 11.8%, 21.4% y 35.3% respecto al patrón, donde son similares el tratamiento patrón con la dosis de grafeno de 4 ¼" aproximadamente.

Del mismo modo a nivel internacional BABAK, ABOLFAZL, ALIMORAD y PARVIZ (2014) Investigaron el rendimiento del óxido de grafeno (GO) para mejorar las propiedades mecánicas de los compuestos de cemento. Para ello, además de óxido de grafeno usaron también un superplastificante de compuesto de policarboxilato para incrementar el esparcimiento de las escamas del óxido de grafeno en el cemento. Las proporciones utilizadas de óxido de grafeno fueron de 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2% de óxido de grafeno (GO) y 0.5% de superplastificante en relación al peso del cemento y se comparó con el estándar sin GO. Al respecto encontraron que la resistencia a la tracción del mortero de cemento aumentaba con el contenido de GO, alcanzando su mayor valor a un 1,5% del GO, llegando a un máximo de aumento del 48% de resistencia a la tracción, no obstante a una dosis de 2% disminuye el valor de la resistencia. Al respecto nuestra dosificación de 0.10 alcanza mayores valores en el incremento de la resistencia del concreto llegando su máximo valor 345.7 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad.

Del mismo modo en los estudios realizados por FANG et al (2017) en su tesis titulado "Effect of Graphene Oxide on Mechanical Properties of Recycled Mortar", donde evaluaron el efecto del óxido de grafeno (GO) sobre las propiedades mecánicas del mortero reciclado, encontraron mejoramiento en la fluidez del mortero y la resistencia del concreto reciclado comparando dosis de óxido de grafeno como aditivo de 0.00%, 0.05%, 0.10% y 0.20%, respecto al peso del cemento, donde mencionan que la trabajabilidad disminuye en 7.5%, 14.4% y 18.8% respecto al patrón. En lo referente a la resistencia del mortero reciclado, los

investigadores obtuvieron mejores resultados en el mortero reciclado con OG con respecto al patrón (sin GO), donde evaluaron a los 14 y 28 días, obteniendo en promedio incrementos de 16.4% 16.2% respectivamente respecto al patrón para el mortero reciclado que contiene 0.2%. Finalmente indicaron que los mecanismos de refuerzo pueden atribuirse al grado acelerado de hidratación del cemento, para mejor eficiencia de transferencia de carga, microestructura compacta y grietas refinadas. Al respecto nuestra investigación las dosis de óxido de grafeno estudiadas son casi similares en cuando a la dosificación de 0.05% y 0.10% tienen valores similares a nuestra investigación y en esas proporciones se logra una respuesta positiva a la aplicación de grafeno. Sin embargo, el efecto de la trabajabilidad disminuye con respecto al patrón de 7.5%,14.4% y 18.8% con respecto al patrón teniendo en cuenta al mortero reciclado.

## VI.CONCLUSIONES

- Nuestra investigación demuestra que la incorporación de Grafeno al concreto es de 16.2% con respecto al concreto patrón; en resistencia a compresión, mejora su consistencia y acelera su tiempo de fragua. La dosificación óptima para concreto es de 0.10% (del peso de cemento). Encontrándose mejores resultados con una dosis de 0.10 % de grafeno, habiéndose encontrado en la dosis de 0.15% de grafeno disminución de valores de resistencia
- La respuesta positiva de adición del grafeno al concreto es observar que existe una mayor velocidad de fragua ya que a los 7 días de edad los concretos con grafeno llegan a un promedio de 241.2 Kg/cm<sup>2</sup>. Es decir, la tesis manifestada por FANG (2017) Indica que los mecanismos de refuerzo pueden atribuirse al grado acelerado de hidratación del cemento, para mejor eficiencia de transferencia de carga, microestructura compacta y grietas refinadas.
- El concreto con grafeno mejora la trabajabilidad, subiendo de 4¼” a 5 ¾” en el ensayo de asentamiento.
- El grafeno mejora las propiedades físicas del concreto tanto en el estado fresco y seco. Sin embargo, a valores mayores su valor tiende a decrecer.

## VII.RECOMENDACIONES

- Recomendamos usar el grafeno con dosificaciones de 0.10% en concreto  $f'c = 245$  kg, ya que a esta cantidad la resistencia a la compresión es máxima y la velocidad de fraguado a los 7 días llega alcanzar casi el 100% de la resistencia requerida.
- Realizar más investigaciones sobre nanotecnología para así seguir creciendo como tecnología en la industria de la construcción.
- Teniendo referencia de BABAK, ABOLFAZL, ALIMORAD y PARVIZ (2014) que investigaron el rendimiento del óxido de grafeno (GO), donde adicionaron un aditivo adicional para dispersar el grafeno y lograr mayores aumentos en la resistencia del concreto.
- En referencia al aumento de la trabajabilidad del concreto, conforme aumenta la dosis de grafeno se debe realizar un estudio respecto a la cantidad de cemento agua y agregado ya que a dosis mayores disminuye el incremento de la resistencia.
- Realizar ensayos de permeabilidad al concreto propuesto  $f'c = 245$  kg  $cm^2$  con adición de grafeno, ya que su uso en estructuras de alta resistencia influirá mucho en la durabilidad de las construcciones.
- Realizar a la investigación respecto a la durabilidad del concreto en medios salinos ya que de acuerdo a los antecedentes el grafeno incrementa la durabilidad del concreto teniendo en cuenta que en condiciones de costa se tiene un alto porcentaje de áreas de construcción donde existe salitre.

## REFERENCIAS

1. ALKHATEB, Hunain, et al. Materials genome for graphene-cement nanocomposites. *Journal of Nanomechanics and Micromechanics*, 2013, vol. 3, no 3, p. 67-77.
2. ÁVILA y ROA . Evaluación del comportamiento en compresión de morteros reforzados con óxido de Grafeno y costos inherentes al proceso productivo de mezcla. Universidad de Especialidades de espíritu santo, Samborondon – Ecuador (2018)
3. APAZA MANGO, Victor Ángel; QUISPE MAMANI, Katherine Milagros. Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono. 2018.
4. BABAK, Fakhim, et al. Preparation and mechanical properties of graphene oxide: cement nanocomposites. *The Scientific World Journal*, 2014, vol. 2014.
5. FANG, Changle, et al. Effect of Graphene Oxide on Mechanical Properties of Recycled Mortar. *Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 274, p. 1-6.
6. PAZ. “Posibilidades del grafeno en la arquitectura”. Escuela técnica Superior de Arquitectura en Madrid - España. (2018).
7. OLARTE BULEJE, Zuly. Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. 2017.
8. NAJARRO y FORERO. Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. (2017).
9. POMA . Comparación de materiales compuestos a base de óxido de grafeno reducido para remover plomo de efluentes. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú. (2017).
10. CCOPA . Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto. Universidad Nacional del Altiplano – Perú. (2017).



11. LÓPEZ y PEÑA. Propiedades mecánicas de membranas de grafeno: consecuencias de la inducción controlada de defectos. Universidad Autónoma de Madrid – España. (2016).
12. GONZALES Nanocompósitos basados en homo - y copolímeros de polipropileno con grafeno y sílice, obtenidos por polimerización in situ, mezcla en estado fundido o uso de catalizadores soportados”. Universidad de Chile. (2015).
13. RUELAS PAREDES, Erick Christian. Uso de Pavimento Rígido Reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la Producción de Concreto. 2015.
14. MORALES. Propiedades mecánicas del concreto. (2014).
15. CAIRES (2019). Aplicación de óxido de grafeno reducido en argamasa cementosa para estudio de sus propiedades mecánicas”, Universidad Paulista Julio de Mesquita Filho, Brasil.
  
16. BERNAL . Metodología de la investigación. 3ra ed. Colombia, (2010). 106 pp. ISBN: 9789702606451
17. BORJA, M. Metodología para la investigación para ingenieros- Chiclayo 2012. 38 pp.
18. TAMAYO, Mario, et al. El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa, 2004. Pp 270
19. PEÑAFIEL CARRILLO, Daniela Alejandra. Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
  
20. BRODY, H. “Graphene,” Nature Outlook, Supplement to Nature, March 15, 2012, 483 (7389), March 15, 2012, Supplement pp S29–S44: <http://www.nature.com/nature/outlook/graphene/> [accedida Agosto 2012].
21. CABALLERO, Karen E. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. *Revista Prisma Tecnológico*, 2017, vol. 8, no 1, p. 18-23.

22. CORDOVA , Estadística descriptiva e inferencial. 5ta. Edición. Perú. (2003).  
Editorial Moshera SRL. ISBN: 9972-813-05-3
23. DE GUZMÁN, Diego Sánchez. Tecnología del concreto y del mortero.  
Pontificia Universidad Javeriana, 2001.
24. GOMA, F. El cemento portland y otros aglomerantes. Barcelona (1979). : s.n.
25. GEIM, A. K. and K. S. NOVOSELOV, “The raise of Graphene”, Nature  
materials, Vol. 6, March 2007, p. 183.
26. GEIM, A. K.; Kim, P. Carbon wonderland, Scientific American, April 2008,  
299, pp 90–97:  
[http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v298/n4/pdf/scientificameri  
can0408-90.pdf](http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v298/n4/pdf/scientificamerican0408-90.pdf) [accedida Agosto 2012].
27. HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA. Metodología de la investigación.  
México: Mcgraw-Hill interamericana EDITORES, (2014). ISBN:  
9781456223960.
28. La red 21(s.f.). El Grafeno se puede usar para hacer bloques de construcción  
más fuertes y ecológicos. Universidad de Exceter
29. MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2009)  
Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.060
30. MUÑOS, J. y FERNANDEZ, G. XXI Congreso Nacional de Ingeniería  
Mecánica. [ed.] Emilio Velasco Sanches, Miguíel Sanches Losano y Ramon  
Peral Orts. Madrid. (2016)
31. PÁEZ PACHECO, H. Y., & Rincón Castro, “Uso del óxido de Grafeno como  
adsorbente en la remoción de cromo en una matriz acuosa con  
características de agua residual producto de la actividad de curtido”. L. A.  
(2019). Retrieved from  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/781](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/781)
32. SASIDHARAN A, SWAROOP S, CHANDRAN P, NAIR S, KOYAKUTTY M.  
Cellular and molecular mechanistic insight into the DNA-damaging potential  
of few-layer graphene in human primary endothelial cells. Nanomedicine  
Nanotechnol Biol Med [Internet]. 1 de julio de 2016 [citado 23 de noviembre  
de 2017];12(5):1347-55. Disponible en:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1549963416000848>
33. SEGURA. Metodología de la investigación. Universidad de Antioquia –  
Colombia, (2003).

34. SIDERI, SOFIA. Feasibility study of functionalized graphene for compatibility with cement hydrates and reinforcement steel. (2014) p 37-38
35. <http://www.nature.com/scientificamerican/journal/v298/n4/pdf/scientificamerican0408-90.pdf> [accedida Agosto 2012].
36. SOTO LONDOÑO, Mateo; MARÍN RINCÓN, Juan Pablo. Análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales. 2019. p. 16
37. VALDERRAMA . Pasos para elaborar un proyecto de investigación. Editorial San Marcos. Lima – Perú. (2015).
38. KERLINGER, F. Investigación Del Comportamiento Métodos De Investigación Ciencias Sociales. Traslacion copyrigh. México (2002).
39. PINEDA, ALVARADO y CANALES metodología para la investigación (1994), pg. 125),
40. Acuña, Luis, Torre, Ana V, Moromi, Isabel, & García, Francisco. Uso de las Redes Neuronales Artificiales en el Modelado del Ensayo de Resistencia a Compresión de Concreto de Construcción según la Norma ASTM C39/C 39M. (2014). Información tecnológica, 25(4), 03-12.
41. <https://prezi.com/2bhbfdysvepz/el-proyecto-de-tesis-etica-y-profesionalismo-marco-teoric/>(2016)
42. 4 abr. 2017 - NORMA TECNICA PERUANA 334.009. ... CLASIFICACIÓN Y USO Los tipos de cementos Portland establecidos en la presente NTP.

## ANEXOS

### Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 10. Matriz de operacionalización de variables

Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2019					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICION
GRAFENO	Paz (2018), resalto que “El grafeno es una forma alotrópica de carbono, donde su estructura molecular es la de un cristal bidimensional organizado en una red hexagonal similar al panal de abeja, cuyo grosor es un átomo, con el espesor de un átomo”, siendo este un material nuevo, el más delgado jamás obtenido así también el más fuerte, que ha despertado el interés científico para el uso en las diversas tecnologías.	Se realizará los pruebas de laboratorio, adicionando (%) de grafeno a una cantidad de proporción de cemento en peso; afín de mejorar la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ considerando los indicadores en el laboratorio.	Dosificación de grafeno	Proporciones 0.03% 0.05%, 0.10% y 0.15 % peso del cemento	Razón.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICION
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=245\text{kg/cm}^2$	Morales (2014), resaltó que “El concreto es un material vinculado a la construcción para el desarrollo de infraestructura y que lo constituyen diversos materiales dosificados que proporcionan resistencia con importantes propiedades mecánicas”	Se realizara ensayo físico al concreto en estado fresco y determinar la trabajabilidad, para la resistencia a compresión se elaborará 45 probetas incorporando grafeno en proporciones 0.05, 0.03% 0.05%, 0.10% y 0.15 % en las cuales se realizarán los ensayos en las edades 7,14 y 28 días.	Resistencia	Resistencia a compresión del concreto $F'c=245\text{kg/cm}^2$	Kg/cm2
			Trabajabilidad	Incrementa la trabajabilidad del concreto $F'c=245\text{kg/cm}^2$	Pulg

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

### Cálculo de muestra

Según Borja (2012) Considerando que la investigación tiene una característica de tener la población infinita, la fórmula para deducir la muestra sería la siguiente:

**Formula de muestra:**

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

n = Tamaño de muestra = ?  
N = Población = infinita  
E = Error permitido ( $\alpha = 10\%$ ) = 0.10  
q = Probabilidad de fracaso = 0.20  
p = Probabilidad de éxito = 0.80

Reemplazando valores:

$$n = \frac{1.65^2 \times 0.2 \times 0.8}{0.10^2}$$
$$n = 43.56 \approx 44$$

#### **Tabla N° 10**

*Tabla 11. Valores de confianza tabla Z*

NIVEL DE CONFIANZA (%)	COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD (Z)
99	2.58
98	2.33
97	2.17
96	2.05
95	1.96
90	1.65
80	1.28
50	0.67

Z = Nivel de confianza = 1.65

Para nuestro caso tenemos una muestra de 45 probetas.

**Estadística Descriptivo de Resistencia a la compresión % f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días.**

*Tabla 12. Descriptivos de resistencia a la compresión a los 7 días*

Descriptivos								
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 7 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DISEÑO PATRON: Concreto patron	3	200.000	3.6056	2.0817	191.043	208.957	197.0	204.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	3	237.333	2.5166	1.4530	231.082	243.585	235.0	240.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	3	239.000	4.0000	2.3094	229.063	248.937	235.0	243.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	3	244.667	1.1547	0.6667	241.798	247.535	244.0	246.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	3	243.667	5.6862	3.2830	229.541	257.792	239.0	250.0
Total	15	232.933	17.5640	4.5350	223.207	242.660	197.0	250.0

Fuente: SPSS.25

*Tabla 13 .Descriptivos de resistencia globalizado de diseño patrón y edades de 7 días.*

Descriptivos								
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 7 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño patron: sin adición de grafeno	3	200.000	3.6056	2.0817	191.043	208.957	197.0	204.0
Edades de 7 días	12	241.167	4.5294	1.3075	238.289	244.044	235.0	250.0
Total	15	232.933	17.5640	4.5350	223.207	242.660	197.0	250.0

Fuente: SPSS.25

En tabla N° 13 de descriptivos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón, f'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>, observamos la media del diseño de patrón: Sin adición de grafeno es (200), y la media de edades a los 7 días es (241.16).

