



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Incorporación del Óxido de Grafeno para Mejorar la Resistencia a Compresión del  
Concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Cesar Antonio Casayco Fernández (ORCID: 0000-0002-2139-5350)

Carlos Fernando Morales Fabián (ORCID: 0000-0002-8648-0839)

ASESOR:

Mg. Leopoldo Choque Flores (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Y Estructural

Lima – Perú

2019

## **Dedicatoria**

El presente proyecto de investigación lo dedicamos primeramente a Dios, por ser el inspirador, darnos el conocimiento y mucha fuerza en el afán de alcanzar nuestros sueños y ser un ejemplo a seguir para nuestros hijos.

## **Agradecimiento**

Muy especial al grupo de estudiantes de esta carrera, a aquellos del anonimato que de una u otra forma colaboraron para alcanzar el rumbo trazado por haber compartido grandes experiencias que fueron motivadoras en este esfuerzo.

A los jefes de las áreas de trabajo donde laboramos que permitieron excusarnos para asistir al estudio, la oportunidad que tuvimos y no la desaprovechamos.

Al creador por darnos la vida, protegernos, bendecirnos y escuchar nuestras invocaciones por todo esto y mucho más.

**Gracias Totales.**

## **Página del Jurado**



## **Página del Jurado**


## Declaratoria de Autenticidad

Nosotros, Casayco Fernández Cesar Antonio identificado con DNI N° 41167919 y Morales Fabián Carlos Fernando identificado con DNI N° 10245047, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticas y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamente u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, Diciembre del 2019



Cesar Antonio Casayco Fernández

DNI N° 41167919



Carlos Fernando Morales Fabián

DNI N° 10245047

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	vi
Índice .....	vii
Índice de Tablas .....	x
Índice de Imágenes .....	xii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	16
2.1 Diseño de la investigación .....	16
2.1.1 Método: .....	16
2.1.2 Tipo de Investigación .....	16
2.1.3 Nivel de Investigación.....	17
2.1.4 Diseño de investigación .....	17
2.2 Variables, operacionalización.....	17
2.2.1 Variables.....	17
2.2.2 Definición conceptual .....	18
2.2.3 Definición operacional.....	19
2.3 Población y muestra.....	21
2.3.1 Población objetivo.....	21
2.3.2 Tamaño de la muestra .....	21
2.3.3 Muestreo.....	22
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	23
2.4.1 Técnicas.....	23
2.4.2 Instrumentos .....	23
2.4.3 Confiabilidad.....	24
2.4.4 Validez.....	25
2.5 Métodos de análisis de datos.....	25
2.6 Aspectos éticos.....	25
III. RESULTADOS .....	27

3.1	Ubicación .....	27
3.2	Ubicación del óxido de grafeno .....	27
3.3	Propiedades físicas de los agregados .....	28
3.3.1	Características físicas de agregado fino piedra chancada .....	28
3.3.2	Características físicas de agregado grueso .....	29
3.4	Diseño de mezcla por el método A.C.I: .....	29
3.4.1	Proporción del óxido de grafeno en porcentaje.....	37
3.4.2	Dosificación de mezcla patrón .....	37
3.4.3	Diseño de mezcla con dosificación de 0.05% de óxido de grafeno. ....	37
3.4.4	Diseño de mezcla con dosificación de 0.06% de óxido de grafeno. ....	38
3.4.5	Diseño de mezcla con dosificación de 0.07% de óxido de grafeno. ....	38
3.4.6	Diseño de mezcla con dosificación de 0.08% de óxido de grafeno. ....	38
3.4.7	Diseño de mezcla con dosificación de 0.09% de óxido de grafeno. ....	39
3.4.8	Diseño de mezcla con dosificación de 0.10% de óxido de grafeno. ....	39
3.5	Resultados de los ensayos de asentamiento del concreto (ASTM C-143).....	40
3.5.1	Consistencia (ASTM C413, NTP 339.035) .....	40
3.6	Calculo de los resultados de la resistencia a compresión a los 7 días: .....	41
3.6.1	Resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 7 día.....	44
3.6.2	Resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 28 días .....	45
3.6.3	Resultados de los ensayos de resistencia a compresión: .....	46
3.7	Análisis Estadístico E Interrelación de los Resultados .....	48
3.7.1	Análisis estadístico descriptivo de la resistencia a la edad de 7 días .....	48
3.7.2	Prueba de normalidad a los 7 días .....	49
3.7.3	Análisis Inferencial prueba de hipótesis de resistencia. ....	50
3.7.4	Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días. ....	52
3.7.5	Análisis estadística descriptivo de resistencia a la edad 28 días. ....	54
3.7.6	Prueba de normalidad a los 28 días .....	54
3.7.7	Análisis Inferencial prueba de hipótesis de resistencia. ....	56
3.7.8	Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días. ....	57
IV.	Discusión .....	61
V.	Conclusiones.....	63
VI.	Recomendaciones .....	65
	Referencias.....	66
	Anexos .....	69

Anexo 1: matriz de consistencia .....	69
Anexo 2: Resultados de ensayos realizados en laboratorio agregado fino .....	70
Anexo 3: Resultados de ensayos realizados en laboratorio agregado grueso .....	76
Anexo 4: Certificado de calibración balanza de funcionamiento no automático.....	83
Anexo 5: Certificado de calibración, balanza de funcionamiento no automático.....	87
Anexo 6: Certificado de calibración, horno. ....	91
Anexo 7: Certificado de calibración, termómetro digital.....	97
Anexo 8: Certificado de calibración, prensa de concreto. ....	100
Anexo 9: panel fotográfico.....	103
Anexo 10: Ficha Técnica del cemento portland tipo I .....	108
Anexo 11: Ficha técnica Óxido de Grafeno .....	110
Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis .....	111
Pantallazo del Software Turnitin .....	113
Autorización para la Publicación de la Tesis .....	114
Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación .....	115

## Índice de Tablas

Tabla 1 Características del óxido de grafeno	8
Tabla 2 Requisitos granulométricos del agregado fino	11
Tabla 3 Requisito granulométrico del agregado grueso	12
Tabla 4 Cuadro de operacionalización	20
Tabla 5 Tamaño de la muestra	22
Tabla 6 Ficha de recolección de datos	24
Tabla 7 Características físicas del agregado fino	28
Tabla 8 Característica físicas del agregado grueso	29
Tabla 9 Factor de seguridad	30
Tabla 10 Contenido de aire	30
Tabla 11 Volumen unitario de agua	31
Tabla 12 Relación agua cemento	31
Tabla 13 Peso del agregado grueso	33
Tabla 14 Proporción de diseño	36
Tabla 15 Proporción del óxido de grafeno	37
Tabla 16 Dosificación de mezcla patrón	37
Tabla 17 Dosificación de mezcla con 0.05% de óxido de grafeno	37
Tabla 18 Dosificación de mezcla con 0.06% de óxido de grafeno	38
Tabla 19 Dosificación de mezcla con 0.07% de óxido de grafeno	38
Tabla 20 Dosificación de mezcla con 0.08% de óxido de grafeno	38
Tabla 21 Dosificación de mezcla con 0.09% de óxido de grafeno	39
Tabla 22 Dosificación de mezcla con 0.10% de óxido de grafeno	39
Tabla 23 Resultados de los ensayos de asentamiento del concreto	40
Tabla 24 Resultado de los ensayos de resistencia a los 7 días	44
Tabla 25 Resultado de los ensayos de resistencia a los 28 días	45

Tabla 26 Resultado de la resistencia a compresión	46
Tabla 27 Descriptivo de la resistencia a los 7 días.	48
Tabla 28 Descriptivos de resistencia patrón y de la media globalizado a los 7 días	48
Tabla 29 Prueba de normalidad de resistencia a los 7 días	49
Tabla 30 Prueba de ANOVA de resistencia a los 7 días.	50
Tabla 31 comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días	52
Tabla 32 Descriptivo de la resistencia a los 28 días	54
Tabla 33 Descriptivos de resistencia patrón de la media globalizado a los 28 días.	54
Tabla 34 Prueba de normalidad de resistencia a los 28 días	55
Tabla 35 Prueba de ANOVA de resistencia a los 28 días	57
Tabla 36 comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días	58

## Índice de Imágenes

Figura 1 Estructura del óxido del grafeno .....	4
Figura 2 Forma del grafeno plana.....	5
Figura 3 Proceso del óxido de grafeno .....	7
Figura 4 Ubicación de laboratorio y cantera carapongo.....	27
Figura 5 ubicación del óxido de grafeno .....	28
Figura 6 Diagrama de barras de los ensayos de la trabajabilidad.....	41
Figura 7 Resistencia máxima vs tiempo .....	47
Figura 8 Resistencia máxima vs diño de mezcla.....	47
Figura 9 diagrama de cajas patrón y edades de 7días.....	50
Figura 10 gráfico de medias de las edades de 7 días .....	53
Figura 11 diagrama de cajas patrón y edades de 28 días.....	56
Figura 12 gráfico de medias de las edades de 28 días .....	60



## Generalidades

**Título:** Incorporación Del Oxido De Grafeno Para Mejorar La Resistencia  
A Compresión Del Concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

**Autor(es):** Cesar Antonio Casayco Fernández  
Carlos Fernando Morales Fabián

**Asesor:** Mg. Leopoldo Choque Flores

**Tipo de investigación:** Experimental

**Línea de investigación:** Diseño Sísmico Y Estructural

**Localidad:** Ate-Lima.

**Duración de la investigación:**

Fecha de inicio: Abril de 2019

Fecha de término: Diciembre de 2019

## Resumen

La iniciativa y necesidad en la investigación tiene el propósito de investigar, analizar y comprender la resistencia a compresión del concreto  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación del óxido de grafeno en proporciones que van desde 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10% con respecto al peso del cemento portland para conseguir un concreto hidráulico con mejores características que un concreto común. Para ello se estudia las características físicas mecánicas de cada uno de los agregados, procedentes de la cantera Carapongo; además se realizaron los ensayos de calidad en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. ubicado en la planta de Asfalto portillo – Carapongo-Construcciones DELHEAL S.A.C. de la Provincia de Lima, Distrito de Lurigancho Chosica. Donde se hizo el trabajo de diseño de mezcla por el método ACI de los cuales, se produjeron 6 probetas cilíndricas de concreto patrón y 36 probetas con adición del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% sumando así 42 probetas a ensayar, las probetas fueron ensayadas mediante pruebas de resistencia a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C 39, cabe mencionar que el porcentaje de adición del óxido de grafeno varía en proporción al peso del cemento y las pruebas se realizaron en edades de 7 y 28 días. Para esto se realizó el diseño de mezcla del concreto patrón antes de hacer los adicionados, para el diseño patrón (ensayado en la UCV-ATE), se obtuvieron resultados satisfactorios de resistencia, de 81.6% a la edad de 7 días.

Con el diseño patrón aprobado, se procedió a diseñar los diseños con óxido de grafeno, con los distintos porcentajes antes mencionados, en la que se elaboraron 36 testigos, de los cuales a los 7 días presentaron una mayor resistencia a la compresión con respecto al diseño de concreto patrón, el de 0.05% aumento en 3.1% con respecto al patrón, el de 0.06% aumento en 4.4%, el de 0.07% aumento 7.7%, el de 0.08% aumento en 8.8%, el de 0.09% aumento en 10.2% y el de 0.10% aumento en 10.4%. Resultados similares se dieron en las pruebas de 28 días, dando como resultados que el concreto adicionado en 0.05% aumento en 1,6% con respecto al patrón, el de 0.06% aumento en 3,3%, el de 0.07% aumento 8.4%, el de 0.08% aumento en 15.1% el de 0.09% aumento en 22.6% y el de 0.10% aumento en 26.0%. Además a los 28 días los diseños con óxido de grafeno de 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10%, llegaron a un promedio de resistencia a la compresión de 179.4 kg/cm<sup>2</sup>, 182.4 kg/cm<sup>2</sup>, 191.3 kg/cm<sup>2</sup>, 202.9 kg/cm<sup>2</sup>, 216.1 kg/cm<sup>2</sup> y 222.1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Palabras Clave: Asentamiento, Resistencia a compresión y Óxido de grafeno.