**Prueba de normalidad**

**Ha:** La incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , hay un comportamiento no paramétrico.

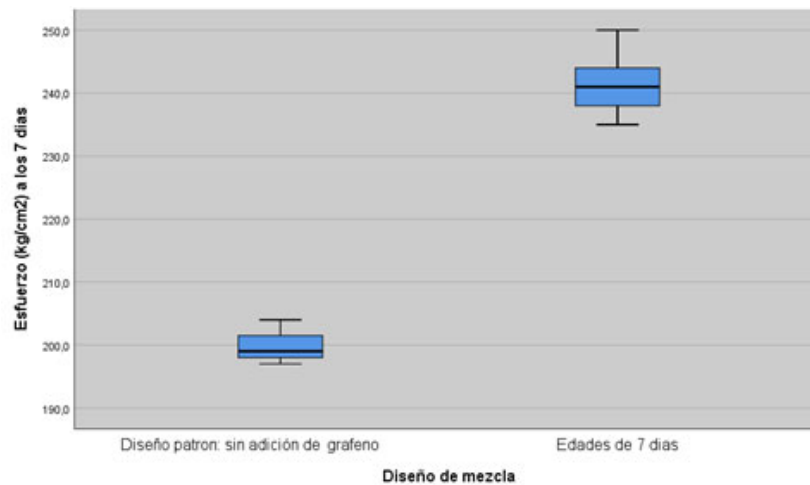
Sig.  $> 0.05$ , hay un comportamiento paramétrico.

*Tabla 14 . Prueba de normalidad de resistencia a la compresión a los 7 días*

Pruebas de normalidad				
Diseño de mezcla		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 7 días	Diseño patrón: sin adición de grafeno	0.942	3	0.537
	Edades de 7 días	0.962	12	0.816

Fuente: SPSS.25

La tabla 14 de resultados de pruebas de normalidad para el diseño patrón (sin adición de grafeno) la sig. (0.537) por lo tanto los datos son normales y para las edades de 7 días de resistencia  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ , es (0.816) por lo tanto los datos son paramétricos. Según regla decisión estipulado líneas arriba.



*Figura 6. Diagrama de cajas patrón y edades de 7 días*

Fuente: SPSS.25



### **Análisis Inferencial prueba de hipótesis de resistencia.**

**Ho:** La incorporación de grafeno no incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

Sig.  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

*Tabla 15 Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 7 días*

<b>ANOVA</b>					
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 7 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4180.933	4	1045.233	75.742	0.000
Dentro de grupos	138.000	10	13.800		
Total	4318.933	14			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro de la Tabla N°15 de ANOVA, para la prueba de esfuerzo a la compresión  $f'c=245\text{ kg/cm}^2$  con evaluación de 7 días, tiene una significancia de (0.000), siendo este menor que (0.05), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que es la incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

**Gráficos de medias de esfuerzo a la compresión a edades de 7 días y los diseños con porcentajes de dosificación de grafeno.**

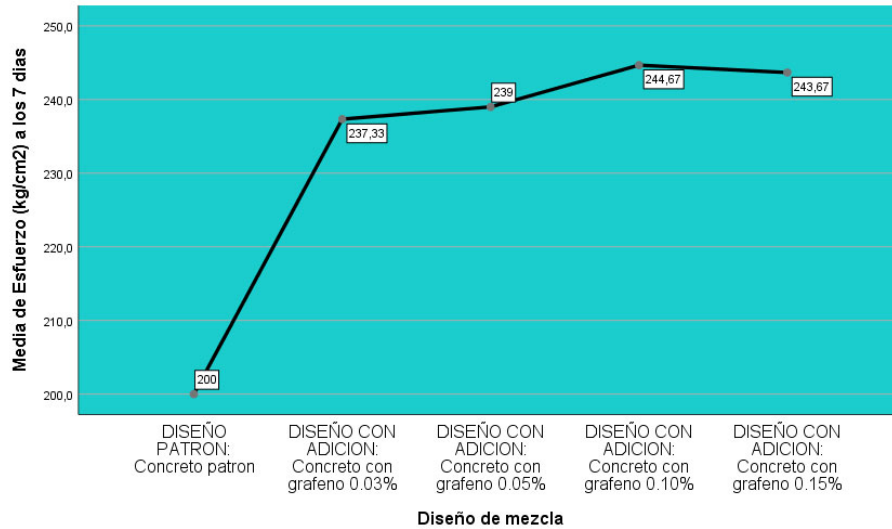


Figura 7. Grafico de medias de esfuerzo a la compresión de las edades de 7 días.

Fuente: SPSS.25

En la figura N° 7, observamos los resultados de gráfico de medias, en el cual se verifica la media del esfuerzo a la compresión  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ , de las edades de 7 días tiene variación ascendente progresivamente con el diseño patrón, 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15% en el esfuerzo a la compresión del concreto  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .

**Comparaciones múltiples con HSD Tukey del esfuerzo a la compresión a edades de 7 días.**

Tabla 16. Comparación múltiples a los 7 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 7 días						
HSD Tukey						
(I) Diseño de mezcla		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
DISEÑO PATRON: Concreto patron	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	-37,3333 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	-47.316	-27.351
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-39,0000 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	-48.982	-29.018
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-44,6667 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	-54.649	-34.684
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-43,6667 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	-53.649	-33.684
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	37,3333 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	27.351	47.316
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-1.6667	3.0332	0.980	-11.649	8.316
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-7.3333	3.0332	0.187	-17.316	2.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-6.3333	3.0332	0.296	-16.316	3.649
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	39,0000 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	29.018	48.982
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	1.6667	3.0332	0.980	-8.316	11.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-5.6667	3.0332	0.391	-15.649	4.316
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-4.6667	3.0332	0.563	-14.649	5.316
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	44,6667 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	34.684	54.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	7.3333	3.0332	0.187	-2.649	17.316
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	5.6667	3.0332	0.391	-4.316	15.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	1.0000	3.0332	0.997	-8.982	10.982
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	43,6667 <sup>*</sup>	3.0332	0.000	33.684	53.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	6.3333	3.0332	0.296	-3.649	16.316
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	4.6667	3.0332	0.563	-5.316	14.649
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-1.0000	3.0332	0.997	-10.982	8.982

Fuente: SPSS.25

En la evaluación de comparaciones múltiples HSD Tukey de la resistencia (kg/cm<sup>2</sup>) a los 7 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.03%) y los DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%, 0.10%, y 0.15%) estos diseño presenta una Sig. (0.980), (0.187) y (0.296), estos resultados son mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. Así mismo observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.03%) y el DISEÑO DE ADICION (Concreto patrón), si tienen diferencias entre las pruebas realizadas debido a que su significancia es menores que (0.05).

**Estadística Descriptivo de Resistencia a la compresión % F'c = 245 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días.**

Tabla 17. Descriptivos de resistencia a la compresión a 14 días

Descriptivos								
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 14 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DISEÑO PATRON: Concreto patron	3	259.333	3.2146	1.8559	251.348	267.319	257.0	263.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	3	281.333	4.0415	2.3333	271.294	291.373	279.0	286.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	3	296.000	5.2915	3.0551	282.855	309.145	290.0	300.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	3	304.667	4.0415	2.3333	294.627	314.706	301.0	309.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	3	300.667	2.5166	1.4530	294.415	306.918	298.0	303.0
Total	15	288.400	17.4389	4.5027	278.743	298.057	257.0	309.0

Fuente: SPSS.25

Tabla 18. Descriptivos de resistencia a la compresión de la media globalizado a 14 días.

Descriptivos								
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 14 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño patron: sin adición de oxido de grafeno	3	259.333	3.2146	1.8559	251.348	267.319	257.0	263.0
Edades de 14 días	12	295.667	9.8565	2.8453	289.404	301.929	279.0	309.0
Total	15	288.400	17.4389	4.5027	278.743	298.057	257.0	309.0

Fuente: SPSS.25

En tabla de descriptivos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón,  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , observamos la media del diseño de patrón: Sin adición de grafeno es (259.3), y la media de edades a los 14 días es (295.66).

### Prueba de normalidad

**Ha:** La incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , hay un comportamiento no paramétrico.

Sig.  $> 0.05$ , hay un comportamiento paramétrico.

Tabla 19. Prueba de normalidad de diseño patrón y edades a los 14 días

Pruebas de normalidad				
Diseño de mezcla		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 14 días	Diseño patrón: sin adición de grafeno	0.871	3	0.298
	Edades de 14 días	0.888	12	0.112

Fuente: SPSS.25

La tabla N°18 de resultados de pruebas de normalidad para el diseño patrón (sin adición de grafeno) la sig. (0.298) por lo tanto los datos son normales y para las edades de 14 días de resistencia  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ , es (0.122) por lo tanto los datos paramétricos. Según regla decisión estipulado líneas arriba.

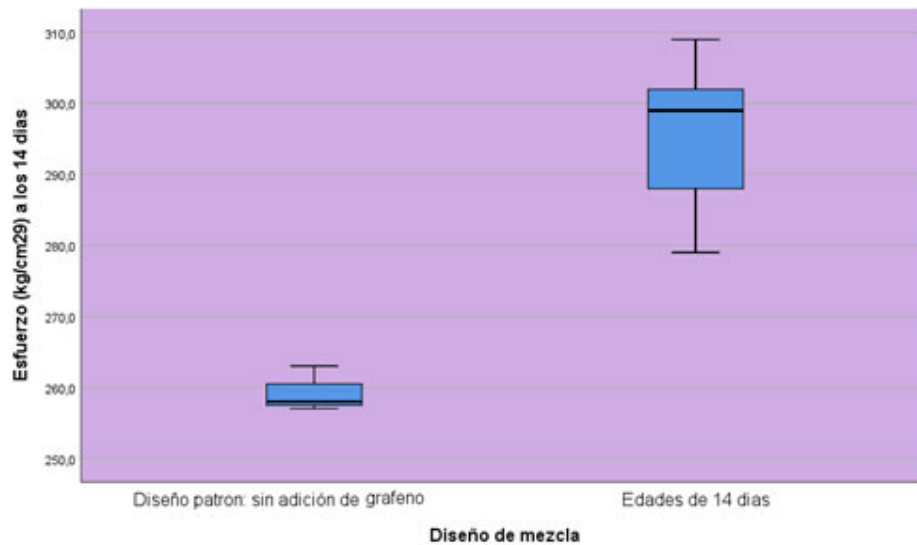


Figura 8. Diagrama de cajas- Diagrama de cajas de resistencia vs diseño de mezcla a los 14 días.

Fuente: SPSS.25

### Análisis Inferencial prueba de hipótesis de resistencia a los 14 días.

**Ho:** La incorporación de grafeno no incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

Sig.  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

Tabla 20 . Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 14 días

ANOVA					
Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 14 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4102.933	4	1025.733	66.319	0.000
Dentro de grupos	154.667	10	15.467		
Total	4257.600	14			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro Tabla N° 20 de ANOVA, para la prueba de esfuerzo a la compresión  $f'c=245\text{ kg/cm}^2$  con evaluación a los 14 días, tiene una significancia de (0.000), siendo este menor que (0.05), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que es la incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{ kg/cm}^2$ .

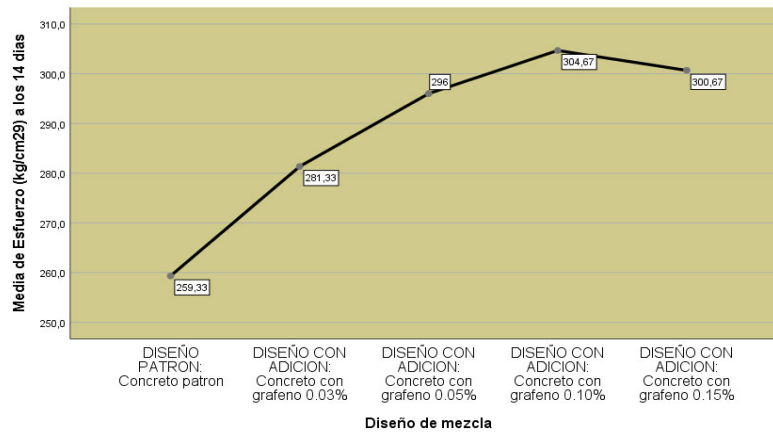


Figura 9. Gráficos de medias de esfuerzo a la compresión a edades de 14 días y los diseños con porcentajes de dosificación de grafeno

Fuente: SPSS.25

En la figura 9, observamos los resultados de gráfico de medias (259.3), (261.3), (296), (304.6), y (300.6%), en el cual se verifica la media del esfuerzo a la compresión  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup>, de las edades de 14 días tiene variación ascendente progresivamente con el diseño patrón, 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15%.

### Comparaciones múltiples con HSD Tukey del esfuerzo a la compresión a edades de 14 días.

Tabla 21 Comparación múltiple a los 14 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia(kg/cm <sup>2</sup> ) a los 14 días						
HSD Tukey						
(I) Diseño de mezcla		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
DISEÑO PATRON: Concreto patron	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	-22,0000 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	-32,568	-11,432
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-36,6667 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	-47,235	-26,099
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-45,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	-55,901	-34,765
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-41,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	-51,901	-30,765
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	22,0000 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	11,432	32,568
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-14,6667 <sup>*</sup>	3,2111	0,007	-25,235	-4,099
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-23,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	-33,901	-12,765
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-19,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,001	-29,901	-8,765
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	36,6667 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	26,099	47,235
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	14,6667 <sup>*</sup>	3,2111	0,007	4,099	25,235
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-8,6667	3,2111	0,124	-19,235	1,901
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-4,6667	3,2111	0,611	-15,235	5,901
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	45,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	34,765	55,901
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	23,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	12,765	33,901
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	8,6667	3,2111	0,124	-1,901	19,235
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	4,0000	3,2111	0,727	-6,568	14,568
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	41,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,000	30,765	51,901
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	19,3333 <sup>*</sup>	3,2111	0,001	8,765	29,901
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	4,6667	3,2111	0,611	-5,901	15,235
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-4,0000	3,2111	0,727	-14,568	6,568

Fuente: SPSS.25

En la evaluación de comparaciones múltiples HSD Tukey de la resistencia (kg/cm<sup>2</sup>) a los 14 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.05%) y el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.10% y 0.15%) debido a que estos diseño presenta una Sig. (0.124) y (0.611), estos resultados son mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. Así mismo observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%) y los DISEÑOS DE ADICION (Concreto con grafeno 0.03% y el concreto patrón), si tienen diferencias entre las pruebas realizadas debido a que sus significancias son menores que (0.05).

**Estadística Descriptivo de Resistencia a la compresión % F'c = 245 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.**

*Tabla 22 . Descriptivos de resistencia a la compresión a los 28 días*

Descriptivos								
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DISEÑO PATRON: Concreto patron	3	294.667	4.5092	2.6034	283.465	305.868	290.0	299.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	3	322.333	7.7675	4.4845	303.038	341.629	316.0	331.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	3	335.000	5.0000	2.8868	322.579	347.421	330.0	340.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	3	345.667	4.0415	2.3333	335.627	355.706	342.0	350.0
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	3	341.000	2.0000	1.1547	336.032	345.968	339.0	343.0
Total	15	327.733	19.4035	5.0100	316.988	338.479	290.0	350.0

Fuente: SPSS.25



Tabla 23. Descriptivos de resistencia a la compresión de la media globalizado a 28 días

Descriptivos								
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño patron: sin adición de grafeno	3	294.667	4.5092	2.6034	283.465	305.868	290.0	299.0
Edades 28 días	12	336.000	10.1354	2.9259	329.560	342.440	316.0	350.0
Total	15	327.733	19.4035	5.0100	316.988	338.479	290.0	350.0

Fuente: SPSS.25

En tabla de descriptivos de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , observamos la media del diseño de patrón: Sin adición de grafeno es (294.6), y la media de edades a los 14 días es (336).