## Abstract

The main purpose of the present investigation was to determine the compressive strength of concrete  $f''c = 175 \text{ kg / cm}^2$  incorporating graphene oxide by percentages of 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% and 0.10% by weight of Portland cement for the manufacture of hydraulic concrete. For this, the physical characteristics of the coarse and fine aggregates from the Carapongo quarry were determined; In addition, quality tests were carried out in the Soil, Concrete and Asphalt Laboratory INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. located in the portillo Asphalt plant - Carapongo-Construcciones DELHEAL S.A.C. from the Province of Lima, District of Lurigancho Chosica. Where the mixing design was carried out by the ACI method of which 6 cylindrical specimens of standard concrete and 36 specimens were added with the addition of graphene oxide in proportions 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% adding 42 test specimens to be tested, the specimens were tested by compression resistance tests according to ASTM C 39, it is worth mentioning that the percentage of graphene oxide addition varies in proportion to the weight of the cement and the tests were performed in ages of 7 and 28 days. For this purpose, the mixing design of the standard concrete was made before making the additives, for the standard design (tested in the UCV-ATE), satisfactory results of resistance were obtained, of 81.6% at the age of 7 days.

Finally, having the approved standard design with satisfactory results, we proceeded to design the graphene oxide designs with the different percentages mentioned above, in which 36 witnesses were prepared, of which at 7 days they presented a greater resistance to compression with respect to the pattern concrete design, the 0.05% increase in 3.1% with respect to the pattern, the 0.06% increase in 4.4%, the 0.07% increase 7.7%, the 0.08% increase in 8.8%, the 0.09% increase in 10.2% and the 0.10% increase in 10.4%. Similar results were given in the 28-day tests, resulting in the concrete added in 0.05% increase in 1.6% with respect to the pattern, the 0.06% increase in 3.3%, the 0.07% increase 8.4% , the 0.08% increase in 15.1% the 0.09% increase in 22.6% and the 0.10% increase in 26.0%. In addition, after 28 days, the graphene oxide designs of 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% 7 0.10%, reached an average compressive strength of 179.4 kg / cm<sup>2</sup>, 182.4 kg / cm<sup>2</sup>, 191.3 kg / cm<sup>2</sup>, 202.9 kg / cm<sup>2</sup>, 216.1 kg / cm<sup>2</sup> and 222.1 kg / cm<sup>2</sup> respectively.

Keywords: Settlement, Compressive strength and Graphene oxid

## I. INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción han existido siempre, ahora bien, también está claro que estos materiales han tenido limitaciones, debido a esta **realidad problemática**, es que nuestros antepasados aprendieron a dominar la naturaleza, innovando cada vez, que ocurra un problema y así satisfacer sus necesidades. El ejemplo más palpable de la utilización de fibras, es la paja en los adobes, la cual las hace más resistentes, evitando que se partan. En consecuencia hay mucha investigación por obtener nuevos materiales que contribuyan con la mejora de un concreto más resistente. En el mundo, se sabe que el concreto tiene la particularidad de contar con grietas microscópicas, las cuales tienden a aumentar de tamaño con la aplicación de cualquier esfuerzo. Ante esto se han tratado de muchas formas superar este problema, adicionando fibras por ejemplo, las cuales tienen la propiedad de controlar el encogimiento, pero teniendo una menor permeabilidad. Se deduce de esto que las fibras no van a mejorar la flexión inclusive hasta rebajan la resistencia del concreto. Han habido fibras a las que se tuvieron que vetar por ser potenciales cancerígenos como ejemplo está el asbesto, habiendo ahora nuevas opciones como el acero, plástico, vidrio y materiales naturales. No solo se ha incluido fibras al concreto si no también entraron a tallar los aditivos, que son otra alternativa dándole características especiales al concreto como son: mayor resistencia, mayor permeabilidad etc

En el Perú el cemento es parte de su historia por estar ligada a muchos monumentos con los que actualmente convivimos y que siguen en pie a pesar de la intemperie y tiempo. Negar que dependemos del cemento sería absurdo, pues es la materia prima en la elaboración del concreto llevándolo a ser el segundo generador de ingresos al estado.

La presente investigación se abocara en el desarrollo de un concreto de resistencia  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  con la menor cantidad de cemento posible contando para ello con la adición del grafeno. Así contribuir con la menor producción de cemento, aliviando en algo el alicaído y mal cuidado medio ambiente.

El Grafeno es un material nuevo que va revolucionar el mundo, es un material nuevo que solucionara grandes problemas, casi en todos los campos por ejemplo: La electricidad, robótica, tecnología digital, medicina, etc. La particularidad es que es un material abundante en la naturaleza, es más fuerte que el acero, es un buen conductor térmico, reacciona bien al

juntarse con otros productos, eleva la densidad, es flexible. De estos últimos aprovecharemos en nuestro tema de investigación.

Nos apoyamos de **trabajos previos** para la elaboración de este proyecto de investigación eligiendo a las más relevantes, encontramos en el ámbito internacional a:

(ÁVILA, y otros, 2018) Ecuador en su tesis titulado “Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de Mezcla” plantean trabajar a partir de la obtención de óxido de grafeno, tomado de pizarras gráficas, y grafito sintético comercializado en Ecuador, para obtener un mortero mejorado químicamente. El grafito es una de las formas polimórficas cristalizadas en las que se puede presentar el carbono en la naturaleza, podríamos llamar también así a otra variante del carbón como los diamantes. Las muestras de pizarras gráficas. La forma de procesar son química y mecánica, donde se aísla al carbón de otros minerales o material inorgánico presente en las muestras, Se harán pruebas en testigos de mortero modificado con aumentos espaciados de entre 0,03-0,06% de lo que sería el mortero más el peso del cemento (ASTM-C-109), cuyo resultado sería lograr un mortero más eficiente a la compresión y un mejor comportamiento a la resistencia mecánica.

(CAIRES, 2019) Brasil “Aplicación de óxido de grafeno reducido en argamasa cementosa para estudio de sus propiedades mecánicas” El óxido de grafeno es una nano partícula que tiene la propiedad de elevar resistencia mecánica, Es de fácil dispersión con el agua manteniendo la capacidad de combinarse fácilmente con otras partículas. Es muy escasa la información sobre ésta nano partículas. Este material de investigación trata sobre la atribución del óxido de grafeno las propiedades mecánicas y físicas en microestructuras en argamasas cementosas con pruebas en el óxido de grafeno (OG) 0,03%, 0,05%, 0,07% e 0,09% (en relación al peso de cemento), en tiempos de 7, 28 e 91 días. Con adición de 0,05% de OGR, teniendo efectos positivos en la resistencia a compresión con crecidas del 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 suma de óxido de grafeno.

(PAZ , 2018) Madrid en su proyecto titulado “El grafeno: posibilidades del grafeno en la arquitectura” Define al grafeno es una forma de poseer estructuras atómicas o moleculares diferentes como es el caso del carbono .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.

Por ser un excelente conductor eléctrico y térmico, el grafeno se utiliza en productos electrónicos, siendo estos las pantallas y circuitos de gran ductilidad, etc. Por ser electroquímicamente inerte es resistente a la oxidación. Por otra parte se está trabajando en investigar como refuerzos en productos como el cemento demostrándose, mayor resistencia y menos agrietamientos.

Entonces en esta investigación trataremos de potenciar nuevas propuestas en el campo de la arquitectura siguiendo las normativas y reglamentos de la construcción.

(MEJÍA DE GUTIERREZ, y otros, 2008) Colombia En su tesis “concreto adicionado con metacaolín: Comportamiento a carbonatación y cloruros” El artículo a presentar es la explicación de cómo un concreto elaborado con un 90 % de cemento portland, 10% de metacaolín y humo de sílice donde se hicieron 4 ensayos 2 de ellos con caolín colombiano y los otros dos con caolín importado. Lo que se estudió fue la resistencia a la compresión, absorción capilar, penetración de iones, absorción de agua. El resultado de la investigación fue que a los 28 días los concretos adicionados tuvieron mayor delicadeza en cuanto a la carbonatación al compararlo con el concreto patrón. Ahora también se descubrió que mayor edad de curado incrementa la permeabilidad a cloruros. Se deduce entonces que concretos adicionados tienen mayor permeabilidad y mayor resistencia al ion de cloruro.

También existen **trabajos en el ámbito Nacional** que nos ayudarán, a comparar resultados y conclusiones, entre las cuales destacan:

(CCOPA, 2017) Puno “Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto” Esta propuesta pretende evaluar las mejoras de un aditivo como el grafeno en el comportamiento del concreto fresco y endurecido, del que ya hemos hecho una compilación para nuestro estudio. Para comenzar el aditivo tiene trabajo positivamente en nuestro tema de análisis, proponiendo entonces que sería una gran ventaja en el desarrollo de nuevos tipos de concreto. Se investigó ensayos semejantes entre un concreto común, y un concreto adicionado con grafeno. El porcentaje del grafeno se hizo con una variación de entre los 0.5%, 1% y 1.5%cm. El concreto común era de 210kg/cm<sup>2</sup>. El nuevo concreto adicionado de grafeno demuestra que es más consistente, pero su mayor diferencia se

muestra a los 7 días, que es cuando presenta mayor crecida de resistencia a la compresión que un concreto común, teniendo un efecto acelerante.

(APAZA, y otros, 2018) Arequipa “Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono” Esta investigación trata a fondo las mejoras que puede brindar la adición de Nanotubos de Carbono al concreto elaborado con 2 tipos distintos de cemento, primero con cemento Yura tipo IP, segundo elaborada con cemento Wari tipo I. Para empezar se caracterizaron los materiales y se evaluó la manera de dispersar los Nanotubos de Carbono en las mezclas del concreto utilizando como método de dispersión la sonicación. Encontrando las proporciones óptimas se elaboraron muestras de concreto para hacer ensayos de compresión, tracción, flexión, permeabilidad y módulo de elasticidad. Los resultados obtenidos en estos ensayos fueron comparados con una mezcla que se denomina mezcla patrón, la cual no tiene adición de Nanotubos de Carbono pero sí todos los demás componentes en la misma proporción que las demás mezclas. Para terminar se hicieron vistas microscópicas en las que se observan la distribución de los nanotubos de carbono en el concreto adicionado.

Se define ahora conceptos y **teorías relacionadas al tema** con los que se encuentran involucrados ésta investigación:

A continuación **la definición de óxido de grafeno**, por investigadores reconocidos.

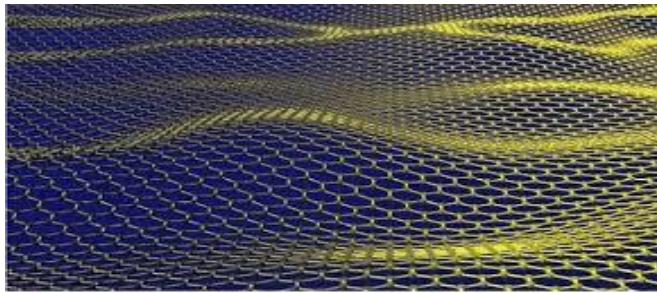
La composición consta de Carbono hidrogeno y oxígeno en distintas cantidades, se obtiene al procesarlo con un oxidante fuerte, como el permanganato de potasio el cual conserva la estructura en finas capas del grafito pero con un espacio entre capas mucho más grande e irregular. ("Preparation of Graphitic Oxide", 1958)



*Figura 1 Estructura del óxido del grafeno*

Desde que por primera vez en el año 2004 el grafeno fue separado y caracterizado mediante el método de la cinta de scotch de Geim y Novoselov, y que posteriormente se les entregase el Premio Nobel de Física en el 2010 a esos investigadores por su trabajo pionero sobre cristales atómicos en 2D, la investigación del grafeno ha crecido rápidamente para aplicaciones en la academia y en lo industrial debido a las propiedades excepcionales que posee.

“El grafeno es un alotropía del carbono con configuración  $sp^2$ . Es un material plana considerada bidimensional los átomos de carbono se enlazan mediante enlaces covalentes formando exógenos, unidos entre sí” (MUÑOS, y otros, 2016 pág. 1320)



*Figura 2 Forma del grafeno plana*

De su **constitución** se puede saber que:

El grafeno es un compuesto químico constituido solo por átomos de carbono(C), por lo que su estudio es propio de la química orgánica y constituye una familia de sustancias químicas formadas solo de átomos de carbono, como el diamante y el grafito, muy conocidos, el primero por su alta dureza y el segundo por el lápices de escribir (VEGA DE KUYPER, 2018).

Propiedades del grafeno:

También se añade, definición de **Propiedades** por el mismo autor. El grafeno tiene además excelentes cualidades mecánicas, térmicas, eléctricas, ópticas que hacen de este un material prolijo y atractivo para múltiples aplicaciones, [...]. Desde punto de vista teórico, la adición de grafeno sobre una matriz polimérica mejora sustancialmente las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas (MUÑOS, y otros, 2016 pág. 1320).



### Medición del grafeno:

La forma de medir al grafeno es con un microscopio de fuerza atómica (instrumento capaz de medir fuerzas de cohesión) se toma la lamina de grafeno en forma perpendicular con el fin de ver o medir su límite elástico. Dando como resultado, que puede extenderse en forma reversible hasta un 10% del tamaño natural, esto debido a que el grafeno presenta minimos defectos en su composición. Haciendo una comparación con la mayoría de los solidos que solo soportan un 3% de elasticidad. (Mechanical properties of suspended graphene sheets., 2007)

### El grafeno en las celulas y tejidos:

Una manera de darle solución a ese problema es la introducción de grupos eficaces en la área del grafeno. Esta técnica puede ayudar a disminuir la fuerte capacidad del grafeno para relacionarse , las células y tejidos. Al utilizar GO funcionalizado en estudios en vivo, se pudo comprobar como este se acumula en el sistema retículo endotelial en hígado y bazo, de tal manera que era fácilmente eliminado del cuerpo del ratón sin provocarle citotoxicidad. (Biomedical applications of graphene and graphene oxide., 2013)

“Existe cierta citotoxicidad celular con el uso del grafeno, que puede provocar una baja de la adhesión celular, estímulo de la apoptosis celular y entrada en ciertos compartimentos”. (Graphene: a versatile nanoplatform for biomedical applications., 2012)

### El oxido de grafeno:

De los cuales encontramos siguiendo los siguientes pasos que son; del grafito a oxido de grafito, oxidando con  $\text{H}_2\text{O}_2$  que son los mas oxidadntes y por exfoliación de óxido de grafito se optiene óxido de grafeno.



Figura 3 Proceso del óxido de grafeno

Estructura del óxido de grafeno:

La estructura y propiedades del óxido de grafeno, varía de acuerdo de cómo ha sido la obtención y el grado de oxidación. Depende también de la pureza de la materia prima, estando las láminas separadas a una doble distancia (~0.7 nm) que en el grafito. ("Scanning probe microscopy study of exfoliated oxidized graphene sheets", 2008)

Propiedades del oxido de grafeno:

Para el óxido de grafeno (GO) El ultrasonido, la vibración mecánica y la solubilidad forman parte de sus propiedades, así como la característica de ser un material anfifílico, es decir, tienen una parte hidrofóbica y otra parte hidrofílica, propiedad de los tensoactivos.(modifica la tensión superficial del líquido)

El óxido de grafeno (GO) tiene la facilidad de formar enlaces por puentes de hidrógeno debido a la propiedad hidrofílica que presenta. Esto podría presentar alteraciones en las propiedades eléctricas, mecánicas y estructurales. (Estudio de la estabilidad del +oxido de grafeno con el tiempo, 2012)

características del óxido de grafeno a emplearse:

*Tabla 1 Características del óxido de grafeno*

requisitos granulometricos que debe ser satisfecho por el agregado fino	
Tamiz estandar	% en peso de material que pasa el tamiz
3/8	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	5 a 30 (AASHTO 10 a 30)
#100	0 a 10 ( " 2 a 10)

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

Aplicación del oxido de grafeno:

El óxido de grafeno también se aplicaría para conseguir mezclas que contengan polímeros, cerámicas o metales, donde estos materiales tengan un mejor comportamiento que los ya existentes, como por ejemplo, en componentes para aviones, automóviles, edificios y artículos en el sector deportivo. (Green preparation of reduced graphene oxide, 2014)

El papel de óxido de grafeno se emplearía creando combinaciones que contengan polímeros, cerámicas o metales, donde el resultado sea un mejor comportamiento que los materiales conocidos y uso se daría en como por ejemplo, en componentes, automóviles, edificios y enseres del sector deportivo. (Preparación verde de óxido de grafeno reducido para aplicaciones de detección y almacenamiento de energía, 2015)

Óxido grafeno expandido:

Las muestras fueron se analizan por Difracción de rayos X. De esta manera se aprecia el tamaño y distribución de partícula. En el gráfico se muestra resultados por tiempo de oxidación que son el primero de dos horas y el segundo de 3 horas. Dando como resultado crecimiento del espaciado y superficie. (OXIDO DE GRAFITO EXPANDIDO, 2019)

#### Definición del concreto:

Según (SANCHEZ DE GUZMAN, 2001) Podemos definir al concreto, como una mezcla de materiales a los que llamamos agregados y un aglomerante que vendría a ser el cemento portland, agua y de acuerdo a ciertos requerimientos el uso de aditivos, que al consolidarse forma un todo macizo (piedra artificial) que con el tiempo mejora su resistencia capaz de ser sometido a grandes esfuerzos de compresión (pág. 19).

Tipos de concreto: hay dos tipos de concreto más frecuentes en la actualidad.

-Concreto simple

-Concreto armado o reforzado

De lo cual se analizará el concreto simple de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>

Usos para el concreto simple:

Según (HARMSEN, 2005) El concreto simple, es un concreto no estructural por carecer de refuerzos o no cuenta con un diseño en la cuantía de acero, estando está por debajo del cálculo mínimo señalado para un concreto estructural.

Su uso no es recomendable en estructuras que sean distintas a un esfuerzo de compresión; Es decir estructuras que pueden fisurarse, que tengan otro tipo de esfuerzos como tracción y flexión, si la ductilidad no está tomado en cuenta en un diseño su uso es válido. Por tanto es recomendable su uso en estructuras definidas como:

- Muros
- Zapatas
- Y pedestales

Criterios de diseño:

El concreto simple funda toda su resistencia en el concreto, por lo que es necesario certificar la calidad con límites en su resistencia a compresión o por lo menos 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> para muros de sótanos residenciales y otros estructuras menores (pág. 395).

Por otra parte. Se define al **cemento** como:

“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” (GOMA, 1979 pág. 3).

En otro aspecto vemos, las **adiciones de nano partículas** en el cemento portland

“Por sus características el llamado nano sílice es el material de mayor reactividad, por tal razón su adición a los polímeros es para mejorar la resistencia física y mecánicas” (TOBON, et al., 2007 p. 3)

Ahora las **Incidenias en las propiedades físicas**

“Se demostró que al aumentar la adición de nano sílice (NS) la consistencia del cemento disminuía ocurriendo todo lo contrario al adicionar Humo de sílice (SF) es decir la NS apresura el proceso de hidratación” (TOBON, et al., 2007 p. 4)

También las **Incidenias en las propiedades mecánicas**

“Las investigaciones en su gran mayoría dan fe, que cuando se adiciona NS en un cemento portland, su resultado es, que tiene una mejora en la resistencia a la compresión” (TOBON, et al., 2007 p. 5)

Diferencias entre cemento portland adicionado y modificado.

“La diferencia entre un cemento adicionado y uno modificado es la mayor cantidad de aditamento inorgánico en los adicionados, la cual es capaz de cambiar las principales propiedades del concreto” (KOSMATKA, y otros, 2004 pág. 49)

Definición de los agregados:

Tenemos dos formas de agregados, que se definen y clasifican esencialmente en: Grava o agregado grueso, y arena o agregado fino, Estos ocupan entre un 70 a 75% del volumen total del concreto endurecido. La resistencia y economía del concreto es directamente proporcional a la calidad y compactación de los agregados consecuencia importante de su granulometría. (ORTEGA GARCIA, 2014 pág. 19).

### Agregado fino o arena:

Según (HARMSEN, 2005 pág. 12) La parte inerte del concreto del concreto son los agregados por que no generan reacciones químicas al tener contacto con el agua, el cemento o adición de aditivo. La característica del agregado fino tiene que ser: limpio, duro (es decir material chancado de preferencia) y libre de impurezas (limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas). No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben de ser menores a 1/4" y su gradación debe de cumplir con la norma ASTM-C-33-99 los cuales se muestran en la tabla 2

*Tabla 2 Requisitos granulométricos del agregado fino*

requisitos granulometricos que debe ser satisfecho por el agregado fino	
Tamiz estandar	% en peso de material que pasa el tamiz
3/8	100
#4	95 a 100
#8	80 a 100
#16	50 a 85
#30	25 a 60
#50	5 a 30 (AASHTO 10 a 30)
#100	0 a 10 ( " 2 a 10)

(A.S.T.M.)

### Agregado grueso o piedra:

Según (HARMSEN, 2005 pág. 13) La composición del agregado grueso se caracteriza por contar partes rocosas y semíticas. Puede usarse grava triturada (procesada) en una chancadora o grava zarandeada que se obtienen de canteras en cerros (yacimientos naturales) o a orillas de ríos. Como un agregado fino, no deben contenerse más de un 5% de arcilla y finos ni más de 1.5% de material orgánico, carbón, etc. Conveniente es, que su tamaño máximo sea menor a 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de las losas (ACI-3.3.2). Para concreto ciclópeo se puede emplear piedra de hasta 6 y 8 pulg. El uso de agregado grueso mayor

también se puede utilizar de acuerdo al diseño del Ingeniero con la condición de no generar vacíos, esto varía de acuerdo al tamaño del encofrado si se trata de muros. La norma ASTM-C-33-99 regula las condiciones para su gradación. Estas se muestran en la tabla. La piedra se denomina por el tamaño máximo del agregado.

*Tabla 3 Requisito granulométrico del agregado grueso*

tamaño nominal (mm)	porcentaje que pasa por los tamices normalizadas												
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
90.0 a 37.5 (3 1/2" a 1 1/2")	100	90-100		25-60		0-15		0-5					
63.0 a 37.5 (2 1/2" a 1 1/2")			100	90-100	35-70	0-15		0-5					
50.0 a 25.0 (2" a 1")				100	90-100	37-70	0-15		0-5				
50.0 a 4.75 (2" a 1 #4)				100	95-100		35-70		10 -30		0-5		
37.5 a 19.0 (2 1/2" a 3/4")					100	90-100	20-55	0-15		0-5			
37.5 a 4.75 (1 1/2" a #4")					100	95-100		35-70		10 -30	0-5		
25.0 a 12.5 (1" a 1/2")						100	90-100	20-55	0-10	0-5			
25.0 a 9.50 (1" a 3/8")						100	90-100	40-85	10 -40	0-15	0-5		
25.0 a 4.75 (2" a 1 #4)						100	95-100		25-60		0-10	0-5	
19.0 a 9.50 (3/4" a 3/8")							100	90-100	20-55	0-15	0-5		
19.0 a 4.75 (3/4" a 1 #4)							100	90-100		20-55	0-10	0-5	
12.5 a 4.75 (1/2" a #4")								100	90-100	40-70	0-15	0-5	
9.50 a 2.36 (3/8" a #8")									100	85-100	10 -30	0-10	0-5

#### Requisito granulométrico del agregado grueso

Por otra parte se defina al agua como:

(SANCHEZ DE GUZMAN, 2001 pág. 22) La razón de que los cementos sean hidráulicos es que sacan a relucir sus propiedades, con su inclusión, el agua en

la obtención del concreto es el elemento hidrante a las partículas de cemento haciendo que desarrolle su característica aglutinante.

Uso del agua, para (GUERRERO, 2017) “El agua para realizar la mezcla del concreto debe ser limpio, con ausencia de sales solubles y contaminantes y con un contenido máximo de 400 partes por millones de iones de cloro”.

Se hace la **formulación del problema**, en base a la necesidad que existe, por la mejora en la calidad del concreto. En la historia del concreto, han existido infinidad de investigaciones en las cuales se ha tratado de mejorar las cualidades del concreto común adicionándole fibras, cenizas, productos orgánicos, puzolana etc. Alcanzando un avance significativo. La incorporación de óxido de grafeno propone una nueva mejora en el comportamiento mecánico del concreto, habiendo todavía muchas preguntas sobre este producto nuevo que está revolucionando la industria mundial, se hará la presente investigación en la cual planteamos la incorporación del óxido de grafeno en la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ . Por tanto, se plantea el siguiente.

**Problema general:**

**PG:** ¿La incorporación del óxido de grafeno incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, Lima, 2019?

De la misma manera se plantean los siguientes **problemas específicos**

**PE1:** ¿La incorporación del óxido de grafeno en 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la trabajabilidad del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , Lima, 2019?

**PE2:** ¿La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, Lima, 2019?

El tema a investigar se enfoca en analizar la resistencia del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  incorporando el óxido de grafeno. En consecuencia la **justificación del estudio** se da, debido a las recientes fallas estructurales (resistencia y grietas en el concreto)



El tema de investigación buscara mejorar la resistencia del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  obteniendo resultado a través del ensayo en laboratorio incorporando el óxido grafeno, la cual garantizara la resistencia a compresión.