### Prueba de normalidad

**Ha:** La incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , hay un comportamiento no paramétrico.

Sig.  $> 0.05$ , hay un comportamiento paramétrico.

Tabla 24 Prueba de normalidad de diseño patrón y edades a los 28 días

Pruebas de normalidad				
Diseño de mezcla		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días	Diseño patron: sin adición de oxido de grafeno	0.996	3	0.878
	Edades 28 días	0.924	12	0.319

Fuente: SPSS.25

La tabla N° 24 de resultados de pruebas de normalidad para el diseño patrón (sin adición de grafeno) la sig. (0.878) por lo tanto los datos son normales y para las edades de 28 días de resistencia  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ , es (0.319) por lo tanto los datos paramétricos. Según regla decisión estipulado líneas arriba.

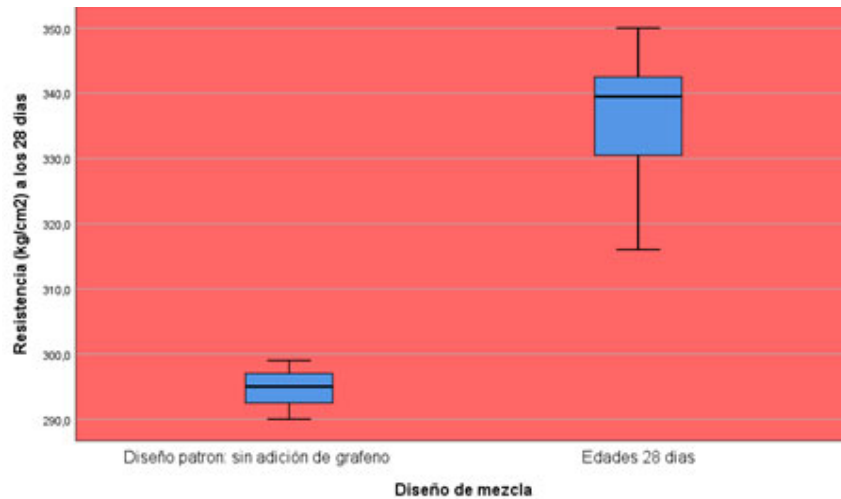


Figura 10. Diagrama de cajas patrón y edades de 28 días

Fuente: SPSS.25

### Análisis Inferencial prueba de hipótesis de resistencia a los 28 días.

**Ho:** La incorporación de grafeno no incrementara el esfuerzo a la compresión, para edad 28 días a partir del concreto  $f'c=245\text{Kg/cm}^2$ .

Regla.

Sig.  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

Sig.  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

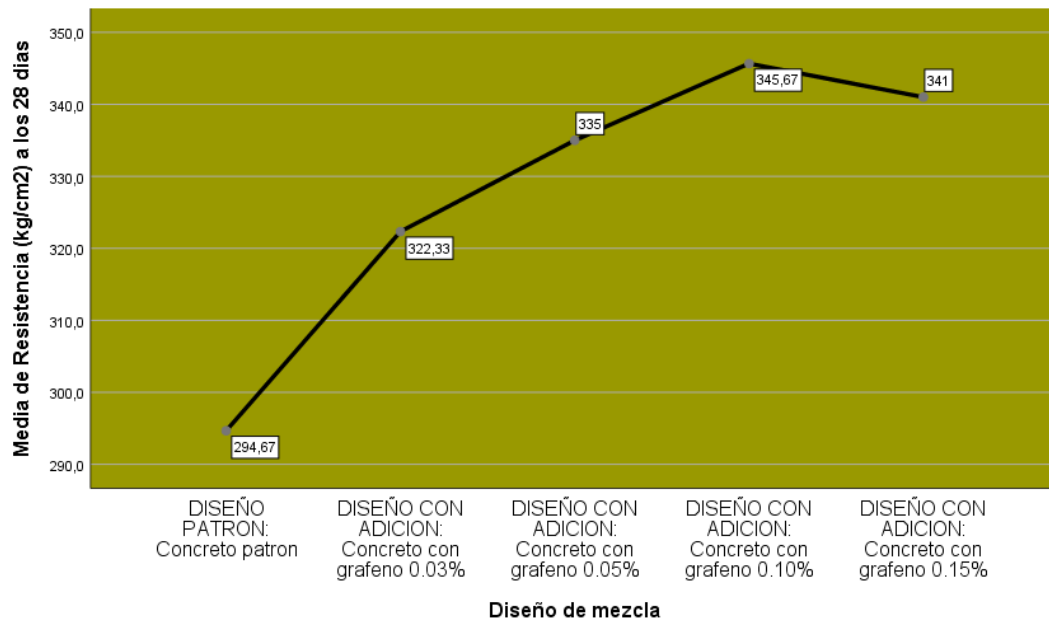
**Tabla N° 24:**

Tabla 25 . Prueba de ANOVA de resistencia a la compresión a los 28 días.

ANOVA					
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5018.933	4	1254.733	49.791	0.000
Dentro de grupos	252.000	10	25.200		
Total	5270.933	14			

Fuente: SPSS.25

En la Tabla N° 24 de ANOVA, para la prueba de esfuerzo a la compresión  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> con evaluación a los 28 días, tiene una significancia de (0.000), siendo este menor que (0.05), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que es la incorporación de grafeno incrementara el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto  $f'c=245$ Kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 11. Gráficos de medias de esfuerzo a la compresión a edades de 28 días y los diseños con porcentajes de dosificación de óxido de grafeno.*

Fuente: SPSS.25

En la figura N° 11 observamos los resultados de gráfico de medias (294.6), (322.3), (335), (345.6), y (341), en el cual se verifica la media del esfuerzo a la compresión  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup>, de las edades de 28 días, tienen variación ascendente progresivamente con el diseño patrón, 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15%.

**Comparaciones múltiples con HSD Tukey del esfuerzo a la compresión a edades de 28 días.**

Tabla 26. Comparación múltiples a los 28 días con diseño de adición al concreto con grafeno en diferentes porcentajes

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días						
HSD Tukey						
(I) Diseño de mezcla		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
DISEÑO PATRON: Concreto patron	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	-27,6667 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	-41.156	-14.177
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-40,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	-53.823	-26.844
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-51,0000 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	-64.489	-37.511
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-46,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	-59.823	-32.844
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	27,6667 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	14.177	41.156
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	-12,6667	4.0988	0.068	-26.156	0.823
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-23,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.001	-36.823	-9.844
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-18,6667 <sup>*</sup>	4.0988	0.007	-32.156	-5.177
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	40,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	26.844	53.823
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	12,6667	4.0988	0.068	-0.823	26.156
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-10,6667	4.0988	0.143	-24.156	2.823
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	-6,0000	4.0988	0.605	-19.489	7.489
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	51,0000 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	37.511	64.489
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	23,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.001	9.844	36.823
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	10,6667	4.0988	0.143	-2.823	24.156
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	4,6667	4.0988	0.784	-8.823	18.156
DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.15%	DISEÑO PATRON: Concreto patron	46,3333 <sup>*</sup>	4.0988	0.000	32.844	59.823
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.03%	18,6667 <sup>*</sup>	4.0988	0.007	5.177	32.156
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.05%	6,0000	4.0988	0.605	-7.489	19.489
	DISEÑO CON ADICION: Concreto con grafeno 0.10%	-4,6667	4.0988	0.784	-18.156	8.823

Fuente: SPSS.25

En la evaluación de comparaciones múltiples HSD Tukey de la resistencia (kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días se observa diferencias significativas en el DISEÑO CON ADICION: (Concreto de grafeno 0.03%) y el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.05%) debido a que este diseño presenta un Sig. (0.068) y a la vez este resultado es mayor que (0.05), por lo que se determina que no hay diferencia de pruebas entre estos porcentajes. En este contexto observamos también que el DISEÑO CON ADICION: (Concreto con grafeno 0.03%) y los DISEÑOS DE ADICION (Concreto con grafeno 0.10%, 0.15% y el concreto patrón), si tienen diferencias entre las pruebas realizadas debido a que sus significancias son menores que (0.05).

### Procedencia del grafeno

**Grupo Empresarial CUGAG S.A. de C.V:** compañía que ofrece Graphene oxide y graphene.

**Dirección :** Alvaro obregon, México.

**Nombre Comercial Grupo Empresarial CUGAG S.A. de C.V:**

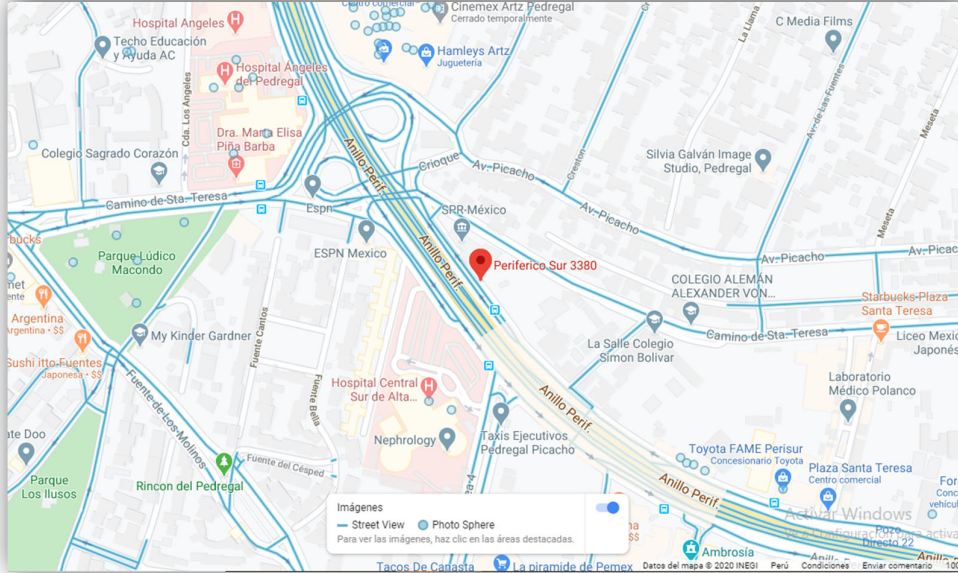
**Detalle de Productos / Servicios Oxido de Grafeno, Grafeno, Bienes raíces de playa en México**

**País de Origen México**

**Regiones atendidas Estados Unidos, Europa, Sud América, México**

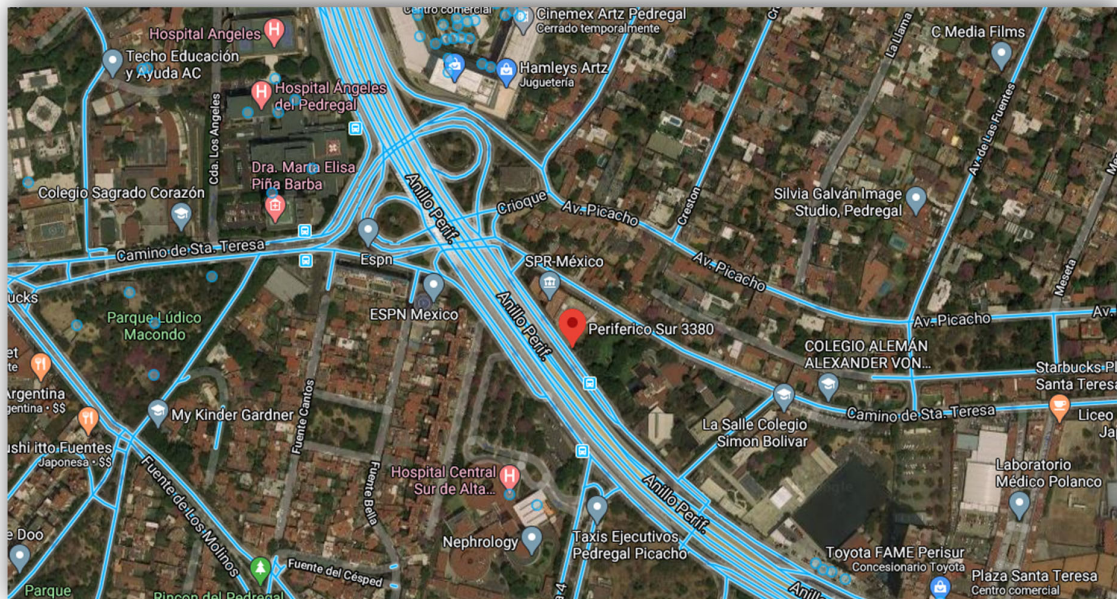
Grupo Empresarial CUGAG S.A. de C.V.			
Datos técnicos del producto			
Producto	Oxido de Grafeno	Precio	\$200.00
I.D. Producto	TF1247 lote 02141115A	Por periodo	18-sep-19
Descripción del Producto	Oxido de Grafeno seco	Periodo de guarda max	90 dias
Toxicidad o Grado de riesgo	0	Compuesto	Alotropó del Carbono
Concepto	Valor	Unidad	Descripción o notas
Pureza GO	95%		5 % grafito y carbon
Grueso	3.4-7	Nano metro	
Diámetro de capa	10-50	Micro metro	
Numero de capas	6-10		
Superficie específica	10-300	m2/gm	
Apariencia	Polvo café oscuro		
Solubilidad en H2O DMF	Excelente mas de 500		
Secado tecnología	Congelacion al vacio		
Forma disperso en agua	Gel		
Metodo de Obtenicion	Metodo Hummers super mejorado 3.7		Ultimo metodo no contaminante

*Figura 12 Certificado de procedencia del Grafeno*



*Figura 13. Periferico Sur 3380 Conjunto Residencial del Pedregal Álvaro Obregón14130 Ciudad de México, CDMX México.*

Fuente google maps

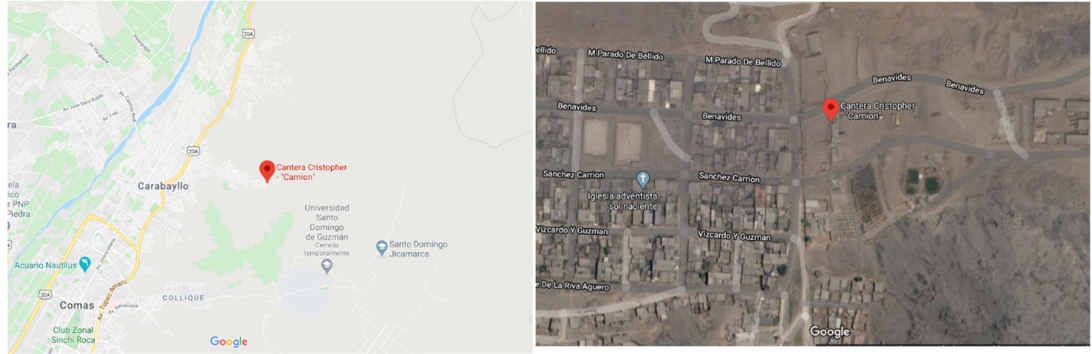


*Figura 14. Periferico Sur 3380 Conjunto Residencial del Pedregal Álvaro Obregón14130 Ciudad de México, CDMX México.*

Fuente: Google maps

## Procedencia de los agregados

### Fotografías



*Figura 15 Cantera Cristopher - "Camion", ingreso Manuel Parado., Benavides, Carabayllo.*

*Fuente Google maps*



*Figura 16. Cantera Cristopher - "Camion", ingreso Manuel Parado., Benavides, Carabayllo.*

*Fuente Google maps*

## **Análisis De Ensayos De Laboratorio**

### **Propiedades físicas de los agregados**

#### Características de los agregados

## **Peso unitario**

Está regulado por NTP 400.017 y ASTM C29. PASQUEL (1998, p. 74) define, como peso de la partícula por el volumen total y cavidades. La inclusión de espacios entre partículas afecta la forma en que se organizan, esto lo convierte en un parámetro relativamente.