La **justificación teórica** se sustenta esta investigación, con el fin de contribuir al conocimiento ya existente en el uso de las rúbricas validadas, como instrumento de análisis a la resistencia de concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  en la indagación científica de la ingeniera civil, cuyas respuestas podrán sistematizarse en una propuesta y poder ser incorporado en el conocimiento a las ciencia de la construcción, ya que se estaría demostrando que el uso de las rubricas mejoren el nivel de resistencia del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ .

Además la **justificación metodológica** se da por la obtención y ejecución de las rubricas en la incorporación de óxido de grafeno para la mejorar la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  será mediante métodos científicos, condiciones que pueden poner en claro los resultados de la investigación. Una vez demostrado su valides y confiabilidad, podrán ser materia de análisis en nuevos trabajos de investigación y en otras instituciones educativas.

Por otra parte la **Justificación tecnológica** es el tema de investigación que se realiza, porque existe la necesidad de contribuir en la mejora de la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , con el uso de rúbricas validadas en el sistema de la construcción.

Por consiguiente, a partir de los datos de esta investigación, llegamos a una **Hipótesis general**

**HE1:** La incorporación del óxido de grafeno incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019

En consecuencia nuestras **Hipótesis específicas** serán:

**HE1:** La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la trabajabilidad del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , lima, 2019.

**HE2:** La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

Seguidamente planteamos nuestro **Objetivo general**

**OG:** Analizar La incorporación del óxido de grafeno para incrementar la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  en edades 7 y 28 días, lima, 2019?

Y por último nuestros **Objetivos específicos**

**OE1:** Analizar La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% para incrementar la trabajabilidad del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

**OE2:** Analizar La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% para incrementar la resistencia a compresión, del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  en edades 7 y 28 días, lima, 2019.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de la investigación**

#### **2.1.1 Método:**

(DIAZ, 2009) Indicó “El método científico consiste en un estudio, basándose en determinadas reglas, que permiten avanzar en el proceso del conocimiento rigiéndose en pasos aplicados ordenadamente, desde lo conocido a lo desconocido” (p.33).

Según (NAMAKFOROOSH, 2005) “Para entender, explicar y predecir los fenómenos, es lo que concierne a la investigación, ya que al investigar se quiere saber, que es” (pág. 50).

(BORJA, 2012) Estas consideraciones se empleará el método científico; pues se obtendrán nuevos conocimientos y comportamientos que pueda generar el fenómeno a estudiar, aplicando procedimientos establecidos por las metodologías de estudio.

#### **2.1.2 Tipo de Investigación**

La presente, se encuentra basado en una investigación de tipo Aplicada, considerando que aplicada es: según (OCDE, 2018) “La investigación aplicada trata se enfoca en trabajos originales, realizados con el fin de adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigido fundamentalmente hacia un objetivo o propósito específico practico” (p. 54).

Por otro lado en el ejemplo de (ALBITER, 2014) “[...] este investigador hace ciencia aplicado (teórica o experimental), porque aplica conocimiento obtenidos en investigación básicas. Desde luego, no se limita a aplicar conocimientos existentes” (p. 12):

Por lo tanto, en este tipo de investigación pone énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Centrada totalmente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Tomando como meta, la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado.

Según el análisis presentado en este trabajo se tendrá una investigación aplicada; encontrando como, se desarrollarán ensayos de laboratorio para determinar la resistencia  $F'c=175\text{Kg/cm}^2$ . Según el reglamento nacional de edificaciones.

### **2.1.3 Nivel de Investigación**

Según (ARIAS, 2012)“el grado de investigar se refiere al grado de profundidad con el que el investigador enfocara un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23).

“la investigación explicativa se ocupa de indagar el porqué de los que suceden las cosas por medio del análisis en relación al fenómeno causa-efecto. [...]” (ARIAS, 2012 p. 26).

Esta sección se refiere al grado o nivel de profundidad con que se abordará el tema objeto de estudio. Según el nivel, este trabajo se clasifica como Investigación Explicativa; ya que indaga los efectos de una estrategia de enseñanza sobre la comprensión del tema.

El estudio está orientado en la clase de Investigación Explicativa, la cual como método ayudara en el desarrollo de forma eficaz los objetivos e hipótesis del estudio, a su vez ofrecerá soluciones consecuentes al problema a investigar, El cual nos llevará a trazar soluciones; pues, se busca determinar el resultado originada por la mezcla del cemento con la adición de grafeno.

### **2.1.4 Diseño de investigación**

#### **Experimental**

Se optó por este diseño metodológico experimental. Porque:

Según (ARIAS, 2012)“el diseño de investigar es la manera práctica por la que opta el investigador para para resolver cualquier problema planteado. De acuerdo al tipo de investigación se clasificarán en: campo documental y experimental” (p. 26).

Y la ves (ARIAS, 2012) la “investigación experimental es un mecanismo que radica en imponer una acción a un objeto o conjunto de personas, a explícitos contextos, de estímulos o relación (variable independiente), que establecen las reacciones de origen (variable dependiente)” (p. 33).

## **2.2 Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variables**

“La variable es un carácter que está sujeto a modificarse cuya cambio es susceptible de contarse u observarse” (HERNANDEZ, y otros, 2014).

En el tema de investigación se expone las variables a trabajar:

- **Variable independiente:** Óxido de grafeno.
- **Variable dependiente:** Resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ .

### 2.2.2 Definición conceptual

#### ➤ **Óxido de grafeno.**

(VEGA DE KUYPER, 2018) Para poder sintetizar grafeno a partir de grafito, es necesario primero oxidar las láminas del grafito con agentes oxidantes, como el  $\text{KMnO}_4$ , y así agregar grupos fundamentales, tales como OH y CO al grafito entre capa y capa. Se forma así el óxido de grafito el que luego se somete a una exfoliación con el fin de separar sus capas entre sí, dando como resultado óxido de grafeno (GO), que por reducción química forma el óxido de grafeno educido (rGO)

(MEDINA , 2008) “Son materiales inorgánicos (puzolánicos o con hidraulicidad latente) que, finalmente divididos, pueden añadirse al hormigón para mejorar algunos de sus propiedades o conferirle características especiales.

Son las mismas que se utilizan para producir los cementos normalizados” (p 16).

#### ➤ **Resistencia a compresión del concreto.**

El concreto se diseña con la intención de darle propiedades mecánicas siempre en cuanto cumplan las normas.

“La resistencia a compresión se mide fracturando probetas cilíndricas aplicándole una carga axial y es la forma común de medir su desempeño. Los ensayos se hacen con una máquina que calcula la ruptura por el área de sección” (concrete in practice)

(JARAMILLO, 2004)La resistencia a la compresión ( $F'c$ ) cambia sustancialmente al variar algunos parámetros, como son la relación agua – cemento ( $a/c$ ), el tamaño máximo de agregado grueso, las condiciones climáticas que van a influir en la hidratación durante el curado, la edad del concreto, la velocidad de carga y la relación de esbeltez de la muestra (en caso de ensayo sobre núcleos extraídos de concretos endurecidos diferente de 2, que es la relación de los cilindros estándar, usados para determinar la resistencia del concreto) (p. 53).

(A.S.T.M.) Para la norma Este ensayo permite determinar la resistencia a compresión ( $F'c$ ) de los ejemplares cilíndricos de concreto moldeados en laboratorio o en campo u obtenidos por medio de la extracción de núcleos. Se limita a concretos con peso mayor que  $800 \text{ kg/m}^3$

Por otro lado según (HARMSSEN, 2005) Esta medida es obtenida a través de un ensayo en un cilindro estándar de 6” (15cm) de diámetro y 12” de altura (30 cm) de altura el modelo debe permanecer en el cilindro 24 horas, acto seguido será el desmolde y pasar al curado respectivo curado embebido en agua hasta el tiempo del ensayo (p. 22)

### **2.2.3 Definición operacional.**

#### **➤ Óxido de grafeno.**

Se realizará los ensayos en laboratorio, donde se adicionará porcentajes (%) de óxido de grafeno en polvo con 95% de pureza de 6 – 10 capas a una cantidad de proporción de cemento en bolsas; afín de mejorar la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  considerando los indicadores en el laboratorio.

#### **➤ Resistencia a compresión del concreto.**

Se realizara ensayo físico al concreto en estado fresco y determinar la trabajabilidad, para la resistencia a compresión se elaborará 6 probetas patrón y 36 probetas incorporando oxido de grafeno en polvo con 95% de pureza de 6 – 10 capas en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% en las cuales se realizarán los ensayos en las edades 7 y 28 días.

Tabla 4 Cuadro de operacionalización

Incorporación Del Óxido De Grafeno Para Mejorar La Resistencia A Compresión Del Concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> , Lima, 2019.					
VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICIÓN
ÓXIDO DE GRAFENO	(VEGA DE KUYPER, 2018) Para poder sintetizar grafeno a partir de grafito, es necesario primero oxidar las láminas del grafito con agentes oxidantes, como el KMnO <sub>4</sub> , y así agregar grupos fundamentales, tales como OH y CO al grafito entre capa y capa. Se forma así el óxido de grafito el que luego se somete a una exfoliación con el fin de separar sus capas entre sí, dando como resultado óxido de grafeno (GO), que por reducción química forma el óxido de grafeno educido (rGO)	Se realizará los ensayos en laboratorio, donde se adicionará porcentajes (%) de óxido de grafeno en polvo con 95% de pureza de 6 – 10 capas a una cantidad de proporción de cemento en bolsas; afín de mejorar la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> considerando los indicadores en el laboratorio.	Dosificación de grafeno	proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% peso del material	Razón.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICIÓN
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F' C=175kg/cm <sup>2</sup>	(JARAMILLO, 2004)La resistencia a la compresión (F'c) varía significativamente con la variación de algunos parámetros, tales como la relación agua – cemento (a/c), el tamaño máximo de grava, las condiciones de humedad durante el curado, la edad del concreto, la velocidad de carga y la relación de esbeltez de la muestra (en caso de ensayo sobre núcleos extraídos de concretos endurecidos diferente de 2, que es la relación de los cilindros estándar, usados para determinar la resistencia del concreto) (p. 53).	Se realizara ensayo físico al concreto en estado fresco y determinar la trabajabilidad, para la resistencia a compresión se elaborará 6 probetas patrón y 36 probetas incorporando oxido de grafeno en polvo con 95% de pureza de 6 – 10 capas en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% en las cuales se realizarán los ensayos en las edades 7 y	Trabajabilidad	contenido de humedad peso unitario peso específico módulo de finesa absorcion	Razón. Razón. Razón. Razón.
			Resistencia	Resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup>	Razón.

(Fuente: Elaboración Propia, 2019) Cuadro de operacionalización

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población objetivo.

(KUMAR, et al., 2013) “Nombrar a la población como un conjunto finito o infinito de personas, objetos o cosas, que presenten caracteres similares” (p.137).

Para nuestro proyecto de investigación la población serán el conjunto de testigos ensayados del concreto  $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  con y sin incorporación de óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10%.

### 2.3.2 Tamaño de la muestra

Según (BORJA, 2012 p. 32) “para población infinito (más de 100.000 elementos)”

- El diseño de mezclas fue para un concreto de resistencia a compresión de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . • Las muestras de concreto fueron briquetas cilíndricas de 6’’x12’’. • En total las briquetas ensayadas fueron 60 unidades (CCOPA, 2017)
- 1.7.4.1 Número de testigos para el análisis de la resistencia a compresión simple 60 testigos (ISIDRO, 2017)
- 2.3POBLACIÓN Y MUESTRA: 2.3.1 Población y Muestra. La población se compone de 64 testigos a los cuales se le adicionara distintas proporciones de fibra de vidrio (1%,3% y 5%) (MANTILLA , 2017)
- g) Numero de muestras a diseñar por cada resistencia = 60 especímenes, curados en su totalidad en laboratorio (VELA, y otros, 2016)
- Los resultados de esta investigación se encuentran dado en el cuadro de resumen de resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días adicionado con vidrio molido. La cantidad de probetas es 40 unidades (ROJAS , 2015).