### **a) Procedimiento**

- En muestra de arena se seca sola, luego llevamos a la balanza y observamos su peso.
- Se pesó un recipiente vacío y se tomó la muestra de material con el recipiente desde una altura de 5 cm. comenzando desde la superficie del contenedor hasta que esté lleno para evitar que el material se reorganice debido a movimientos incorrectos; Luego continúe con la regla de metal, que debe pesar 5 kg.
- Se pesó el recipiente que contenía el material y se registró aproximadamente 5 g.
- Se ha eliminado la arena de la vasija, vigilando que no pierda material.
- La muestra de arena se tomó nuevamente en el recipiente de una altura de 5 cm. Comenzando desde la superficie del recipiente, llenándolo.
- Tres capas, cada capa con 25 golpes; Luego comenzamos a nivelar con la regla de 30 cm.
- Pesamos el material en el recipiente suministrado así observamos un valor aproximado de 5 g.

### **b) Cálculos y Resultados**

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO  
DE LOS AGREGADOS FINOS  
ASTM C29 / C29M - 17<sup>a</sup>



Tabla 27 Resultado de peso unitario suelto

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.282	6.282	
Volumen de molde (m3)	0.002127	0.002127	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	9.506	9.514	
Peso de muestra suelta (kg)	3.224	3.232	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1516	1520	

Tabla 28 .Resultado peso unitario compactado

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.282	6.282	
Volumen de molde (m3)	0.002127	0.002127	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	10.003	10.114	
Peso de muestra suelta (kg)	3.721	3.832	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1749	1802	

**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO  
DE LOS AGREGADOS GRUESOS  
ASTM C29 / C29M - 17a**

Tabla 29 . Peso Unitario Suelto

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.356	2.356	
Volumen de molde (m3)	0.007111	0.007111	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	12.938	12.894	
Peso de muestra suelta (kg)	10.582	10.538	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1488	1482	

Tabla 30 .Peso unitario compactado.

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.356	2.356	
Volumen de molde (m3)	0.007111	0.007111	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	13.513	13.607	
Peso de muestra suelta (kg)	11.157	11.251	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1569	1582	<b>1576</b>

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN LOS  
AGREGADOS POR SECADO  
NORMAS: ASTM C-566 / NTP  
339.185**

Se establece el porcentaje total en humedad evaporable en muestras de agregado fino o grueso mediante secado. Tanto la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado, este no tiene en cuenta el agua que mezcla químicamente con minerales de ciertos agregados no siendo sensible de evaporación, por tanto, no se incluye en determinado método.

Partículas más grandes de agregados gruesos, en particular los mayores de 50 mm. (2 pulgadas) requerirá tiempo de secado donde la humedad se mueva desde el interior a la superficie. Definiendo empíricamente método de secado rápido proporcionando una precisión y propósito requerido.

**EQUIPO A UTILIZAR**

Lo siguiente se utiliza para esta prueba:

- Balanzas, con una aproximación de 0.1 gr. Para áridos finos y 1 gr. Para agregados gruesos.
- Horno, vigilado por termostatos capaces de conservar una temperatura uniforme de 110 +/- 5° C.

- Varios contenedores y utensilios.

## PROCEDIMIENTO

Realizaremos la recopilación de acuerdo con NTP 400.010: 2001, con la excepción del tamaño de muestra.

Específicamente del contenido de humedad y fuente de suministro evaluada debe estar disponible con una masa no inferior a la cantidad que se muestra en la Tabla 1. Debe preservar su humedad antes de establecer su masa.

*Tabla 31 Tamaño de la muestra de agregado*

Tamaño Máximo Nominal de Agregado milímetros (pulgadas)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kilogramos
4.75 mm.(0.187") Nº4	0.5
9.5mm.(3/8")	1.5
12.5mm.(1/2")	2.0
19.0mm.(3/4")	3.0
25.0mm.(1")	4.0
37.5mm.(1 1/2")	6.0
50.0mm.(2")	8.0
63.0mm.(2 1/2")	10.0
75.0mm.(3")	13.0
90.0mm.(3")	16.0
100.0mm.(4")	25.0
150mm.(6")	50.0

Tenga en cuenta el peso húmedo del material, transporte la muestra a un recipiente en el que se pueda secar al horno, seque la muestra en el recipiente cuidadosamente con la fuente de calor seleccionada y cuide la pérdida de partículas.

## CÁLCULOS

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Phum} - \text{Psec}}{\text{Psec} - \text{Prec}} * 100$$

$$\text{Psec} - \text{Prec}$$

Donde:

Phum = Peso húmedo del agregado

Psec = Peso seco del agregado

Prec = Peso del recipiente que contiene al agregado

Tabla 32 Determinación Del Peso Específico Y Absorción Del Agregado Fino C128-15 ASTM

IDENTIFICACIÓN		1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.1	500.0	
B	Peso Frasco + agua	672.0	650.9	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	987.2	965.9	
D	Peso del Mat. Seco	491.1	492.5	
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$		2.656	2.662	<b>2.659</b>
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$		2.705	2.703	<b>2.704</b>
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$		2.792	2.775	<b>2.783</b>
% Absorción = $100*((A-D)/D)$		1.8	1.5	<b>1.7</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33. Método De Prueba Estándar Para La Densidad Relativa (Gravedad Específica) Y La Absorción De Agregados Gruesos

### ASTM C127-15

DATOS		A	B
1	Peso de la muestra sss	2686.4	2721.0
2	Peso de la muestra sss sumergida	1692.8	1711.0
3	Peso de la muestra secada al horno	2661.3	2697.0

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.678	2.670	<b>2.674</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.704	2.694	<b>2.699</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.748	2.735	<b>2.742</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.9	0.9	<b>0.9</b>

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

Acción de colar el agregado fino o grueso por las mallas (llamadas tamices) y pesar la cantidad de partículas agregadas retenidas en cada malla así obtener el porcentaje retenido en cada una, en comparación con la muestra original. Las mallas estándar de acuerdo a ASTM son:

*Tabla 34 Mallas estándar ASTM*

Denominación del Tamiz	Abertura en pulgadas	Abertura en milímetros
3"	3	75
1 1/2"	1.5	37.5
3/4"	0.75	19
3/8"	0.375	9.5
N° 4	0.187	4.75
N° 8	0.0937	2.36
N° 16	0.0469	1.18
N° 30	0.0234	0.59
N° 50	0.0117	0.295
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

En la tabla. Se describen tamaños de muestra mínimos, adoptados por ASTM C136 y NTP 400.012.

Si la cantidad de material más fino que el tamiz No. 200 se determina mediante el método de prueba ASTM C117, haga lo siguiente:

Los agregados con tamaño nominal máximo de 1/2 "o menos, use la misma muestra utilizada en la prueba de determinación de material más fino que el tamiz No. 200.

Para agregados con un tamaño nominal máximo de mayo a 1/2 ", las muestras se pueden usar por separado.

Tabla 35 Tamaño de muestra de agregados para el ensayo

Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)	Tamaño de la Muestra De Ensayo, Mínima (kg)
3"	60
3 1/2"	100
4"	150
5"	300
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35

#### a) Procedimiento

- Secar muestra para una masa constante.
- Coloque cada tamiz correctamente en orden decreciente.
- Coloque la muestra en la parte superior de los cernedores.
- Agite los tamices a mano o por medios mecánicos.
- No sobrecargue ningún tamiz, use la cubierta del tamiz.
- Determine la masa del material retenido en cada tamiz al 0.1%.
- Agregue la masa de todos los incrementos de tamaño individual y verifique este resultado no varió en 0.3% de la masa en su muestra original.
- Si la masa fue lavada previamente, agregar la masa de material pasante del tamiz
- N° 200 lavado a la masa de material pasante por cribado seco.

#### b) Cálculos y Resultados

En las tablas. se tienen datos acerca de granulometría de agregados fino y grueso. Así mismo, tienen las curvas granulométricas para ambos agregados.

## Características físicas de los agregados

### Granulometría del agregado fino

Procedencia del agregado fino:

Departamento: Lima

Provincia: Lima

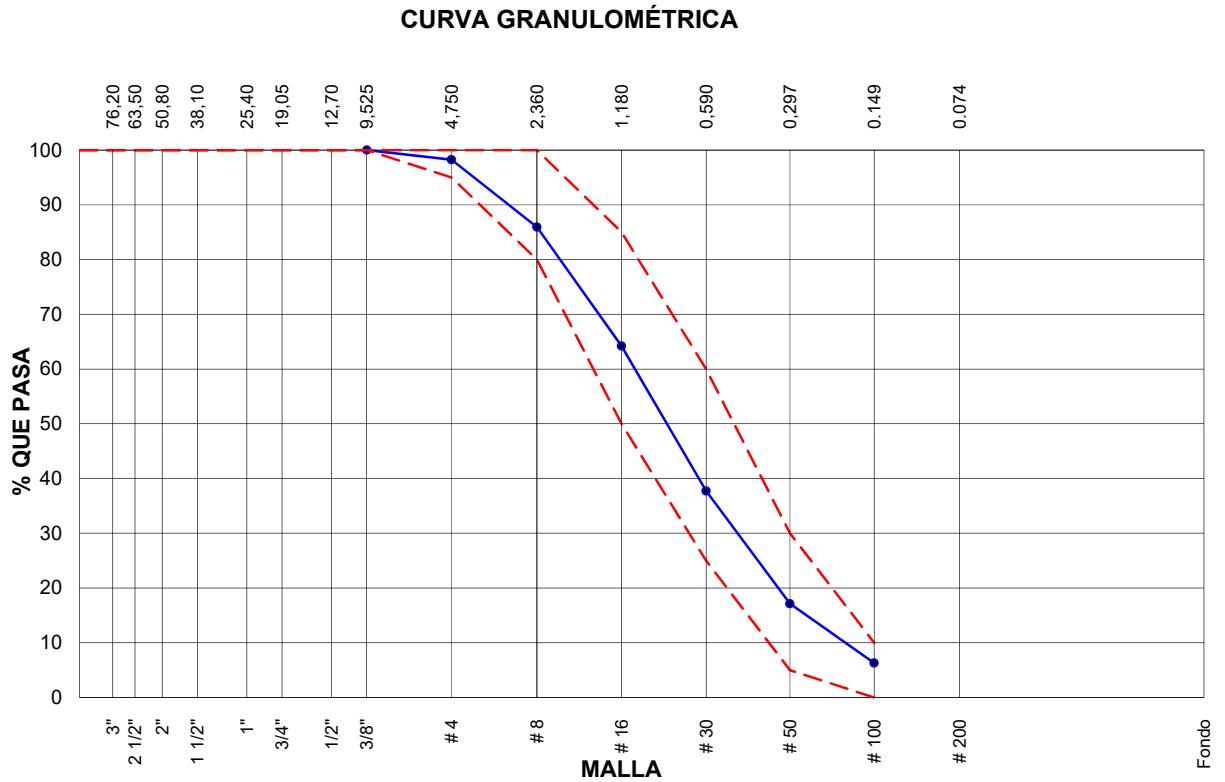
Distrito: Carabaylo

Sector Trapichee

Cantera: Trapiche

*Tabla 36 Análisis Granulométrico De Los Agregados Finos*

ASTM C136							
AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	10.0	1.76	1.76	98.24	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	70.1	12.31	14.06	85.94	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	123.7	21.72	35.79	64.21	50.00	85.00
# 30	600 µm	150.8	26.48	62.27	37.73	25.00	60.00
# 50	300 µm	117.3	20.60	82.86	17.14	5.00	30.00
# 100	150 µm	61.7	10.83	93.70	6.30	0.00	10.00
Fondo	-	35.9	6.30	100.00	0.00	-	-
						MF	2.90
						TMN	---



*Figura 17 Curva granulométrica de agregado fino.*

**Fuente:** *Elaboración propia según resultados de laboratorio*

**Comentario:**

Según el gráfico, la curva granulométrica de agregado fino se muestra dentro de los parámetros definidos por los estándares actuales NTP 400.037 / ASTM C-33 debido a sus límites inferior y superior. En consecuencia, el agregado fino de trapiche es adecuado para pruebas de prueba.

**Granulometría del agregado grueso**

Procedencia del agregado fino:

Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Carabaylo

Cantera: Trapiche



Tabla 37. Análisis Granulométrico De Los Agregados

**ASTM C136**

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 5							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm	48.0	1.84	1.84	98.16	90.00	100.00
3/4"	19.00 mm	2067.0	79.10	80.94	19.06	20.00	55.00
1/2"	12.50 mm	498.0	19.06	100.00	0.00	0.00	10.00
3/8"	9.50 mm					0.00	5.00
# 4	4.75 mm					0.00	0.00
# 8	2.36 mm					0.00	0.00
# 16	1.18 mm					0.00	0.00
# 30	600 µm					0.00	0.00
# 50	300 µm					0.00	0.00
# 100	150 µm					0.00	0.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-
						MF	8.83
						TMN	3/4"

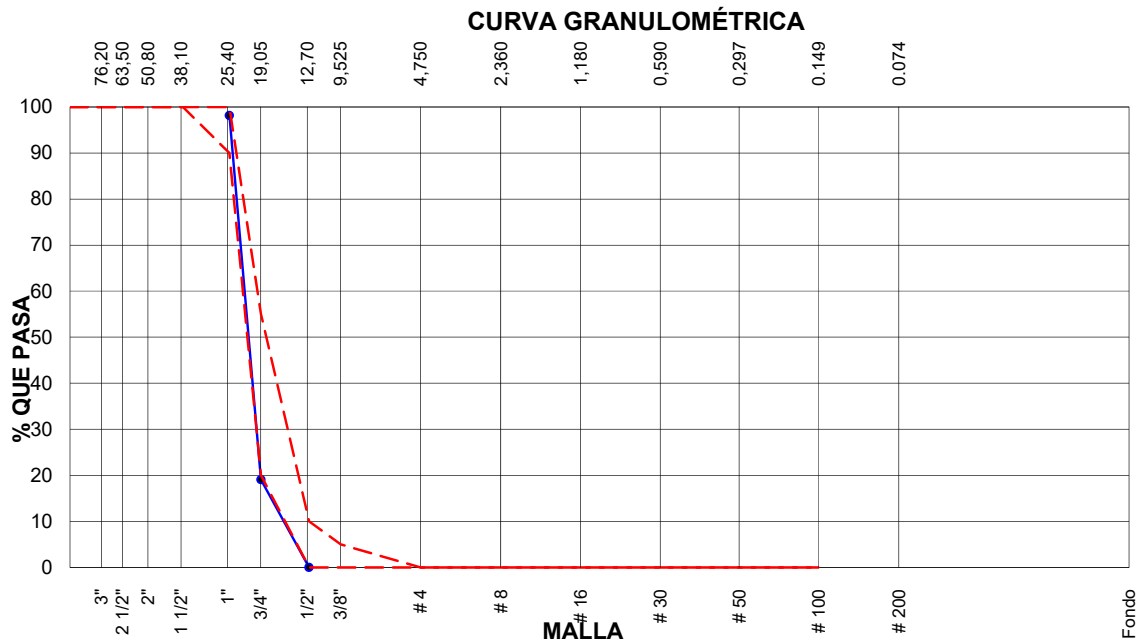


Figura 18. Curva granulométrica de agregado grueso

Fuente: Elaboración propia según resultados de laboratorio

## Comentario

El agregado grueso rinde la granulometría establecida según norma ASTM-C 33.

## Módulo de finura

Con los datos obtenidos de la granulometría de los agregados procedemos a obtener los módulos de fineza. Para lo cual se suma los porcentajes acumulados, retenidos en las mallas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, dividida entre 100.

$$\text{MF del agregado Fino} = \frac{\sum \% \text{ R. Ac. } 1 \frac{1}{2}'' + 3/4'' + 3/8'' + \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100}{100}$$

## Grafeno

El grafeno es un nanomaterial recientemente descubierto y que ha recibido la mayor atención debido a sus posibles aplicaciones. En 2010, André Geims y Konstantin Novoselov recibieron el Premio Nobel de física porque, seis años antes, lograron obtener grafeno de manera estable y medir algunas de sus impresionantes propiedades.

Tabla 38 Características físicas de los materiales obtenidos en laboratorio

INSUMO	PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	HUMEDAD (%)	ABSORCION (%)	MODULO DE FINEZA	P.U SUELTO	P.U COMPACTADO
AGREGADO FINO	2783	0.4	1.7	2.9	1518	1776
AGREGADO GRUESO	1742	2.2	0.9	8.83	1485	1576
CEMENTO SOL TIPO I	3110	-	-	-	-	-
GRAFENO	2267	-	-	-	-	-
AGUA	1000	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

## Procedimiento de diseño de mezcla

Secuencia del diseño de mezcla:

- a) Relación agua-cemento
  - b) Estimado de aire atrapado y cantidad inicial de H<sub>2</sub>O para el diseño de 1 m<sup>3</sup>
  - c) Cantidad de cemento teniendo en cuenta el agua cemento.
  - d) Tomar datos obtenidos para el agua, el cemento y el aire atrapado a sus volúmenes absolutos, dividido por su respectivo peso específico.
  - e) Luego calculamos el volumen de agregados finos en la mezcla
  - f) Calculamos los pesos correspondientes de agregados obtenidos en el paso anterior usando el peso Seco específico.
  - g) Corrección del peso de los áridos por humedad.
  - h) Contribución al diseño de agregados de agua.
  - i) Corrección final de agua y diseño teniendo en cuenta el procedimiento, el diseño de mezcla se obtuvo mediante las características de materiales a utilizar.
- 1) Cálculo del F'cr (resistencia promedio requerido) de acuerdo al comité 211 del ACI el F'c se encuentra dentro del rango de 210-350 por lo tanto corresponde:

$$F'_{cr} = F'_{c} + 84 = 245 + 84 = 329 \text{ Kg/cm}^2$$

*Tabla 39 Factor de seguridad*

FACTOR DE SEGURIDAD	
F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210-350	F'c + 84
>350	F'c + 98

*Tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I*

- 2) Cálculo del contenido del aire  
Tamaño máximo nominal 3/4"

**Tabla N° 40**

*Tabla 40 . Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I.

Por el tamaño máximo nominal del agregado grueso se tiene el aire = 2.0%

- 3) Cálculo del contenido de agua

Por el slump de 3"- 4" y el tamaño máximo nominal 3/4"

El contenido de agua = 220 Lt/m<sup>3</sup>

Tabla 41 Volumen unitario de agua

Tamaño máximo nominal	Volumen unitaria de agua expresado en Lt/m <sup>3</sup>					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I

4) Relación agua cemento a/c

Tabla 42. Relación agua cemento por resistencia

F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I

300.....0.55

329.....X

350.....0.48

$$X = \frac{300 - 350}{0.55 - 0.48} = \frac{329 - 350}{X - 0.48}$$

$$X = 0.51 = a/c$$

$$a/c = 0.51$$

5) Contenido del cemento

$$\frac{a}{c} = 0.51$$

$$\frac{220\text{Lt}/\text{m}^3}{c} = 0.51\%$$

$$c = 431.37 \text{ kg}$$

$$\text{Facto } c = \frac{431.379\text{kg}}{42.5\text{kg}} = 10.1 \text{ bolsas}$$

### Selección del asentamiento.

De acuerdo a la tabla 43 el asentamiento elegido es de 4"

*Tabla 43 Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.*

N°	TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
1	Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
2	Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
3	Vigas y muros armados.	4"	1"
4	Columnas.	4"	2"
5	Muros y pavimentos.	3"	1"
6	Concreto ciclópeo.	2"	1"

*Fuente: Comité ACI 211.*

Tabla 44 Peso del agregado

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO GRUESO	VOLUMEN DE AGRAGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUME DEL CONCRETO, PARA DIVERSO MODULOS DE FINEZA DEL FINO (B/BR)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
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

Tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I

## ENSAYO DE COMPRESIÓN

### Elaboración de probetas cilíndricas normalizadas

Según las normas ASTM C-31 / NTP 339.003

Esta norma tiene por objeto dar a conocer la forma adecuada de la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto para su posterior rotura.

#### Materiales:

- Molde de probeta cilíndrica normalizadas: según la norma menciona que puede ser de PVC, acero, hierro forjado o también de un material no absorbente que evite alguna reacción con el cemento, sus dimensiones son 6"x12" y 4"x 8". También nos dice que antes de utilizarse deben ser debidamente cubiertos, para ellos se efectuó la limpieza y lubricación de los moldes de PVC.

- Varilla compactadora: material de fierro liso diametral de 5/8" y de 60 cm de largo.
- Comba de goma: también llamado mazo de goma, tiene un peso aproximado entre 0.60 a 0.80 kg.
- Herramientas: carretilla, cucharón, plancha de metal, regla y otros.

**Procedimiento:**

- Los los equipo deben estar limpias y humedecidas.
- La muestra para las las probetas es escogida al azar.
- Colocamos las probetas en un lugar libre de vibraciones, protegido de la lluvia y de la evaporación excesiva (que debe ser protegida del sol).
- Llenamos el molde en tres capas de igual volumen, compactando cada capa a razón de 25 golpes en forma de espiral de fuera hacia el centro del molde, luego dar de 10 a 15 golpes el exterior de la probeta en tres partes diferentes con el martillo de goma para cerrar los vacíos dejados por el paso de la varilla al momento de compactar, la segunda y tercera capa se llenan de la misma forma, teniendo en cuenta que el penetrado de la vara debe llegar a 1" aproximadamente con respecto a la capa inferior, luego enrazar, dar un buen acabado superior con una plancha de pulir, después se colocará una identificación de la probeta sobre la superficie del concreto.
- Luego de elaboradas las probetas se transportarán al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial.

Para poder desarrollar la presente tesis se necesitarán realizar diversos ensayos, dentro de estos están los ensayos a compresión, donde podremos obtener la resistencia a compresión en los testigos que se realizarán y así poder ver como el porcentaje de grafeno como aditivo afecta la resistencia a compresión de los concretos.



## **Control de calidad del concreto endurecido**

### **Resistencia a la compresión según ensayo de laboratorio**

El ensayo es un método en donde se ejerce una carga axial en compresión cilíndricos conocidos como molde con una fuerza entre rangos calculados antes de una rotura o falla. La compresión es un esfuerzo donde se muestran los cálculos por un cociente de las máximas cargas obtenidas en el periodo ensayo en la sección transversal del espécimen. (NTP 339.034, 2015, p. 13)

La fórmula de la resistencia a la compresión de la probeta resulta de:

$$R_c = 4G / \pi D^2$$

Dónde:

Rc: Resistencia de roturas a las compresiones, en kg por centímetros cuadrados.

G: Cargas máximas de roturas en kg.

D: Diámetros de las probetas cilíndricas en centímetros.

En general, las especificaciones de concreto requieren una resistencia a la compresión definida a los 28 días.

## **ENSAYO DE TRABAJABILIDAD**

La consistencia del concreto es la capacidad que tiene una mezcla para permitir la manipulación, trabajabilidad y el traslado al lugar de empleo, y es determinada en función del tiempo. Se calcula mediante el ensayo de asentamiento mediante el cono de Abrams. El procedimiento cual consiste en llenar el molde troncocónico en 3 etapas, compactando con una varilla lisa metálica normada, dentro del cual, aplicando 25 golpes encada etapa de llenado de manera uniforme.

Se define como la mayor o menor dificultad para mezclar, transportar, colocar y comprimir concreto. La evaluación es relativa, ya que un concreto que puede manejarse bajo ciertas condiciones de inversión no necesariamente aparece de esta manera cuando estas condiciones cambian (Pasquel, 1998).

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido "SLUMP" o establecido con el cono Abrams durante muchos años porque permite un enfoque numérico de esta propiedad del concreto, pero debe haber una idea clara de que Es más una prueba de consistencia que de capacidad. trabajo, porque se puede demostrar fácilmente que se puede obtener concreto con el mismo acuerdo, pero en particular con una capacidad de trabajo diferente en las mismas condiciones de trabajo

## FOTOGRAFÍAS



*Figura 19. Granulometría De Materiales*



*Figura 20. Granulometría De Materiales*



*Figura 21. Saturación de material*



*Figura 22 absorcion de arena*





**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**



**AGUA**



**GRAFENO**



**CEMENTO TIPO I**

*Figura 23 Pesado de los elementos del concreto*



*Figura 24 Preparación de concreto*



*Figura 25 Medición De Slump*





Figura 26 Preparación de probetas



*Figura 27. Rotura de probetas para medir la resistencia del concreto*

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

Products name	Graphene 01
Products No.	GP-01
Batch No.	01

TEST	SPECIFICATIONS
Conductivity	800-1100 S/cm
Apparent density	0.05-0.09 g/cm <sup>3</sup>
Tap Density	0.08-0.15 g/cm <sup>3</sup>
Appearance	Black powder

### Product Features

Low defect, low oxygen and high conductivity. Easy to disperse in NMP, DMF, alcohol and other organic solvents, and dispersing agent needed for other aqueous solvents.

### Conclusion

Conform with specification

### Storage

Store in cool & dry place. Do not freeze. Keep away from strong light and heat.

### Shelf life

2 years when properly stored

### MUNOZ DEVELOPMENT PROFESSIONAL CORPORATION

Tel 6195739233  
Fax 6195739233

416 W SAN YSIDRO BLVD  
L PMB 1560, SAN YSIDRO  
CA 92173

<http://www.munoz-industries.com/>  
[director@munoz-industries.com](mailto:director@munoz-industries.com)



Figura 28. Ficha técnica del grafeno

### Toxic Substance Control Act (TSCA) Certification

Date: 1/11/2019

Waybill or reference number: : 776825121272

**Check only one**

**Positive Certification**

I certify that all chemical substances in this shipment comply with all applicable rules or orders under TSCA and that I am not offering a chemical substance for entry in violation of TSCA or any applicable rule or order thereunder.

or

**Negative Certification**

I certify that all chemicals in this shipment are not subject to TSCA.

Company name: Munoz Development Professional Corporation

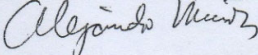
Company address: 416 W. San Ysidro L PMB 1560 San Ysidro Ca 92173

Certifier name: Alejandro Munoz

Certifier title: merchandiser

Certifier phone number: 6195739233

Certifier email address: milexmunoz@gmail.com

Certifier signature: 


Product description

1.	graphene oxide
2.	HS Code 38019000
3.	Black powder
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

If the certifier is unsure if their chemical substance is subject to TSCA compliance, contact the Environmental Protection Agency, TSCA Assistance Office at 1.202.554.1404 between 8:30 a.m. and 5:00 p.m.

Rev 1/17

Figura 29. Ficha técnica del grafeno

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-101
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>	Veración	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
Proyecto	: Incorporación del grafo para lograr resistencias mayores a partir del concreto F'c = 245 kg/cm <sup>2</sup> , Lina 2019		Registro N°: IGC19-LEM-490-06
Solicitante	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		Muestreado por : Solicitante
Atención	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		Ensayado por : B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lina		Fecha de Ensayo: 7/11/2019
Material	: Asegado Fino		Turno: Diurno
Código de Muestra	: --		
Procedencia	: Cantería Trapiche		
N° de Muestra	: --		
Progresiva	: --		



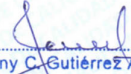
**PESO UNITARIO SUELTO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.282	6.282	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	0.002127	0.002127	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	9.506	9.514	
Peso de muestra suelta (kg)	3.224	3.232	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1516	1520	1518

**PESO UNITARIO COMPACTADO**


IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.282	6.282	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	0.002127	0.002127	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	10.003	10.114	
Peso de muestra suelta (kg)	3.721	3.832	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1749	1802	1776



INGEOCONTROL SAC		
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y firma: 	<b>JEFE LEM</b> Nombre y firma:  <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	<b>CQC - LEM</b> Nombre y firma:  <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Figura 30 . Resultados de ensayos- Peso unitario suelto y compactado

	<b>INFORME</b>		Código:	AE-FO-101
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>		Veredón:	01
			Fecha:	30-04-2018
			Página:	1 de 1
Proyecto	: Incorporación del grafito para lograr resistencias mayores a partir del concreto F'c = 245 kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2019		Registro N°:	IGC19-LEM-490-06
Solicitante	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	7/11/2019
Material	: Agregado Grueso		Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---			
Procedencia	: Cantera Trapiche			
N° de Muestra	: ---			
Progresiva	: ---			


**PESO UNITARIO SUELTO**

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.356	2.356	
Volumen de molde (m3)	0.007111	0.007111	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	12.938	12.894	
Peso de muestra suelta (kg)	10.582	10.538	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1488	1482	1485

**PESO UNITARIO COMPACTADO**


IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.356	2.356	
Volumen de molde (m3)	0.007111	0.007111	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	13.513	13.607	
Peso de muestra suelta (kg)	11.157	11.251	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1569	1582	1676



INGEOCONTROL SAC		
<p>TECNICO LEM</p> <p>Nombre y firma:</p> 	<p>JEFE LEM</p> <p>Nombre y firma:</p> <p><i>Noemí C. Sánchez Huamán</i></p> <p>Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>	<p>CQC - LEM</p> <p>Nombre y firma:</p> <p><i>Jony C. Gutiérrez Abanjo</i></p> <p>Jony C. Gutiérrez Abanjo GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 31. Resultados de ensayos- Peso unitario suelto y compactado.

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-78</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C127-15</b>	<b>Versión</b>	<b>.01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto : Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto F'c = 245 kg/cm<sup>2</sup>, Lima2019 Registro N°: IGC18-LEM-490-04  
 Solicitante : Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino Muestreado por : B. Melgar  
 Atención : Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino Ensayado por : J. Gutierrez  
 Ubicación de Proyecto : Lima Fecha de Ensayo: 7/11/2019  
 Material : Agregado Grueso Turno: Diurno

Tipo de muestra : ---  
 Procedencia : Cantera Trapiche  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

DATOS			
	A	B	
1	Peso de la muestra sss	2686.4	2721.0
2	Peso de la muestra sss sumergida	1692.8	1711.0
3	Peso de la muestra secada al horno	2661.3	2697.0


RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.678	2.670	<b>2.674</b>
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.704	2.694	<b>2.699</b>
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.748	2.735	<b>2.742</b>
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.9	0.9	<b>0.9</b>



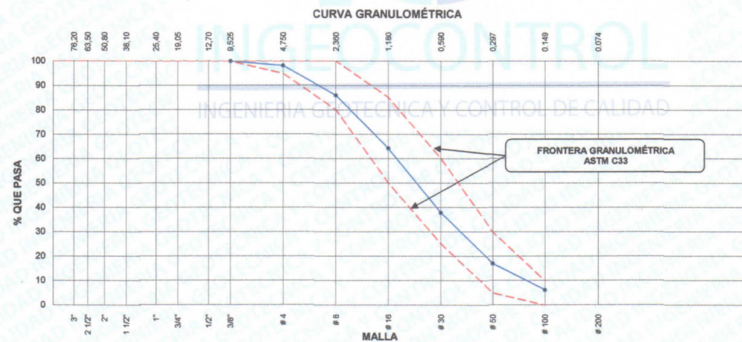
INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  <b>Noemi C. Sánchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  <b>Jony C. Sutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

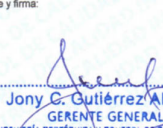
Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 32. Resultados de ensayos- Prueba estándar para densidad relativa.