Tabla 5 Tamaño de la muestra

ENSAYO A COMPRESIÓN			
TIPOS DE MEZCLA	7 DÍAS	28 DÍAS	TOTAL
MUESTRA PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	3	3	6
MUESTRA CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	3	3	6
TOTAL			42

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

Para nuestro proyecto, la muestra estará conformada por probetas cilíndricas de concreto sin óxido de grafeno. Por ello se tomará como muestra 42 probetas (cilíndricas con prismáticas) de concreto sin adición del óxido de grafeno y con adición del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10%

42 testigos para ensayos de la resistencia a compresión de los cuales 6 probetas de concreto patrón las que no incluyen óxido de grafeno y 36 testigos con adición del óxido de grafeno para las edades (7 y 28 días).

### 2.3.3 Muestreo

(ÑAUPA, y otros, 2014) “El muestreo por juicio o criterio de investigación pertenece a las formas asumidas por el muestreo no probabilístico, que generalmente se da en las investigaciones experimentales” (p. 253).

En el presente trabajo se realizará el muestreo no probabilístico ya que para la toma de datos estarán sujetos a ensayos sometidos a esfuerzos mecánicos, con el fin de obtener una resistencia adecuada para el concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas**

(BORJA, 2012) Nos comenta, “los procedimientos de recolección implican elegir un buen instrumento de recolección de datos, el cual debe ser válido y confiable. Se utilizará toda la información de campo, exponiendo los formatos utilizados en la investigación. Aplicando dicho instrumento a la muestra de estudio”.

La práctica a utilizar en este tema de investigación es la de observación directa, análisis de documentos, ensayos de laboratorio para probetas cilíndricas con y sin adición de óxido de grafeno 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3%, 3.5%, se realizarán ensayos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se escogió esta entidad por contar con certificaciones y por consecuencia su confiabilidad y fidelidad está garantizada.

Las técnicas a utilizar son:

- ❖ Análisis de Documentos y /o fichas
- ❖ Observación directa
- ❖ Ensayos de laboratorio para testigos cilíndricas
- ❖ Se aplicaran dichos ensayos según la norma peruanas (NTP)

### **2.4.2 Instrumentos**

(HERNANDEZ, y otros, 2014) Afirma que, todo instrumento de recolección de estará sujeto a 3 requisitos: confiabilidad, validez y objetividad.

Los instrumentos que se aplicara en nuestro proyecto son:

- ❖ Ficha de recolección de datos.
- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Prensa Hidráulica para comprensión certificadas

## Fichas recolección de datos

Tabla 6 Ficha de recolección de datos

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO	
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2703
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618
Peso Unitario Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1822
Contenido de Agua (%)	1.2
Absorción (%)	1.01
módulo de finura	2.97
CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO	
Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	2694
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1462
Peso Unitario varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1553
Contenido de Humedad (%)	0.16
Absorción (%)	0.52
Módulo de Finura	6.58
Perfil	ANGULAR
TMN	3/4"

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 2.4.3 Confiabilidad

(HERNANDEZ, y otros, 2014) “La confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistente y coherente (el mismo resultado varias veces) ya que si se midiera la temperatura ambiental con un termómetro cada cierto minuto y este daría resultados muy distintos dichos termómetros no sería confiable” (p.200).

El método ACI es el que será empleado en la investigación, las cuales garantizan procedimientos nacionales e internacionales. Sumado a esto todo ensayo estará sujeto a la supervisión de personal capacitado. Recibiremos también certificados de calibración de cada instrumento.

#### **2.4.4 Validez.**

(HERNANDEZ, y otros, 2014)“la validez se refiere, al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir y en el que se puede obtener diferentes tipos de evidencias” (p.201)

La investigación estará regida en todo momento por las normas técnicas vigentes, en las cuales la validación está garantizada, porque los procedimientos ejecutados en cada periodo del análisis constituyen ordenamientos estandarizados, que tienen alcance nacional e internacional como lo son las normas peruana (NTP) y el Método ACI Comité 211.

#### **2.5 Métodos de análisis de datos**

(BORJA, 2012) “E analizar datos debe realizarse dependiendo al tipo de base de datos que se hayan recogido durante las pruebas en laboratorio. Para ello es necesario recopilar y pasarlo a base de datos como matriz de datos en alguna hoja electrónica”

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

- Recolección de información: observación del comportamiento y ensayos de probetas.
- Diseño de los cuadros y tablas comparativos (Excel)
- Históricos de los resultados en gráficos estadísticos (Excel)
- Se analizará la mejora en la resistencia a compresión de concretos  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ .

#### **2.6 Aspectos éticos**

En esta tesis, los investigadores se ven inmersos a las consideraciones de respeto a normas y métodos para el desarrollo adecuado y veraz del trabajo, como también respetar los resultados obtenidos en el laboratorio sin alterarlos para ninguna conveniencia.

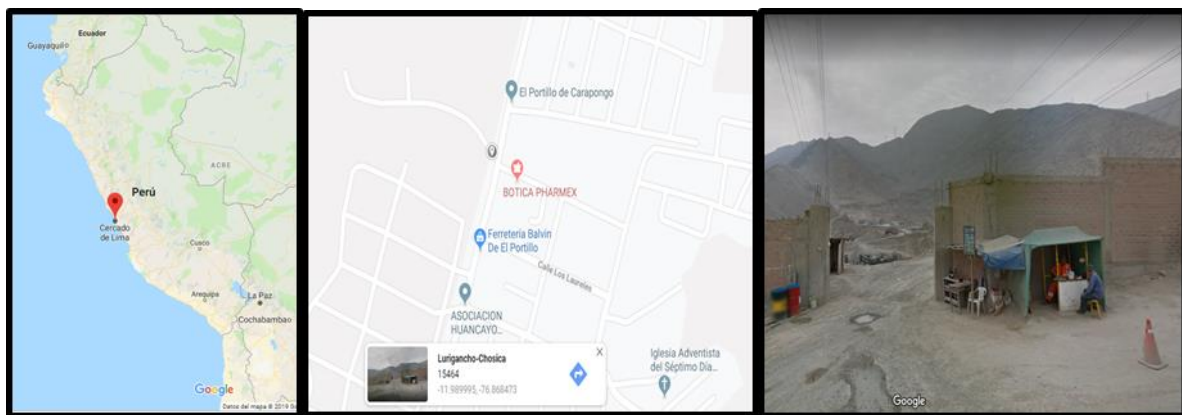
Honestidad la investigación y datos obtenidas serán citadas respectivamente de acuerdo a los lineamientos de información y los datos que se obtendrán no serán tergiversados conservando el estado verídico y realizado por los investigadores.

“La falta de honestidad o de integridad en trabajos de investigación ha traído la acción del mínimo esfuerzo que no copian párrafos sino hojas completas” (KOEPSELL, y otros, 2015 pág. 41'42)

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Ubicación

La investigación se denomina “Incorporación del óxido de grafeno para mejorar la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ , Lima, 2019.” Fue realizado en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. ubicado en la planta de Asfalto portillo – Carapongo construcciones DELHEAL S.A.C. referencia a 2 km. De la av. Principal Carapongo de la Provincia de Lima, Distrito de Lurigancho Chosica. Más detalle imagen 3



Ubicación internacional

Ubicación nacional

Cantera carapongo

*Figura 4 Ubicación de laboratorio y cantera carapongo*

#### 3.2 Ubicación del óxido de grafeno

El óxido de grafeno en polvo de 95% de pureza con 6 – 10 capas CAS 7782-42-5 fue importado desde la ciudad de Malasia, mediante distribuidor eBay online, a través de una cuenta PayPal como método de pago.

El cual queda registrado con el código de transacción 1PK57065YC052183G y el número del artículo 372655043785; ilustración en la imagen 4.



Figura 5 ubicación del óxido de grafeno

### 3.3 Propiedades físicas de los agregados

#### 3.3.1 Características físicas de agregado fino piedra chancada

La tabla 4 presenta las propiedades físicas del agregado fino procedente de la Cantera Carapongo construcciones; los datos obtenidos de dicho agregado están dentro de los estándares solicitados en la normas ASTM y NTP.

Tabla 7 Características físicas del agregado fino

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO	
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2703
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618
Peso Unitario Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1822
Contenido de Agua (%)	1.2
Absorción (%)	1.01
módulo de finura	2.97

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

-Según el módulo de finura obtenida 2.97 se puede observar que cumple según lo especificado por la norma técnica (entre 2.3 – 3.1) por lo que debe aclararse que un módulo de finura entre este rango es el más favorable para concreto de alta resistencia.

### 3.3.2 Características físicas de agregado grueso

La tabla 5 muestra las propiedades físicas del agregado grueso obtenidas de la Cantera Carapongo construcciones; los datos obtenidos del dicho agregado están dentro de los estándares solicitados en la normas ASTM y NTP.

Tabla 8 Característica físicas del agregado grueso

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO	
Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	2694
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1462
Peso Unitario varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1553
Contenido de Humedad (%)	0.16
Absorción (%)	0.52
Módulo de Finura	6.58
Porcentaje Pasa Malla Nro 200	0
Perfil	ANGULAR

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

- de acuerdo al contenido de la humedad se observa 0.16%. Para ésta propiedad se debe aclarar que estará en función al clima que se presenta.

- con respecto al material más fino que pasa por la malla Nro 200 se observa que cumple con la especificación de un máximo de 1%

- de acuerdo a la resistencia de la absorción de un 0.52% se observa que cumple con la norma que indica un máximo de 50% de desgaste. Además éste número nos indica que el agregado grueso es de buena calidad para su uso.

### 3.4 Diseño de mezcla por el método A.C.I:

A) Diseño patrón (sin adición del óxido de grafeno)

- Cemento sol tipo I

- F<sup>'</sup>c diseño = 175kg/cm<sup>2</sup>

- Peso específico cemento = 3.15 gr/cm<sup>3</sup>



- Slump = 5"

- Peso específico del agua (Pe H<sub>2</sub>O) = 1000kg/m<sup>3</sup>

1) Cálculo del F'cr (resistencia promedio requerido)

*Tabla 9 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.

Según la tabla F'cr = F'c + 70 siendo el menor de F'c = 210kg/cm<sup>2</sup>

$$F'cr = 175\text{kg/cm}^2 + 70$$

$$F'cr = 245\text{kg/cm}^2$$

2) Calculo del contenido del aire

Tamaño máximo nominal 1/2"

*Tabla 10 Contenido de aire*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño Maximo 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 = 2.5%

3) Cálculo del contenido de agua

Por el slump en pulgadas y el tamaño máximo nominal ½”

El contenido de agua = 216 Lt/m<sup>3</sup>

Tabla 11 Volumen unitario de agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
	Agua en V m <sup>3</sup> . para los tamaños máximos de agregado grueso y consistencia indiado							
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....
tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I.								

4) Relación agua cemento a/c

Tabla 12 Relación agua cemento

RELACION AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA		
f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Relacion agua / cemento en peso	
	concretos sin aire incorporado	concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	
tabla confeccionada por el comité 211 del A.C.I.		

200.....0.70

$$245 \dots X$$

$$250 \dots 0.62$$

$$X = \frac{250 - 245}{0.62 - X} = \frac{250 - 200}{0.62 - 0.70}$$

$$\frac{5}{0.62 - X} = \frac{50}{-0.08}$$

$$0.62 - X = \frac{5(-0.08)}{50}$$

$$0.62 - X = \frac{-0.4}{50}$$

$$0.62 - X = -0.008$$

$$-X = -0.008 - 0.62$$

$$X = 0.628 = a/c$$

$$a/c = 0.628$$

5) Contenido del cemento

$$\frac{a}{c} = 0.628$$

$$\frac{216 \text{ Lt/m}^3}{c} = 0.628\%$$

$$\frac{216}{0.628} = c$$

$$c = 343.949 \text{ kg}$$

$$\text{Facto } c = \frac{343.949 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg}} = 8.093 \text{ bolsas}$$

6) Peso del agregado grueso

Tabla 13 Peso del agregado grueso

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino.(b / br)			
Tamaño Maximo Nominal del agregado grueso	2.40	2.60	2.80	3.00
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.

$$3.00 \dots 0.53$$

$$2.97 \dots X$$

$$2.80 \dots 0.55$$

$$X = \frac{3.00 - 2.97}{0.53 - X} = \frac{3.00 - 2.80}{0.53 - 0.55}$$

$$\frac{0.03}{0.53 - X} = \frac{0.20}{-0.02}$$

$$0.53 - X = \frac{0.03(-0.02)}{0.20}$$

$$0.53 - X = \frac{-0.001}{0.20}$$

$$0.53 - X = -0.003$$

$$-X = -0.003 - 0.53$$

$$X = 0.533$$

Peso de agregado grueso. = 0.533 \* peso unitario seco compactado

$$\text{p.a.g.} = 0.533 \text{ m}^3 * 1553 \text{ kg/m}^3 \text{ p.u.s.c.}$$

$$\text{p.a.g.} = 827.749 \text{ kg}$$

7) Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = 343.949 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} = \frac{343.949 \text{ kg}}{3.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 1000} = 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.216 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{vol. a. g.} = \frac{827.749 \text{ kg}}{2.694 \text{ kg/m}^3} = 0.307 \text{ m}^3$$

$$\sum = 0.657 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. a. f.} = 1 \text{ m}^3 - 0.657 = 0.343 \text{ m}^3$$

8) Calculo del peso de agregado

$$\text{Peso. a. f.} = 0.343 \text{ m}^3 * 2703 \text{ kg/m}^3 = 927.129 \text{ kg}$$

9) Presentación del diseño en estado seco

Cemento = 343.949 kg

Agregado fino = 927.129 kg

Agregado grueso = 827.749 kg

Agua = 216 Lt.

10) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Peso seco} = \left( \frac{W\%}{100} + 1 \right)$$

*Agregado fino* = 927.129 kg

$$\text{Agregado fino.} = 927.129 * \left( \frac{1.2}{100} + 1 \right) = 938.255 \text{kg}$$

*Agregado grueso* = 827.749 kg

$$\text{Agregado grueso} = 827.749 * \left( \frac{0.16}{100} + 1 \right) = 829.073 \text{kg}$$

11) Aporte del agua a la mezcla

$$\left( \frac{(\%W - \%abs) * \text{Agregado seco}}{100} \right)$$

$$\text{Agregado fino} = \left( \frac{(1.2 - 1.01) * 938.255}{100} \right) = 1.783 \text{Lt.}$$

$$\text{Agregado grueso} = \left( \frac{(0.16 - 0.52) * 829.073}{100} \right) = -2.985 \text{Lt.}$$

$$\Sigma = - 1.202 \text{ Lt.}$$

12) Agua efectiva

$$\text{Agua} = 216 \text{ Lt.} - (-1.202 \text{ Lt.}) = 217.202 \text{ Lt.}$$

13) Proporciónamiento del diseño

*Tabla 14 Proporción de diseño*

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
343.949 kg	938.255 kg	829.073 kg	217.202 lt.

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

$$\text{Cemento} = \left( \frac{343.949}{343.949} \right) = 1$$

$$\text{Agregado fino} = \left( \frac{938.255}{343.949} \right) = 2.728$$

$$\text{Agregado grueso} = \left( \frac{829.073}{343.949} \right) = 2.41$$

$$\text{Agua} = \left( \frac{217.202}{8.093} \right) = 26.838 \text{ Lt.}$$

### 3.4.1 Proporción del óxido de grafeno en porcentaje

Los porcentajes del óxido de grafeno serán incorporados según el peso del cemento. Teniendo como resultado el peso de cemento de 299 kg del diseño mezcla patrón, se tiene la siguiente tabla # 15

*Tabla 15 Proporción del óxido de grafeno*

proporción del oxido de grafeno en porcentajes				
porcentaje	kg/m <sup>3</sup>	gr/m <sup>3</sup>	gr para 6 testigos	6 testigos en m <sup>3</sup>
0.05%	0.1720	171.97	5.5032	0.032
0.06%	0.2064	206.37	6.6038	0.032
0.07%	0.2408	240.76	7.7045	0.032
0.08%	0.2752	275.16	8.8051	0.032
0.09%	0.3096	309.55	9.9057	0.032
0.10%	0.3439	343.95	11.0064	0.032

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

En 0.05% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 4.7840 gr de óxido de grafeno

En 0.06% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 5.7405 gr de óxido de grafeno

En 0.07% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 6.6976 gr de óxido de grafeno

En 0.08% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 7.6544 gr de óxido de grafeno

En 0.09% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 8.6112 gr de óxido de grafeno

En 0.10% 6 testigos = 0.032 m<sup>3</sup> de concreto y 0.032 m<sup>3</sup> = 9.5680 gr de óxido de grafeno

### 3.4.2 Dosificación de mezcla patrón

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 16 Dosificación de mezcla patrón*

CEMENTO=	343.949	kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O=	217.202	lt/m <sup>3</sup>
A. F.=	938.255	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	829.073	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.3 Diseño de mezcla con dosificación de 0.05% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 17 Dosificación de mezcla con 0.05% de óxido de grafeno*



Cemento=	343.949	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	217.202	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	171.9745	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	938.255	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	829.073	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.4 Diseño de mezcla con dosificación de 0.06% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 18 Dosificación de mezcla con 0.06% de óxido de grafeno*

Cemento=	343.949	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	217.202	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	206.3694	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	938.255	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	829.073	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.5 Diseño de mezcla con dosificación de 0.07% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 19 Dosificación de mezcla con 0.07% de óxido de grafeno*

Cemento=	299	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	210	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	209.3	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	909	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	949	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.6 Diseño de mezcla con dosificación de 0.08% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 20 Dosificación de mezcla con 0.08% de óxido de grafeno*

Cemento=	343.949	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	217.202	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	275.1592	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	938.255	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	829.073	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.7 Diseño de mezcla con dosificación de 0.09% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 21 Dosificación de mezcla con 0.09% de óxido de grafeno*

Cemento=	299	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	210	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	269.1	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	909	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	949	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.4.8 Diseño de mezcla con dosificación de 0.10% de óxido de grafeno.

Dosificación por m<sup>3</sup>

*Tabla 22 Dosificación de mezcla con 0.10% de óxido de grafeno*

Cemento=	299	kg/m <sup>3</sup>
H2O=	210	lt/m <sup>3</sup>
Oxido de Grafeno =	299	gr/m <sup>3</sup>
A. F.=	909	kg/m <sup>3</sup>
A. G.=	949	kg/m <sup>3</sup>

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

La serie de tablas de los sub títulos diseño de mezcla 3.2.1., 3.2.2., 3.2.3., 3.2.4., 3.2.5., 3.2.6 y 3.2.7. Muestran las respectivas cantidades de los materiales a utilizar por m<sup>3</sup> de concreto, los cuales provienen de sus respectivas respuestas según los diseños de mezclas.

### 3.5 Resultados de los ensayos de asentamiento del concreto (ASTM C-143)

#### 3.5.1 Consistencia (ASTM C413, NTP 339.035)

Se define la consistencia como la capacidad que posee una mezcla, que permite la trabajabilidad, manipulación y traslado al punto de empleo la cual se determina en función del tiempo. Se mide mediante el ensayo de asentamiento o Slump, utilizando el cono de Abrams. De lo cual consiste en llenar el molde troncónico en 3 capas, compactando con una varilla lisa metálica normada, aplicando 25 golpes entre capa y capa distribuidas uniformemente.

*Tabla 23 Resultados de los ensayos de asentamiento del concreto*

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO FINO	
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2703
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1618
Peso Unitario Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1822
Contenido de Agua (%)	1.2
Absorción (%)	1.01
módulo de finura	2.97

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

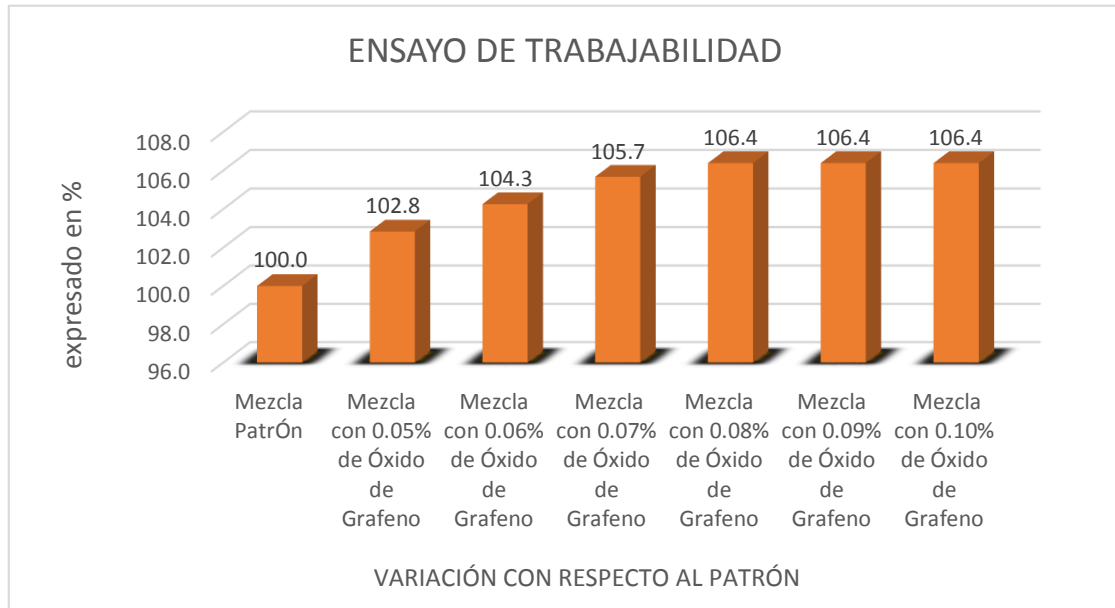


Figura 6 Diagrama de barras de los ensayos de la trabajabilidad

De acuerdo a los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de tres ensayos por diseño y porcentajes de óxido de grafeno, se obtuvo con una diferencia de 2.84% incorporado del óxido de grafeno de 0.05% con respecto al patrón.

De acuerdo a los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de tres ensayos por diseño y porcentajes de óxido de grafeno, se obtuvo con una diferencia de 4.26% incorporado del óxido de grafeno de 0.06% con respecto al patrón.

De acuerdo a los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de tres ensayos por diseño y porcentajes de óxido de grafeno, se obtuvo con una diferencia de 5.67% incorporado del óxido de grafeno de 0.07% con respecto al patrón.

De acuerdo a los ensayos de asentamiento obtenidos que consta de tres ensayos por diseño y porcentajes de óxido de grafeno, se obtuvo con una diferencia de 6.38% incorporado del óxido de grafeno de 0.08%, 0.09% y 0.10% con respecto al patrón.

### 3.6 Cálculo de los resultados de la resistencia a compresión a los 7 días:

Conversión de KN a Kg sabiendo que:

$$1 \text{ KN} = 101.972 \text{ KG}$$

1 KN      101.972  
255.4 KN      X

$$X = \frac{255.4 \text{ KN} * 101.972 \text{ Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = \frac{26043.649 \text{ KN} * \text{Kg}}{1 \text{ KN}}$$

$$X = 26043.649 \text{ Kg}$$

Calculando el área del espécimen

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi * 7.65^2$$

$$A = 183.854 \text{ Cm}^2$$

Con vertiendo a cm2 sabiendo que:

26043.649 kg será aplicado a 183.854 cm2 entonces

$$26043.649 \text{ kg} / 183.854 \text{ Cm}^2$$

$$X = 1 \text{ cm}^2$$

$$X = \frac{26043.649 \text{ kg} * 1 \text{ cm}^2}{183.854 \text{ cm}^2}$$

$$X = \frac{26043.649 \text{ kg} * \text{cm}^2}{183.854 \text{ cm}^2}$$

$$X = 141.654 \text{ kg}$$

$$X = 141.654 \text{ kg/cm}^2$$

Si para 7 días:

$$F'c = 141.654 \text{ kg / cm}^2$$

$$141.654 \text{ kg /cm}^2 \quad 80.9\%$$

$$X \quad 100\%$$

$$X = \frac{141.654 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100\%}{80.9\%}$$