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-180
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1
Proyecto	: Incorporación del grafito para lograr resistencias mayores a partir del concreto F'c = 245 kg/cm2, Lima 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-490-01
Solicitante	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	Ensayado por :	B. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	7/11/2019
Material	: Agregado Fino	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	10.0	1.76	1.76	98.24	95.00
# 8	2.36 mm	70.1	12.31	14.06	85.94	80.00
# 16	1.18 mm	123.7	21.72	35.79	64.21	50.00
# 30	600 µm	150.8	26.48	62.27	37.73	25.00
# 50	300 µm	117.3	20.60	82.86	17.14	5.00
# 100	150 µm	61.7	10.83	93.70	6.30	0.00
Fondo	-	35.9	6.30	100.00	0.00	-
					MF	2.90
					TMN	---




INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma: 
 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

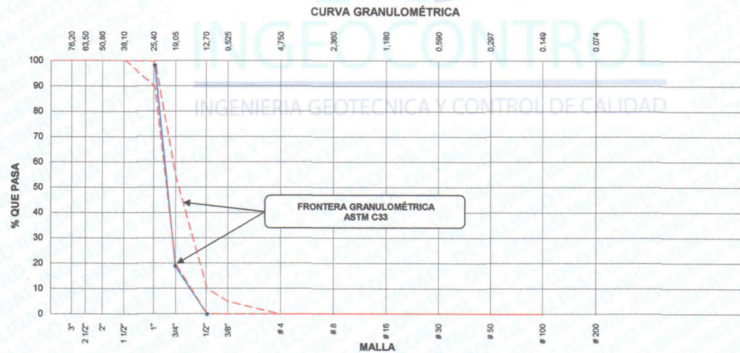
Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)



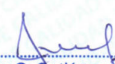
Figura 33, Resultados de ensayos -Curva granulométrica de agregado fino



	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-150
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1
Proyecto	: Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto F'c = 245 kg/cm2, Lima 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-490-02
Solicitante	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	Ensayado por :	C. Amaringo
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	7/11/2019
Material	: Agregado Grueso	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		


AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 5						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm	48.0	1.84	1.84	98.16	100.00
3/4"	19.00 mm	2067.0	79.10	80.94	19.06	55.00
1/2"	12.50 mm	498.0	19.06	100.00	0.00	10.00
3/8"	9.50 mm				0.00	5.00
# 4	4.75 mm				0.00	0.00
# 8	2.36 mm				0.00	0.00
# 16	1.18 mm				0.00	0.00
# 30	600 µm				0.00	0.00
# 50	300 µm				0.00	0.00
# 100	150 µm				0.00	0.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-
					MF	8.83
					TMN	3/4"



INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 34. Resultados de ensayos -Curva granulométrica de agregado grueso.

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-93
	<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para lograr resistencia mayores a partir del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-480-07
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	REALIZADO POR :	J. Gutiérrez
CÓDIGO DE PROYECTO	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	12/11/2019
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	245 kg/cm <sup>2</sup>
Procedencia	: Cantera Trapiche	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	PATRON



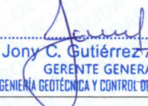
- |   |  |
|---|--|
| 1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA<br>$F'_{cr} = 329 \text{ kg/cm}^2$ | 5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO<br>Cemento = 431 kg                           |
| 2. RELACIÓN AGUA CEMENTO<br>$R_{a/c} = 0,51$                                | 6. FACTOR CEMENTO<br>Bolsas x m <sup>3</sup> = 10,1 Bolsas                         |
| 3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA<br>Agua = 220 L                        | 7. CÁLCULO DE GRAFENO<br>$0,00 \text{ kg} \times \text{m}^3 = 0,00\% / \text{Cto}$ |
| 4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO<br>Aire = 2,0%                                 |  |

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>						
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>						
Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>						
Grafeno	2267 kg/m <sup>3</sup>	0,000000 m <sup>3</sup>	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	
Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576	
Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776	
Volumen de pasta		0,378705 m <sup>3</sup>						
Volumen de agregados		0,621295 m <sup>3</sup>						

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS                          | 12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA      |
| Agregado grueso 51,0% = 0,3169 m <sup>3</sup> = 847 kg    | Cemento Sol tipo 1 12,94 kg         |
| Agregado fino 49,0% = 0,3044 m <sup>3</sup> = 809 kg      | Agua 6,61 L                         |
|   | Grafeno 0,0 g                       |
| 10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD | Agregado grueso 25,5 kg             |
| Agregado grueso 811 kg                                    | Agregado fino 24,8 kg               |
| Agregado fino 877 kg                                      | Slump Obtenido 4 1/4"               |
| 11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD       | 13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA   |
| Agua 220 L  | CEM A.F. A.G. GRAFENO AGUA          |
|   | 1 : 1,9 : 1,99 : 0 : 21,7 L / bolsa |

OBSERVACIONES:  
 \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante  
 \* Prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 35. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto patrón

INGEOCONTROL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD		FORMATO	Código	AE-FO-93																																																																								
		DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01																																																																								
			Fecha	30-04-2018																																																																								
			Página	1 de 1																																																																								
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para lograr resistencia mayores a partir del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019		REGISTRO N°:	IGC18-LEM-490-08																																																																								
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		REALIZADO POR :	J. Gutiérrez																																																																								
CÓDIGO DE PROYECTO	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		REVISADO POR :	J. Gutiérrez																																																																								
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGENEOCONTROL		FECHA DE VACIADO :	12/11/2019																																																																								
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019		TURNO :	Diurno																																																																								
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino		F' c de diseño:	245 kg/cm <sup>2</sup>																																																																								
Procedencia	: Cantera Trapiche		Asentamiento:	3" - 4"																																																																								
Cemento	: Cemento Sol tipo 1		Código de mezcla:	GRAFENO 0.03%																																																																								
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																										
F' cr = 329 kg/cm <sup>2</sup>		Cemento = 431 kg																																																																										
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																										
R a/c = 0,51		Bolsas x m <sup>3</sup> = 10,1 Bolsas																																																																										
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		7. CÁLCULO DE GRAFENO																																																																										
Agua = 220 L		0,13 kg x m <sup>3</sup> = 0,03% / Cto																																																																										
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																												
Aire = 2,0%																																																																												
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol tipo 1</td> <td>3110 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,138705 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,220000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0,020000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grafeno</td> <td>2257 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,000057 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2674 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>0,40%</td> <td>0,90%</td> <td>8,83</td> <td>1485</td> <td>1576</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2559 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>2,20%</td> <td>1,70%</td> <td>2,9</td> <td>1518</td> <td>1776</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0,378762 m<sup>3</sup></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0,621238 m<sup>3</sup></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>					INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>						Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>						Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>						Grafeno	2257 kg/m <sup>3</sup>	0,000057 m <sup>3</sup>						Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576	Agregado fino	2559 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776	Volumen de pasta		0,378762 m <sup>3</sup>						Volumen de agregados		0,621238 m <sup>3</sup>					
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO																																																																					
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>																																																																										
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>																																																																										
Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>																																																																										
Grafeno	2257 kg/m <sup>3</sup>	0,000057 m <sup>3</sup>																																																																										
Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576																																																																					
Agregado fino	2559 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776																																																																					
Volumen de pasta		0,378762 m <sup>3</sup>																																																																										
Volumen de agregados		0,621238 m <sup>3</sup>																																																																										
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA			0,030 m <sup>3</sup>																																																																							
Agregado grueso 51,0% = 0,3168 m <sup>3</sup> = 847 kg		Cemento Sol tipo 1			12,94 kg																																																																							
Agregado fino 49,0% = 0,3044 m <sup>3</sup> = 809 kg		Agua			6,61 L																																																																							
		Grafeno			3,9 g																																																																							
		Agregado grueso			25,5 kg																																																																							
		Agregado fino			24,8 kg																																																																							
		Slump Obtenido			4 1/4"																																																																							
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																										
Agregado grueso 851 kg		CEM. A.F. A.G. GRAFENO AGUA																																																																										
Agregado fino 827 kg		1 : 1,9 : 1,90 : 0,01					21,7 L / bolsa																																																																					
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		Agua																																																																										
Agua 220 L																																																																												
OBSERVACIONES:																																																																												
* Muestras provistas e identificadas por el solicitante																																																																												
* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENEOCONTROL																																																																												

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M.	Nombre y firma:	M.
	A.	Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A.
		Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martin de Porres - Lima  
Teléfono: (01) 685-3852 Cel: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com](http://www.ingeocontrol.com) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 36. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.03% de grafeno

INGEOCONTROL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD		FORMATO	Código	AE-FO-93																																																																								
		DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01																																																																								
			Fecha	30-04-2018																																																																								
			Página	1 de 1																																																																								
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para lograr resistencia mayores a partir del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-490-08																																																																									
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	REALIZADO POR :	J. Gutiérrez																																																																									
CÓDIGO DE PROYECTO	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino	REVISADO POR :	J. Gutiérrez																																																																									
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGENCOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	12/11/2019																																																																									
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019	TURNO :	Diurno																																																																									
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	245 kg/cm <sup>2</sup>																																																																									
Procedencia	: Cantera Trapiche	Asentamiento:	3" - 4"																																																																									
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	GRAFENO 0.05%																																																																									
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	$F'_{cr} = 329 \text{ kg/cm}^2$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 431 kg																																																																									
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	$R_{a/c} = 0.51$	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m <sup>3</sup> = 10.1 Bolsas																																																																									
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 220 L	7. CÁLCULO DE GRAFENO	0.22 kg x m <sup>3</sup> = 0.05% / Cto																																																																									
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 2.0%																																																																											
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS	<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECIFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol tipo 1</td> <td>3110 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0.138705 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0.220000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0.020000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grafeno</td> <td>2287 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0.000095 m<sup>3</sup></td> <td>0.40%</td> <td>0.90%</td> <td>8.83</td> <td>1485</td> <td>1576</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2674 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>2.20%</td> <td>1.70%</td> <td>2.9</td> <td>1518</td> <td>1776</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2659 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.376800 m<sup>3</sup></td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.621200 m<sup>3</sup></td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.138705 m <sup>3</sup>						Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.220000 m <sup>3</sup>						Aire	---	0.020000 m <sup>3</sup>						Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0.000095 m <sup>3</sup>	0.40%	0.90%	8.83	1485	1576	Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	2.20%	1.70%	2.9	1518	1776	Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---						Volumen de pasta		0.376800 m <sup>3</sup>						Volumen de agregados		0.621200 m <sup>3</sup>					
INSUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO																																																																					
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.138705 m <sup>3</sup>																																																																										
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.220000 m <sup>3</sup>																																																																										
Aire	---	0.020000 m <sup>3</sup>																																																																										
Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0.000095 m <sup>3</sup>	0.40%	0.90%	8.83	1485	1576																																																																					
Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	2.20%	1.70%	2.9	1518	1776																																																																					
Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---																																																																										
Volumen de pasta		0.376800 m <sup>3</sup>																																																																										
Volumen de agregados		0.621200 m <sup>3</sup>																																																																										
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS	Agregado grueso 51.0% = 0.3166 m <sup>3</sup> = 847 kg Agregado fino 48.0% = 0.3044 m <sup>3</sup> = 809 kg	12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA	0.030 m <sup>3</sup>																																																																									
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD	Agregado grueso 851 kg Agregado fino 827 kg	Cemento Sol tipo 1	12.94 kg																																																																									
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	Agua 229 L	Agua	0.61 L																																																																									
		Grafeno	0.5 g																																																																									
		Agregado grueso	25.5 kg																																																																									
		Agregado fino	24.8 kg																																																																									
		Slump Obtenido	4.34"																																																																									
		13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																										
		CEM - A.F. - A.G. - GRAFENO - AGUA	1 : 1.9 : 1.99 : 0.02 : 21.7 L / bolsa																																																																									

OBSERVACIONES:  
 \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENCOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	Noemí Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		Jony E. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com](http://www.ingeocontrol.com) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 37 Resultados de ensayos – Diseño de mezcla del concreto + 0.05% de grafeno

INGEOCONTROL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD		FORMATO		Código	AE-FO-93																																																																						
		DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211		Versión	01																																																																						
				Fecha	30-04-2018																																																																						
				Página	1 de 1																																																																						
PROYECTO	:: Incorporación del grafeno para lograr resistencia mayores a partir del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019			REGISTRO N°:	IGC18-LEM-490-10																																																																						
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino			REALIZADO POR :	J. Gutiérrez																																																																						
CÓDIGO DE PROYECTO	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino			REVISADO POR :	J. Gutiérrez																																																																						
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL			FECHA DE VACIADO :	12/11/2019																																																																						
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019			TURNO :	Diurno																																																																						
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	$f_c$ de diseño:	245 kg/cm <sup>2</sup>																																																																								
Procedencia	: Cantera Trapiche	Asentamiento:	3" - 4"																																																																								
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	GRAFENO 0.1%																																																																								
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																									
$F_{cr} = 329 \text{ kg/cm}^2$		Cemento = 431 kg																																																																									
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																									
$R_{a/c} = 0,51$		Bolsas x m <sup>3</sup> = 10,1 Bolsas																																																																									
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		7. CÁLCULO DE GRAFENO																																																																									
Agua = 220 L		$0,43 \text{ kg x m}^3 = 0,10\% / \text{Cto}$																																																																									
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																											
Aire = 2,0%																																																																											
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol tipo 1</td> <td>3110 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,138705 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,220000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0,020000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grafeno</td> <td>2287 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,000190 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2674 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>0,40%</td> <td>0,90%</td> <td>8,83</td> <td>1485</td> <td>1576</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2659 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>2,20%</td> <td>1,70%</td> <td>2,9</td> <td>1518</td> <td>1776</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0,378995 m<sup>3</sup></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0,621105 m<sup>3</sup></td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>						INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>						Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>						Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>						Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0,000190 m <sup>3</sup>						Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576	Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776	Volumen de pasta		0,378995 m <sup>3</sup>					Volumen de agregados		0,621105 m <sup>3</sup>				
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO																																																																				
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>																																																																									
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>																																																																									
Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>																																																																									
Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0,000190 m <sup>3</sup>																																																																									
Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576																																																																				
Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776																																																																				
Volumen de pasta		0,378995 m <sup>3</sup>																																																																									
Volumen de agregados		0,621105 m <sup>3</sup>																																																																									
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0,030 m <sup>3</sup>																																																																									
Agregado grueso 51,0% = 0,3168 m <sup>3</sup> = 847 kg		Cemento Sol tipo 1 12,94 kg																																																																									
Agregado fino 49,0% = 0,3043 m <sup>3</sup> = 809 kg		Agua 6,61 L																																																																									
		Grafeno 12,9 g																																																																									
		Agregado grueso 25,5 kg																																																																									
		Agregado fino 24,8 kg																																																																									
		Skump Obterido 5 1/2"																																																																									
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																									
Agregado grueso 860 kg		CEM A.F. A.G. GRAFENO AGUA																																																																									
Agregado fino 827 kg		1 : 1,9 : 1,99 : 0,04 : 21,7 L / bolsa																																																																									
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD																																																																											
Agua 220 L																																																																											

OBSERVACIONES:  
 \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com/](http://www.ingeocontrol.com/) [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)


Figura 38. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.10% de grafeno

INGEOCONTROL		FORMATO		Código	AE-FO-93																																																																										
		DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211		Versión	01																																																																										
				Fecha	30-04-2018																																																																										
				Página	1 de 1																																																																										
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para lograr resistencia mayores a partir del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019			REGISTRO N°:	IGC18-LEM-490-11																																																																										
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino			REALIZADO POR :	J. Gutiérrez																																																																										
CÓDIGO DE PROYECTO	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino			REVISADO POR :	J. Gutiérrez																																																																										
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL			FECHA DE VACIADO :	12/11/2019																																																																										
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019			TURNO :	Diurno																																																																										
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino			F'c de diseño:	245 kg/cm <sup>2</sup>																																																																										
Procedencia	: Cantera Trapiche			Asentamiento:	3" - 4"																																																																										
Cemento	: Cemento Sol tipo 1			Código de mezcla:	GRAFENO 0.15%																																																																										
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																													
F'cr = 329 kg/cm <sup>2</sup>		Cemento = 431 kg																																																																													
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																													
R a/c = 0,51		Bolsas x m <sup>3</sup> = 10,1 Bolsas																																																																													
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		7. CÁLCULO DE GRAFENO																																																																													
Agua = 220 L		0,85 kg x m <sup>3</sup> = 0,15% / Cto																																																																													
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																															
Aire = 2,0%																																																																															
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol tipo 1</td> <td>3110 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,138705 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,220000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0,020000 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grafeno</td> <td>2287 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0,000285 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2674 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>0,40%</td> <td>0,90%</td> <td>8,83</td> <td>1485</td> <td>1576</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2659 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>2,20%</td> <td>1,70%</td> <td>2,9</td> <td>1518</td> <td>1776</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0,378990 m<sup>3</sup></td> <td colspan="4"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0,821010 m<sup>3</sup></td> <td colspan="4"></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>						Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>						Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>						Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0,000285 m <sup>3</sup>						Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576	Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776	Volumen de pasta		0,378990 m <sup>3</sup>							Volumen de agregados		0,821010 m <sup>3</sup>						
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO																																																																								
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m <sup>3</sup>	0,138705 m <sup>3</sup>																																																																													
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,220000 m <sup>3</sup>																																																																													
Aire	---	0,020000 m <sup>3</sup>																																																																													
Grafeno	2287 kg/m <sup>3</sup>	0,000285 m <sup>3</sup>																																																																													
Agregado grueso	2674 kg/m <sup>3</sup>	---	0,40%	0,90%	8,83	1485	1576																																																																								
Agregado fino	2659 kg/m <sup>3</sup>	---	2,20%	1,70%	2,9	1518	1776																																																																								
Volumen de pasta		0,378990 m <sup>3</sup>																																																																													
Volumen de agregados		0,821010 m <sup>3</sup>																																																																													
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA																																																																													
Agregado grueso 81,0% = 0,3167 m <sup>3</sup> = 847 kg		Cemento Sol tipo 1 12,94 kg																																																																													
Agregado fino 49,0% = 0,3043 m <sup>3</sup> = 809 kg		Agua 6,61 L																																																																													
		Grafeno 19,4 g																																																																													
		Agregado grueso 25,5 kg																																																																													
		Agregado fino 24,8 kg																																																																													
		Slump Obtenido 5 3/4"																																																																													
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																													
Agregado grueso 890 kg		CEM A.F. A.G. GRAFENO AGUA																																																																													
Agregado fino 817 kg		1 : 1,8 : 1,99 : 0,06 : 21,7 L / bolsa																																																																													
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD																																																																															
Agua 230 L																																																																															
OBSERVACIONES:																																																																															
* Muestras provistas e identificadas por el solicitante																																																																															
* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL																																																																															

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M.	Nombre y firma:	M.
	A.	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196629 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A.
		Nombre y firma:	M.
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com](http://www.ingeocontrol.com) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 39. Resultados de ensayos –Diseño de mezcla del concreto + 0.15% de grafeno.

	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-101
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para mejorar el esfuerzo a la compresión del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019		REGISTRO N°:	IGC19-LEM-490-12
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: --		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: --		FECHA DE ENSAYO :	19/11/2019
FECHA DE EMISIÓN	: 22/11/19		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
F'c de diseño	: 245 kg/cm <sup>2</sup>			

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
CONCRETO PATRON	12/11/2019	19/11/2019	7	10.14	20.00	4	1.97	15927.0	197 kg/cm <sup>2</sup>	80.5%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	19/11/2019	7	10.12	20.00	1	1.98	16425.0	204 kg/cm <sup>2</sup>	83.3%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	19/11/2019	7	9.89	20.00	4	2.02	15255.0	199 kg/cm <sup>2</sup>	81.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	19/11/2019	7	9.91	20.00	6	2.02	18126.0	235 kg/cm <sup>2</sup>	95.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	19/11/2019	7	9.88	20.00	2	2.02	18186.0	237 kg/cm <sup>2</sup>	96.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.04	20.00	2	1.99	18982.0	240 kg/cm <sup>2</sup>	97.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.11	20.00	4	1.98	19186.0	239 kg/cm <sup>2</sup>	97.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	19/11/2019	7	9.92	20.00	2	2.02	18162.0	235 kg/cm <sup>2</sup>	95.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.14	20.00	1	1.97	19845.0	243 kg/cm <sup>2</sup>	99.3%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.25	20.00	1	1.95	20133.0	244 kg/cm <sup>2</sup>	99.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.00	20.00	1	2.00	19345.0	246 kg/cm <sup>2</sup>	100.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.20	20.00	1	1.96	19974.0	244 kg/cm <sup>2</sup>	99.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.19	20.00	2	1.96	19735.0	242 kg/cm <sup>2</sup>	98.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	19/11/2019	7	10.17	20.00	4	1.97	19414.0	239 kg/cm <sup>2</sup>	97.5%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	19/11/2019	7	9.98	20.00	6	2.00	19556.0	250 kg/cm <sup>2</sup>	102.0%



8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 11:



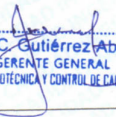
L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>b</sup> of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions Field conditions	2.4 % 2.9 %	6.6 % 8.0 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 % 10.6 %


Fonte: ASTM C39

- OBSERVACIONES:**
- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
  - \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
  - \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  <b>Noemi C. Sanchez Huaman</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  <b>Jony C. Gutierrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

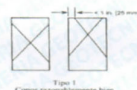
Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martin de Porres - Lima  
Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
[www.ingeocontrol.com](http://www.ingeocontrol.com) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)

Figura 40. Resultados de ensayos Resultados de prueba de resistencia a los 7 días

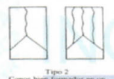
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-101
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	Incorporación del grafeno para mejorar el esfuerzo a la compresión del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019		REGISTRO N°: IGC19-LEM-490-13
SOLICITANTE	Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		REALIZADO POR : C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	---		REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	---		FECHA DE ENSAYO : 28/11/2019
FECHA DE EMISIÓN	28/11/19		TURNO : Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F <sub>c</sub> de diseño	245 kg/cm <sup>2</sup>		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F <sub>c</sub>
CONCRETO PATRON	12/11/2019	28/11/2019	14	9.90	20.00	1	2.02	19783.0	257 kg/cm <sup>2</sup>	104.9%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	28/11/2019	14	9.90	20.00	3	2.02	19860.0	258 kg/cm <sup>2</sup>	105.3%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	28/11/2019	14	10.00	20.00	3	2.00	20655.0	263 kg/cm <sup>2</sup>	107.3%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.01	20.00	1	2.00	21956.0	279 kg/cm <sup>2</sup>	113.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.00	20.00	3	2.00	21945.0	279 kg/cm <sup>2</sup>	114.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.20	20.00	3	1.96	23369.0	286 kg/cm <sup>2</sup>	116.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.10	20.00	2	1.98	23234.0	290 kg/cm <sup>2</sup>	118.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.00	20.00	5	2.00	23404.0	298 kg/cm <sup>2</sup>	121.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.16	20.00	5	1.97	24321.0	300 kg/cm <sup>2</sup>	122.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.20	20.00	2	1.96	24840.0	304 kg/cm <sup>2</sup>	124.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.00	20.00	2	2.00	23654.0	301 kg/cm <sup>2</sup>	122.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.30	20.00	2	1.94	25746.0	308 kg/cm <sup>2</sup>	126.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	28/11/2019	14	9.95	20.00	3	2.01	23404.0	301 kg/cm <sup>2</sup>	122.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	28/11/2019	14	10.15	20.00	5	1.97	24112.0	298 kg/cm <sup>2</sup>	121.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	28/11/2019	14	9.74	20.00	1	2.05	22576.0	303 kg/cm <sup>2</sup>	123.7%



Tipo 1  
Cierre normal de un espécimen de concreto en ambos extremos, muestra a través de los cables de acero de 1 pul (25 mm).



Tipo 2  
Cierre tipo 2 fabricado en un extremo, líneas verticales a través de los cables, como se ven dentro en el otro extremo.



Tipo 3  
Especificaciones de un espécimen de concreto en ambos extremos, como se ven dentro.



Tipo 4  
Fractura diagonal en el punto de tracción de los extremos, golpeado suavemente con un martillo para distinguirlo del Tipo 1.



Tipo 5  
Fractura en los lados en las partes superior e inferior (ocurre consistentemente con cables no adheridos).



Tipo 6  
Muestra el Tipo 2 pero el extremo del cilindro es permeable.

FIG. 2 Esquema de los Modos de Fractura Típicos  
Fuente: ASTM C39

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation<sup>a</sup>

Acceptable Range<sup>b</sup> of Individual Cylinder Strengths

2 cylinders

3 cylinders

6 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions 2.4 % 6.6 % 7.8 % Field conditions 2.9 % 8.0 % 9.5 %

4 by 8 in. [103 by 203 mm] Laboratory conditions 3.2 % 9.0 % 10.6 %

Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**


- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Figura 41. Resultados de ensayos Resultados de prueba de resistencia a los 14 días



	<b>INFORME</b>		Código	AE-FO-101
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Incorporación del grafeno para mejorar el esfuerzo a la compresión del concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ Lima 2019		REGISTRO N°:	IGC19-LEM-490-14
SOLICITANTE	: Ruben Peñares Raymundo / Jhon Manolo Pahuacho Aquino		REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: ---		FECHA DE ENSAYO :	10/12/2019
FECHA DE EMISIÓN	: 11/12/19		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
F <sub>c</sub> de diseño	: 245 kg/cm <sup>2</sup>			

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-18**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F <sub>c</sub>
CONCRETO PATRON	12/11/2019	10/12/2019	28	10.14	20.00	4	1.97	23822.0	295 kg/cm <sup>2</sup>	120.4%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	10/12/2019	28	10.16	20.00	5	1.97	23511.0	290 kg/cm <sup>2</sup>	118.4%
CONCRETO PATRON	12/11/2019	10/12/2019	28	9.97	20.00	4	2.01	23342.0	299 kg/cm <sup>2</sup>	122.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	10/12/2019	28	9.93	20.00	4	2.01	24783.0	320 kg/cm <sup>2</sup>	130.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.17	20.00	3	1.97	25669.0	316 kg/cm <sup>2</sup>	129.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.03%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.16	20.00	3	1.97	26835.0	331 kg/cm <sup>2</sup>	135.1%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	10/12/2019	28	9.99	20.00	2	2.00	26258.0	335 kg/cm <sup>2</sup>	136.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.07	20.00	2	1.99	27078.0	340 kg/cm <sup>2</sup>	138.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.05%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.10	20.00	2	1.98	26439.0	330 kg/cm <sup>2</sup>	134.7%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	10/12/2019	28	9.96	20.00	3	2.01	26879.0	345 kg/cm <sup>2</sup>	140.8%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.10	20.00	5	1.98	27400.0	342 kg/cm <sup>2</sup>	139.6%
CONCRETO CON GRAFENO 0.1%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.13	20.00	5	-1.97	28208.0	350 kg/cm <sup>2</sup>	142.9%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.17	20.00	3	1.97	27862.0	343 kg/cm <sup>2</sup>	140.0%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	10/12/2019	28	10.16	20.00	3	1.97	27483.0	339 kg/cm <sup>2</sup>	138.4%
CONCRETO CON GRAFENO 0.15%	12/11/2019	10/12/2019	28	9.74	20.00	1	2.05	25407.0	341 kg/cm <sup>2</sup>	139.2%



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- \* Prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENCOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	QCC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA DE TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERÍA DE TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima  
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Figura 42. Resultados de ensayos- Resultados de prueba de resistencia a los 28 días

## Teorías relacionadas al tema

### Concreto

Morales (2014), resaltó que “El concreto es un material vinculado a la construcción para el desarrollo de infraestructura y que lo constituyen diversos materiales dosificados que proporcionan resistencia con importantes propiedades mecánicas”

Goma (1979), manifiesta que “Podemos comprender como aglomerante a todo material solo o compuesto capaz de mezclar sustancias de naturaleza distinta, teniendo la capacidad de endurecerse en un periodo determinado” (p. 3).

### Propiedades del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto:

1. **Resistencia a la compresión:** Capacidad de soportar una carga por unidad de área, expresado en esfuerzo, en kg / cm<sup>2</sup>, MPa. En cierta costumbre libras por pulgada cuadrada (psi)” LONDOÑO y MARÍN (2019) p. 16.
2. **Resistencia a la tensión:** según Morales (2018) está en base a la resistencia de tensión propia de la pasta del cemento, los agregados y la unión entre ambos.

### El concreto fresco

Concreto de estado plástico y moldeable que adopta la forma del encofrado.

Propiedades en el concreto fresco son:

- **Facilidad de uso:** determina el trabajo para superar la fricción entre los materiales en el encofrado o refuerzo.
- **Compacidad:** determina el trabajo para superar la fricción entre los materiales en la moldura o refuerzo.
- **Contenido de aire:** permite utilizar menos agua en la mezcla de concreto.
- **Contenido de cemento y agua:** determina el rendimiento del hormigón, en resistencia y durabilidad.
- **Consistencia:** es la capacidad de flujo del concreto.

- Ventilación: evaporación de agua del concreto mezclado, que es causada de la sedimentación de materiales sólidos.

## **Trabajabilidad**

Se define como la dificultad más o menos grande en mezclar, transportar, colocar y comprimir concreto. siendo relativa un concreto que puede manejarse bajo ciertas condiciones de inversión no necesariamente aparece de esa manera cuando estas condiciones cambian (Pasquel, 1998).

Lo tradicional de medir la trabajabilidad, "SLUMP" o establecido con el cono Abrams durante muchos años porque permite un enfoque numérico, pero debe haber una idea clara de que Es más una prueba de consistencia que de capacidad. trabajo, porque se puede demostrar fácilmente que se puede obtener concreto con el mismo acuerdo, pero en particular con una capacidad de trabajo diferente en las mismas condiciones de trabajo

## **El concreto endurecido**

Etapas del concreto una vez fraguado, donde el concreto obtiene resistencia formando un molde, capaz de soportar altas tensiones.

## **Resistencia del concreto**

El concreto requiere una resistencia a la compresión definida a los 28 días.

## **Los agregados**

Elementos del concreto siendo aglomerados por la pasta de cemento para formar estructuras resistentes. En proporción, forman aproximadamente el 75% del volumen total de concreto; Es por eso que son de suma importancia en el comportamiento final del concreto (Rivva, 2010).

Hecho de partículas llamada gradación, agregadas de diferentes tamaños. La alternativa más común en la fabricación de concreto de buena calidad es tener el agregado en al menos dos secciones separadas, con la partición principal en el tamaño de partícula de 9.5 mm. o malla ASTM número 3/8. Por lo tanto, el agregado fino (arena) se divide del agregado grueso (grava)

## **Clasificación del agregado**

De acuerdo a las características se clasifican en:

- Por su Naturaleza: natural o artificial.
- Debido a su granulometría: Agregado fino (arena); agregado grueso (grava)
- Debido a su densidad: 2.50 a 2.75, liviano con pesos específicos menores a 2.5, pesado con pesos específicos mayores a 2.75.