Entonces en los 28 días

$$X = 175.098 \text{ kg/c}$$

### 3.6.1 Resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 7 días

Tabla 24 Resultado de los ensayos de resistencia a los 7 días

MTC E 704; ASTM C 39																	
PROYECTO: Tesis: Incorporación del óxido de grafeno para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , Lima, 2019.												ING° ESP.: M.L.L.					
SOLICITANTE: Carlos Fernando Morales Fabian / César Antonio Casayco Fernández												TÉCNICO: H.C.C.					
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE																	
EDAD = 7 Días												Calibración (Ecuación de ajuste):					
f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>												KN 101.972		(en kg)			
Nº Tema	Nº Probeta	Tipos de mezcla	Fecha		Lectura Dial (KN)	Lectura Corregida (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro de testigo (cm)	Área testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia testigo (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia Obtenido	Promedio 3 testigos (%)	Resistencia Esperada (%)	Condición Contractual		
			Moldeo	Rotura													
1	1	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	255.4	26039	15.30	183.9	141.6	5 1/2	175	80.9	81.6%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	253.8	25884	15.15	180.3	143.6		175	82.1					
	3		09-nov	16-nov	252.7	25770	15.15	180.3	143.0		175	81.7					
2	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	256.1	26115	15.15	180.3	144.9	5 2/3	175	82.8	84.7%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	257.7	26275	15.10	179.1	146.7		175	83.8					
	3		09-nov	16-nov	269.2	27450	15.10	179.1	153.3		175	87.6					
3	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	270.7	27604	15.35	185.1	149.2	5 3/4	175	85.2	86.0%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	271.9	27726	15.40	186.3	148.9		175	85.1					
	3		09-nov	16-nov	280.3	28583	15.40	186.3	153.5		175	87.7					
4	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	282.5	28807	15.35	185.1	155.7	5 6/7	175	89.0	89.3%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	283.1	28868	15.30	183.9	157.0		175	89.7					
	3		09-nov	16-nov	282.9	28848	15.35	185.1	155.9		175	89.1					
5	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	288.4	29409	15.35	185.1	158.9	5 8/9	175	90.8	90.4%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	286.3	29195	15.35	185.1	157.8		175	90.1					
	3		09-nov	16-nov	288.2	29388	15.40	186.3	157.8		175	90.2					
6	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	290.2	29592	15.35	185.1	159.9	5 8/9	175	91.4	91.8%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	291.6	29735	15.30	183.9	161.7		175	92.4					
	3		09-nov	16-nov	290.9	29664	15.35	185.1	160.3		175	91.6					
7	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	09-nov	16-nov	292.5	29827	15.35	185.1	161.2	5 8/9	175	92.1	92.0%	80%	Cumple		
	2		09-nov	16-nov	293.1	29888	15.40	186.3	160.5		175	91.7					
	3		09-nov	16-nov	292.9	29868	15.35	185.1	161.4		175	92.2					

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

### 3.6.2 Resultados de los ensayos de resistencia a compresión a los 28 días

Tabla 25 Resultado de los ensayos de resistencia a los 28 días

MTC E 704; ASTM C 39															
PROYECTO: Tesis: Incorporación del óxido de grafeno para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , Lima, 2019.											ING° ESP.: M.L.L.				
SOLICITANTE: Carlos Fernando Morales Fabian / César Antonio Casayco Fernández											TÉCNICO: H.C.C.				
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE															
EDAD = 28 Días											Calibración (Ecuación de ajuste):				
$f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$											KN 101.972 (en kg)				
N° Terna	N° Probeta	Tipos de mezcla	Fecha		Lectura Dial (KN)	Lectura Corregida (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro de testigo (cm)	Área testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia testigo (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	Resistencia Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia Obtenido	Promedio 3 testigos (%)	Resistencia Esperada (%)	Condición Contractual
			Moldeo	Rotura											
1	1	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	311.3	31744	15.15	180.3	176.1	5 1/2	175	100.6	100.9%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	317.1	32335	15.22	181.9	177.7		175	101.6			
	3		09-nov	07-dic	312.7	31887	15.19	181.2	176.0		175	100.5			
2	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	316.5	32274	15.15	180.3	179.0	5 2/3	175	102.3	102.5%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	319.5	32580	15.20	181.5	179.5		175	102.6			
	3		09-nov	07-dic	319.7	32600	15.20	181.5	179.7		175	102.7			
3	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	320.2	32651	15.21	181.7	179.7	5 3/4	175	102.7	104.2%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	324.5	33090	15.15	180.3	183.6		175	104.9			
	3		09-nov	07-dic	325.3	33171	15.15	180.3	184.0		175	105.2			
4	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	342.5	34925	15.31	184.1	189.7	5 6/7	175	108.4	109.3%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	343.1	34987	15.27	183.1	191.0		175	109.2			
	3		09-nov	07-dic	344.7	35150	15.22	181.9	193.2		175	110.4			
5	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	362.6	36975	15.25	182.7	202.4	5 8/9	175	115.7	116.0%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	364.2	37138	15.23	182.2	203.9		175	116.5			
	3		09-nov	07-dic	365.2	37240	15.30	183.9	202.6		175	115.7			
6	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	383.6	39116	15.25	182.7	214.2	5 8/9	175	122.4	123.5%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	389.1	39677	15.27	183.1	216.7		175	123.8			
	3		09-nov	07-dic	389.4	39708	15.25	182.7	217.4		175	124.2			
7	1	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	09-nov	07-dic	393.9	40167	15.22	181.9	220.8	5 8/9	175	126.2	126.9%	100%	Cumple
	2		09-nov	07-dic	399.2	40707	15.26	182.9	222.6		175	127.2			
	3		09-nov	07-dic	399.6	40748	15.25	182.7	223.1		175	127.5			

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)



### 3.6.3 Resultados de los ensayos de resistencia a compresión:

Tabla 26 Resultado de la resistencia a compresión

TIPOS DE MEZCLA	7 DÍAS		28 DÍAS		Diferencias en (kg/cm <sup>2</sup> )	Diferencias en (%)
	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Obtenido (%)	Resistencia Promedio obtenido (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Obtenido (%)		
DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	142.7	81.6	176.6	100	0	0
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	148.3	84.7	179.4	102.5	5.6	3.1
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	150.5	86.0	184.4	104.2	7.8	4.4
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	156.2	89.3	191.3	109.3	13.5	7.7
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	158.2	90.4	203.0	116	15.5	8.8
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	160.6	91.8	216.1	123.5	17.9	10.2
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	161.0	92.0	222.2	126.9	18.3	10.4
				Promedio	13.1	7.43

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)

Los ensayos a compresión en el laboratorio han sido realizados con los testigos, obtenidos del diseño de mezcla de concreto según los porcentajes planteadas y luego fue ensayado acorde con la norma técnica A.S.T.M. C-39, a las edades indicadas

La tabla 26 muestra la resistencia máxima del ensayo a compresión del concreto endurecido para las edades antes mencionadas y con respectivo porcentaje de resistencia desarrollado a su respectiva edad.

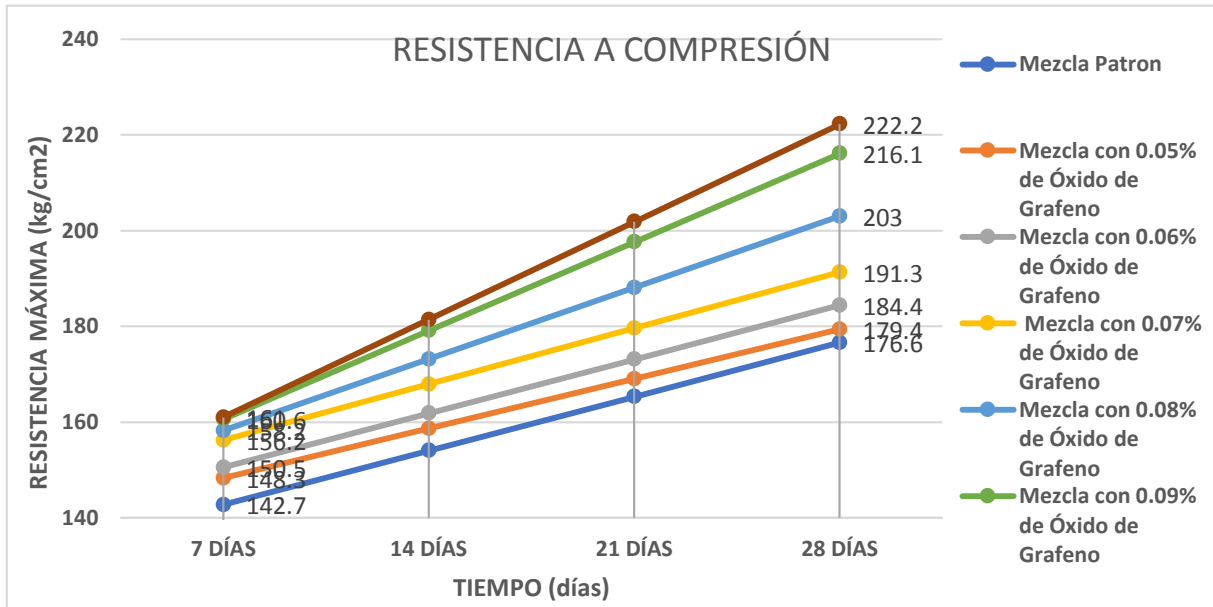


Figura 7 Resistencia máxima vs tiempo

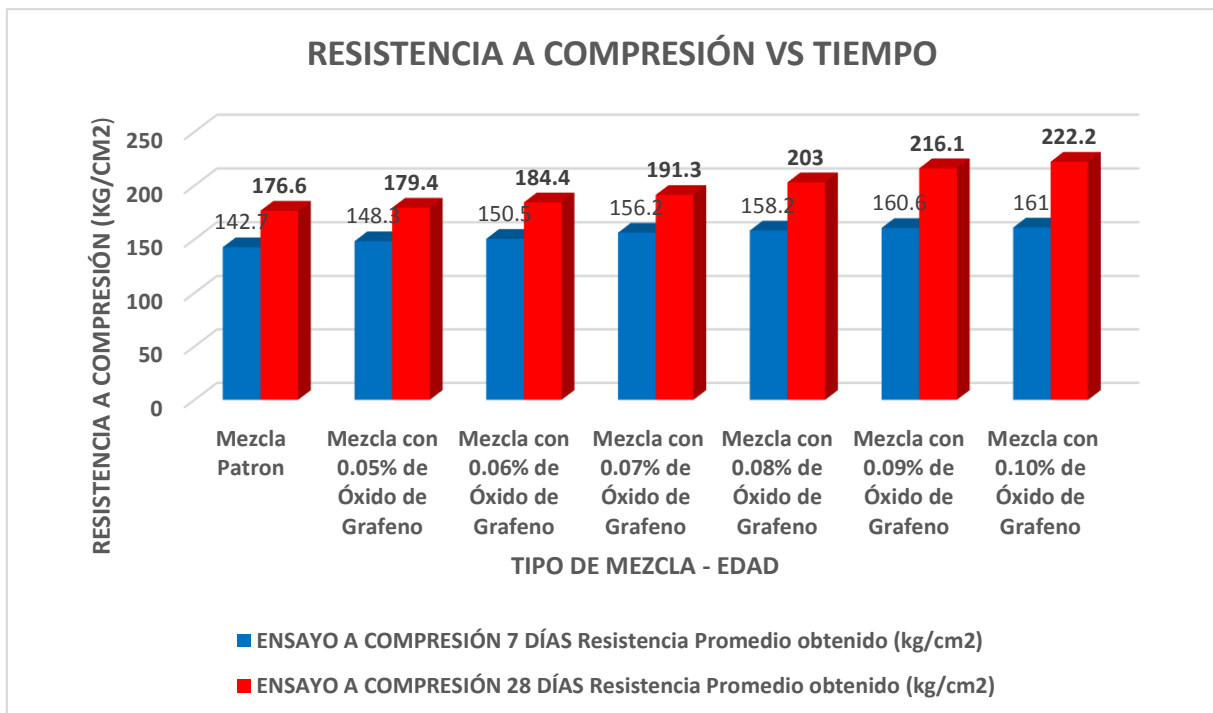


Figura 8 Resistencia máxima vs diño de mezcla

En la figura 7 se aprecia que el concreto de diseño de 0.10% tiene la mayor resistencia a compresión a las edades de 7 y 28 con respecto al diseño de mezcla B que es quien desarrolló una alta resistencia inicial.

En la figura 8 se representó en una gráfica de barras las resistencias obtenidas por cada tipo de mezcla a sus respectivas edades.

### 3.7 Análisis Estadístico E Interrelación de los Resultados

#### 3.7.1 Análisis estadístico descriptivo de la resistencia a la edad de 7 días

Tabla 27 Descriptivo de la resistencia a los 7 días.