## **Propiedades físicas del agregado**

Son las siguientes:

- Densidad: Componentes sólidos, en la porosidad del material en sí. Se utiliza para construir concreto de menor o mayor peso unitario. La baja densidad indica que el material es esponjoso y frágil con alta absorción.
- Porosidad: Es una de las propiedades más trascendentes de esta, debido a su dominio en otras propiedades, puede afectar la estabilidad química, la resistencia mecánica, la resistencia a la abrasión, elasticidad, gravedad específica, absorción y permeabilidad.
- Peso unitario: Un valor útil; Convertir pesos en volúmenes y viceversa, esto significa que hay poco espacio para llenar con arena y cemento. Este resultado de dividir el peso de las partículas por el volumen total, incluidos los huecos.
- Porcentaje de espacios: Medida del volumen, entre las partículas agregadas, que depende de la disposición de las partículas; razón por la cual su valor es relativo en cuanto al peso de la unidad evaluado utilizando los siguientes términos recomendados por ASTM C-29
- Humedad: Agua superficial que queda atrapada por la partícula; perturba la cantidad más a menos grande de agua que se necesita en la mezcla.

## Cemento.

El cemento puede mezclarse con diferentes materiales denominados agregados y adicionando agua a esta mezcla se creará una pasta denominada concreto u hormigón, esta se puede trabajar durante un tiempo definitivo para ser utilizada en las obras civiles, resultando un material de buena resistencia y mantener su volumen relativamente constante a largo tiempo.

### Tipos

- Arcilloso: Conformados de arcilla y piedra caliza en relación de uno a cuatro
- Puzolánico: De procedencia biológica o volcánica

**Tabla N° 45** *Tabla . Principales Componente del Cemento Portland* Tabla

Nombre del Componente	Composición óxida	Nomenclatura
Silicato Tri cálcico	3 CaO.SiO <sub>2</sub>	C3S
Silicato Bi cálcico	2 CaO.SiO <sub>2</sub>	C2S
Aluminato Tri cálcico	3 CaO.AlO <sub>3</sub>	C3A
Aluminio ferrato	4 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF
Yeso	CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>

Fuente CCopa pag 22

• **Los silicatos** son más importantes y causan la resistencia a la pasta de cemento hidratada; Óxidos que tienen efectos importantes en la disposición atómica, en los cristales y propiedades hidráulicas de silicatos.

- **El aluminato tricálcico** no es deseable en el cemento, ya que contribuye poco o nada a su resistencia, excepto en las primeras etapas; y cuando la pasta de cemento endurecido es atacada por sulfatos.
- **Componentes más pequeños** que generalmente representan solo una pequeña proporción de la masa de cemento. los óxidos de sodio y potasio, Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O, los álcalis.
- **El yeso** Elemento importante que sistematiza el endurecimiento del cemento dentro de ciertos límites siendo un producto útil en el diseño. Consecuentemente, la velocidad y la reacción deben ser controladas. Logramos esto dosificando cuidadosamente el yeso que se agrega al clínker durante la molienda (Abanto, 1988)

### **Clasificación Del Cemento Portland Estándar**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, los tipos de cementos Portland son:

TIPO I: No requieren propiedades especiales de ningún otro tipo;

TIPO II: Para resistencia moderada, sulfatos o calor de hidratación moderado;

TIPO III: Utilizada en alta resistencia inicial;

TIPO IV: Usado cuando hay poco calor de hidrogenación;

TIPO V: Se utilizan en condiciones de alta resistencia a los sulfatos;

## Normatividad Relacionada

### Normatividad Nacional.

**NTP.-** Las normas técnicas peruanas son documentos que definen especificaciones o requisitos de calidad para la estandarización de productos, procesos y servicios.

### Reglas Internacionales

**ASTM.-** Significado. Abreviatura de la Sociedad Estadounidense de Ensayos y Materiales, fundada en 1898. Es la organización científica y técnica más grande que establece y difunde normas sobre las propiedades y el rendimiento de materiales, productos, sistemas y servicios.

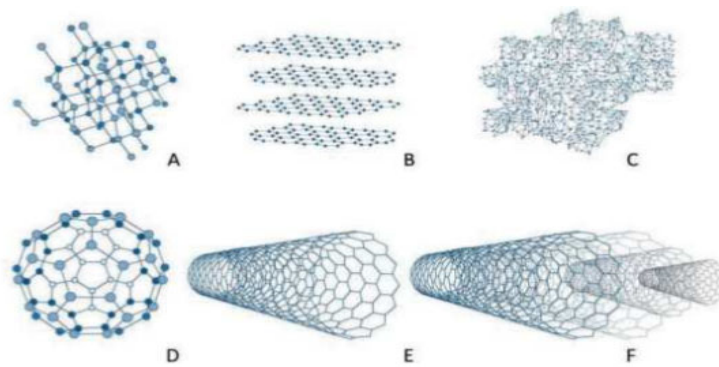
### Grafeno



*Figura 43 Presentaciones de grafeno*

*Fuente, Justy García Koch. (2012)*

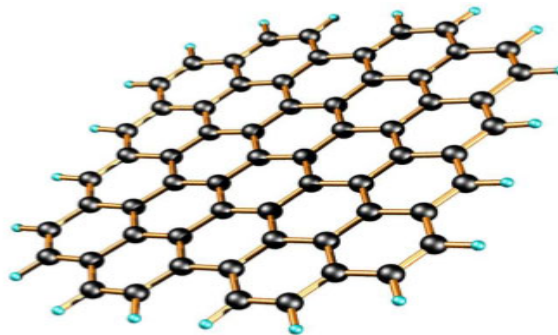
**Definición: Paz (2018)**, señaló que "El grafeno es una forma alotrópica de carbono, con una estructura molecular bidimensional organizada en una red hexagonal como un panel de abejas cuyo grosor es un átomo" (p. 7)



*Figura 44. Formas alotrópicas del carbono*

: A- Diamante; B- grafito; C- Carbono amorfo; D-Fullereno; E- Nanotubos de pistón electrónico con una pared; F Nano tubería de carbono de multipared nano.

*Fuente: Dela Peña Benites, Pedro 2017. Nanotecnología en Arquitectura: el grafeno. Dyna , setiembre*



*Figura 45. Estructura Molecular del grafeno*

Fuente: <http://www.infografeno.com>

Muñoz et al. (2016), indica que “El gráfico es una alotropía de carbono con configuración  $sp^2$ . Es un material plano que se considera átomos de carbono bidimensionales y se une a través de enlaces covalentes que forman exógenos, interconectados ”(p.1320).



El grafeno llamado "material maravilloso", que consiste en una lámina de carbono unida que apenas tiene un espesor de átomo, es el material artificial más fuerte del mundo creado hasta ahora. Los investigadores lo han utilizado recientemente para crear un nuevo tipo de concreto que es mucho más resistente, resistente al agua y más ecológico de lo que estamos acostumbrados en la construcción de viviendas y edificaciones.

### **Estado del grafeno**

Paz (2018), menciona que, con respecto al grafeno, cada átomo de carbono está unido a otros tres átomos de carbono e integra una estructura hexagonal, que se considera la unidad base de los otros elementos grafiticos "(p. 8)

### **Propiedades del grafeno**

Paz (2018), consideró:

- a) Conductividad eléctrica: tiene una buena capacidad para mover campos eléctricos.
- b) Electroquímicamente inerte: es resistente a los ataques microbianos y a la oxidación.
- c) Mejora de la resistencia mecánica: se investiga el uso del gráfico, cuyos resultados reflejan resultados positivos.
- d) Amplificador fotocatalítico por su ventaja de ser modificado químicamente para ajustar sus propiedades superficiales. (págs. 13-19)
- e) Muñoz (2016) afirma que:

El grafeno muestra excelentes propiedades mecánicas, ópticas, térmicas y eléctricas, entre otras, lo que lo convierte en un material muy atractivo para diversas aplicaciones. En otras palabras, la adición de grafeno a una matriz polimérica aumenta en gran medida las propiedades: eléctricas, térmicas y mecánicas. (p. 1320)

### **Aplicación del grafeno**

Paz (2018), considera que tiene muchas aplicaciones que destacan:

En concreto mejorado: al tratar de evitar el agrietamiento, con óxido de grafeno (GO), que se mezcla fácilmente con otros materiales, mejora el curado al controlar

la microestructura de los cristales, con un área de superficie alta, que es flexible y ultra resistente. (p.39)

Tabla 45 Cuadro de resistencia del compuesto de cemento con % de GO

% GO	Resistencia a tracción (MPa) / Incremento (%)		Resistencia a flexión (MPa) / Incremento (%)		Resistencia a compresión (MPa) / Incremento (%)	
	3 días	28 días	3 días	28 días	3 días	28 días
0%	1,94/0	3,83/0	5,63/0	8,84/0	36,74/0	59,31/0
0.01 %	2,47/28,0	5,63/47,0	8,55/51,9	13,4/51,7	41,2/12,2	67,2/13,4
0.02 %	2,48/27,8	6,11/59,5	8,68/54,2	11,8/32,9	48,3/31,5	75,7/27,6
0.03%	2,93/51,0	6,84/78,6	9,61/70,7	14,2/60,7	53,3/45,1	82,4/38,9
0.04%	2,42/24,7	5,23/36,6	7,23/28,4	11,54/30,5	56,4/53,6	84,4/42,2
0.05%	2,41/24,2	5,20/35,8	7,21/28,1	11,51/30,2	58,5/59,0	87,7/47,9

Fuente: Paz (2018)

### Obtención del Grafeno

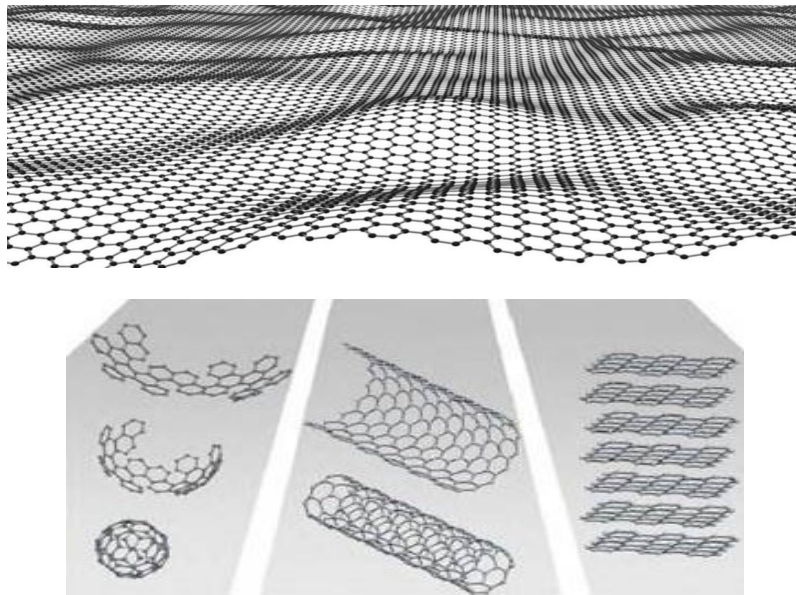
(Geim y Novoselov, 2004) El descubrimiento de un evento que inmediatamente llamó la atención de la investigación. El grafeno se puede extraer del grafito por exfoliación, también se puede obtener de varias fuentes basadas en carbono, el material más abundante en la tierra. Por lo tanto, la producción de grafeno siempre se ha limitado a mediciones de laboratorio. Las diferentes técnicas tradicionales para lograr una alta escalabilidad son:

- Exfoliación de la cinta: "Scotch Tape"

(Nanofenologías Graphenano, 2017). El método tradicional, llamado peeling micromecánico, que ganó a los físicos André Geim y Kostantin Novoselov para recibir el Premio Nobel 2010, consiste en obtener Grafeno quitando el grafito con cinta adhesiva. Después de pases sucesivos, se elimina parte del grafito y se obtienen capas de grafeno pequeño

- Deposición de vapor: "CVD (Deposición química de vapor)"

(Nanofenologías Graphenano, 2017). Para obtener grafeno de alta calidad, se utiliza el pelado mecánico de grafito, pero no es útil para crear el grafeno a gran escala. Con el aumento del grafeno se obtiene átomos de carbono.



*Figura 46. Madre de todas las formas de grafito*

. El Grafeno es el material de construcción bidimensional para materiales carbonosos de todas las demas dimensiones. Puede curvarse en fullerenos 0D, enrollarse en nanotubos 1D y apilarse en grafito 3D. Fuente: Geim, A. K. and K. S. Novoselov, "The raise of Graphene", materiales naturales, Vol. 6, March 2007, p. 183.

### **Grafeno en cementos y concreto**

PEÑA (2018) Mencione que para estudiar el comportamiento mecánico del mortero de concreto y cemento, Los experimentos han demostrado que los discos de óxido de grafeno son barreras para la dispersión de grietas aumentando sus propiedades mecánicas. Para 0.05% en peso de óxido de grafeno en peso de cemento, es posible desarrollar resistencia del 15 al 33% y flexión del 41 al 59%. s 3.

Los diversos estudios proporcionan un marco amplio para el avance de grafeno en el campo de construcción. Sus propiedades lo denominan un material potencial, que se descubre gracias a la investigación científica realizada a diario. Cabe recordar que han pasado algunos años desde su primera síntesis en 2004 y que los procedimientos para obtenerlos siguen siendo complejos y costosos. Pero el futuro de este material se caracterizará por esta investigación continua, que está ganando gradualmente nuevos métodos de producción a nivel industrial.

Anexo 5. Matriz de Consistencia

Tabla 46 . Matriz de consistencia: Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto  $f'c = 245 \text{ kg/Lima 2019}$

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	MEDICIÓN	METODOLOGÍA
			INDEPENDIENTE			
¿Cómo influye la incorporación de grafeno en la resistencia y la trabajabilidad del concreto a partir $f'c=245\text{kg/cm}^2$ . Lima 2019	Analizar la incorporación de grafeno en la resistencia y la trabajabilidad del concreto a partir del $f'c=245\text{kg/cm}^2$ . Lima 2019	La incorporación del grafeno incrementará en la resistencia y la trabajabilidad del concreto a partir $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ . Lima 2019	Grafeno	Dosificación de concreto con grafeno	Porcentaje de grafeno a emplear 0.03%, 0.05%, 0.10%, y 0.15% del peso del cemento	TIPO: Aplicada ENFOQUE: Cuantitativo NIVEL: Descriptivo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADOR	MEDICIÓN	DISEÑO: Experimental
			DEPENDIENTE			
PE1: ¿Cómo influye La incorporación de grafeno en la trabajabilidad a partir del concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ ?	OE1: Analizar La incorporación de grafeno para incrementar la trabajabilidad a partir del concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .	HP1: La incorporación del grafeno incrementará la trabajabilidad, a partir del concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .	Trabajabilidad	consistencia del concreto asentamiento al cono de Abrams	Pulg	Técnicas observación y análisis documental
PE 2: ¿Cómo influye la incorporación de grafeno en el esfuerzo a la compresión , para edades 7, 14, y 28 días a partir del concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ ?	OE2: Analizar La incorporación del grafeno para incrementar el esfuerzo a compresión para edades 7, 14, y 28 días a partir del concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .	HP2 : La incorporación del grafeno incrementará el esfuerzo a la compresión, para edades 7, 14 y 28 días a partir del concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ .	Ensayo de compresión de concreto en concreto patrón y con aditivo grafeno (Astm c-39)	Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días ( $f'c=245 \text{ Kg/cm}^2$ )	$F'c$ en $\text{kg/cm}^2$	INSTRUMENTOS Ficha técnica y reportes de laboratorio  POBLACION: Infinita Muestra: 60 Ensayos

Fuente: Elaboración Propia