Descriptivos								
Resistencia testigo(kg/cm <sup>2</sup> )								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	3	142.725	0.9988	0.5767	140.243	145.206	141.6	143.6
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	3	148.292	4.4218	2.5530	137.308	159.277	144.9	153.3
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	3	150.490	2.5702	1.4839	144.105	156.874	148.9	153.5
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	3	156.190	0.7253	0.4187	154.388	157.991	155.7	157.0
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	3	158.151	0.6631	0.3829	156.504	159.798	157.8	158.9
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	3	160.645	0.9609	0.5548	158.258	163.032	159.9	161.7
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	3	161.011	0.4898	0.2828	159.794	162.227	160.5	161.4
Total	21	153.929	6.7844	1.4805	150.841	157.017	141.6	161.7

Fuente: SPSS.25

Tabla 28 Descriptivos de resistencia patrón y de la media globalizado a los 7 días

Descriptivos								
Resistencia testigo(kg/cm <sup>2</sup> )								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño patrón: sin adición de óxido de grafeno	3	142.725	0.9988	0.5767	140.243	145.206	141.6	143.6
Edades de 7 días	18	155.796	5.3092	1.2514	153.156	158.437	144.9	161.7
Total	21	153.929	6.7844	1.4805	150.841	157.017	141.6	161.7

Fuente: SPSS.25

En tabla de descriptivos de resistencia testigo en (Kg/cm<sup>2</sup>), observamos la media del diseño de patrón es (142.725), y la media de edades de 7 días es (155.796).

### 3.7.2 Prueba de normalidad a los 7 días

**Ha:** La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm<sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

Regla.

Sig. ≤ 0.05, hay un comportamiento no paramétrico.

Sig. > 0.05, hay un comportamiento paramétrico.

Tabla 29 Prueba de normalidad de resistencia a los 7 días

Pruebas de normalidad							
Diseño de mezcla		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia testigo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño patron: sin adición de oxido de grafeno	0.257	3		0.961	3	0.619
	Edades de 7 dias	0.157	18	,200*	0.895	18	0.047

Fuente: SPSS.25

La tabla de resultados de pruebas de normalidad para el diseño patrón (sin adición de óxido de grafeno) la sig. (0.619) por lo tanto los datos son normales y para las edades de 7 días de resistencia testigo (Kg/cm<sup>2</sup>) es (0.047) por lo tanto los datos son no paramétricos. Según regla decisión estipulado líneas arriba.

Diagrama de cajas.

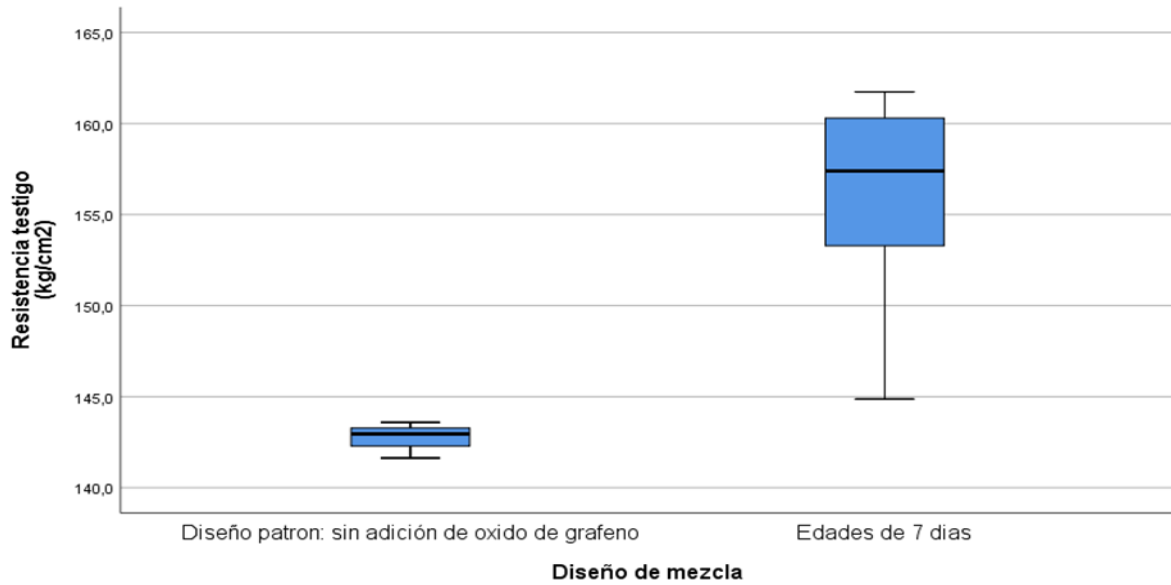


Figura 9 diagrama de cajas patrón y edades de 7 días

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

**H<sub>0</sub>:** La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% no incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

Regla.

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

$\text{Sig.} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

Prueba de ANOVA de resistencia a los 7 días.

Tabla 30 Prueba de ANOVA de resistencia a los 7 días.

ANOVA					
Resistencia testigo(kg/cm <sup>2</sup> )					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	861.990	6	143.665	34.340	0.000
Dentro de grupos	58.571	14	4.184		
Total	920.561	20			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro se observa los resultados de ANOVA para la prueba de compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  con evaluaciones 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 del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 días, lima, 2019.

### 3.7.4 Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días.

Comparación múltiples a los 7 días del diseño patrón con los diseños con adición a diferentes % de óxido de grafeno.

Tabla 31 comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 7 días

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
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: Sin Adición del Óxido de Grafeno	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	-5.5676	1.6701	0.058	-11.270	0.135
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	-7,7651*	1.6701	0.005	-13.468	-2.063
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	-13,4651*	1.6701	0.000	-19.168	-7.763
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-15,4265*	1.6701	0.000	-21.129	-9.724
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-17,9203*	1.6701	0.000	-23.623	-12.218
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-18,2860*	1.6701	0.000	-23.989	-12.583
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	5.5676	1.6701	0.058	-0.135	11.270
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	-7,8975*	1.6701	0.005	-13.600	-2.195
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-9,8588*	1.6701	0.001	-15.561	-4.156
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-12,3527*	1.6701	0.000	-18.055	-6.650
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-12,7184*	1.6701	0.000	-18.421	-7.016
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	7,7651*	1.6701	0.005	2.063	13.468
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-7,6614*	1.6701	0.006	-13.364	-1.959
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-10,1553*	1.6701	0.000	-15.858	-4.453
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-10,5209*	1.6701	0.000	-16.223	-4.818
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	13,4651*	1.6701	0.000	7.763	19.168
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	7,8975*	1.6701	0.005	2.195	13.600
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	15,4265*	1.6701	0.000	9.724	21.129
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	9,8588*	1.6701	0.001	4.156	15.561
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	7,6614*	1.6701	0.006	1.959	13.364
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	17,9203*	1.6701	0.000	12.218	23.623
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	12,3527*	1.6701	0.000	6.650	18.055
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	10,1553*	1.6701	0.000	4.453	15.858
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	18,2860*	1.6701	0.000	12.583	23.989
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	12,7184*	1.6701	0.000	7.016	18.421
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	10,5209*	1.6701	0.000	4.818	16.223

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS.25

En la tabla de comparación múltiples a los 7 días de acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de DISEÑO DE PATRÓN (sin adición de óxido de grafeno) y el DISEÑO CON ADICIÓN (Mezcla con dosificación de 0.05%), el cual tiene significancia de (0.058), siendo este mayor que (0.05), por lo que indica que no hay diferencia entre las pruebas. También observamos que el DISEÑO PATRÓN (sin adición del óxido de grafeno) y el DISEÑO CON ADICIÓN (Mezcla con dosificación de 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10%), teniendo como significancias (0.005), (0.000), (0.000), (0.000) y (0.000) los cuales son menores a (0.05), por lo que concluimos que si hay diferencias entre las pruebas realizadas a diferentes porcentajes.

Gráficos de medias de resistencia testigo a edades de 7 días y los diseños con porcentajes de dosificación de óxido de grafeno.

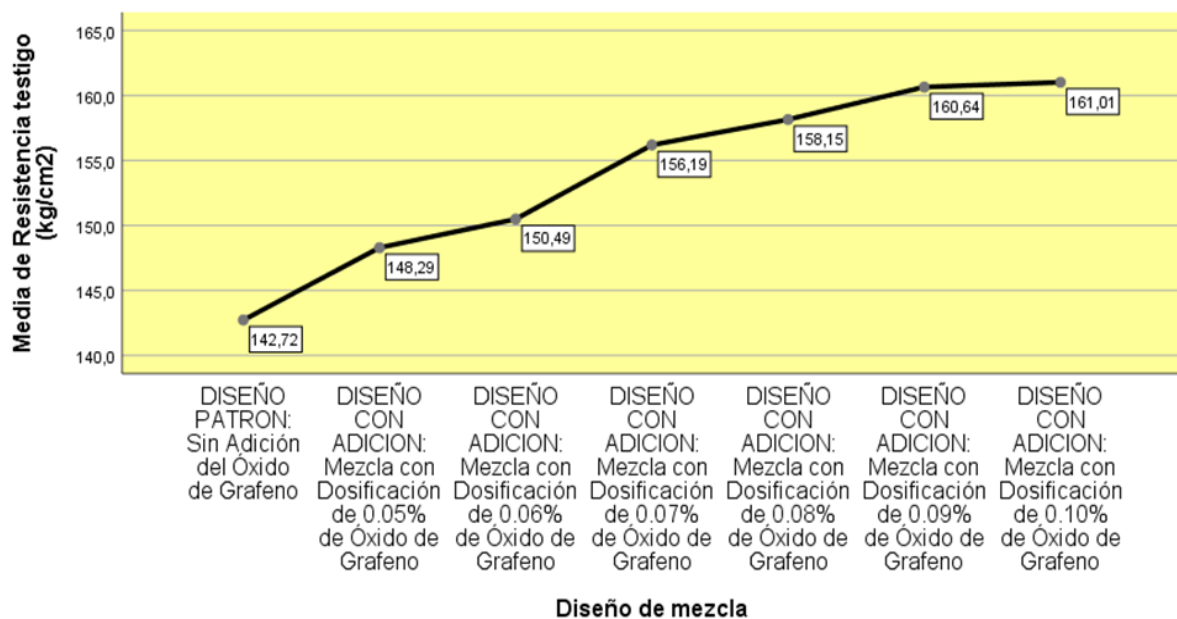


Figura 10 gráfico de medias de las edades de 7 días

En la figura 10, observamos los resultados de gráfico de medias de la prueba ANOVA, en el cual se verifica la media de la resistencia testigo (kg/cm<sup>2</sup>) de las edades de 7 días tiene variación



ascendente progresivamente con el diseño patrón, 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10% en la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$

### 3.7.5 Análisis estadística descriptivo de resistencia a la edad 28 días.

Tabla 32 Descriptivo de la resistencia a los 28 días

Descriptivos								
Resistencia testigo a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	3	176.593	0.9862	0.5694	174.143	179.043	176.0	177.7
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	3	179.413	0.3317	0.1915	178.589	180.237	179.0	179.7
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	3	182.426	2.3692	1.3679	176.540	188.311	179.7	184.0
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	3	191.319	1.7579	1.0149	186.952	195.686	189.7	193.2
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	3	202.948	0.7916	0.4570	200.982	204.915	202.4	203.9
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	3	216.069	1.6974	0.9800	211.853	220.286	214.2	217.4
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	3	222.145	1.2151	0.7015	219.127	225.164	220.8	223.1
Total	21	195.845	17.3302	3.7817	187.956	203.733	176.0	223.1

Fuente: SPSS.25

Tabla 33 Descriptivos de resistencia patrón de la media globalizado a los 28 días.

Descriptivos								
Resistencia testigo(kg/cm <sup>2</sup> )								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Diseño patrón: sin adición de óxido de grafeno	3	176.593	0.9862	0.5694	174.143	179.043	176.0	177.7
Edades de 28 días	18	199.053	16.6407	3.9223	190.778	207.329	179.0	223.1
Total	21	195.845	17.3302	3.7817	187.956	203.733	176.0	223.1

En tabla de descriptivos de resistencia testigo en (Kg/cm<sup>2</sup>), observamos la media del diseño de patrón es (176.593), y la media de edades de 28 días es (199.053).

### 3.7.6 Prueba de normalidad a los 28 días

Ha: La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

Regla.

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

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

Tabla 34 Prueba de normalidad de resistencia a los 28 días

Diseño de mezcla		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia testigo (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño patron: sin adición de oxido de grafeno	0.360	3		0.808	3	0.134
	Edades de 28 días	0.151	18	,200 <sup>*</sup>	0.882	18	0.028

Fuente: SPSS.25

La tabla de resultados de pruebas de normalidad para el diseño patrón (sin adición de óxido de grafeno) la sig. (0.134) por lo tanto los datos son normales y para las edades de 28 días de resistencia testigo (Kg/cm<sup>2</sup>) es (0.028) por lo tanto los datos son no paramétricos. Según regla decisión estipulado líneas arriba.

Diagrama de cajas.

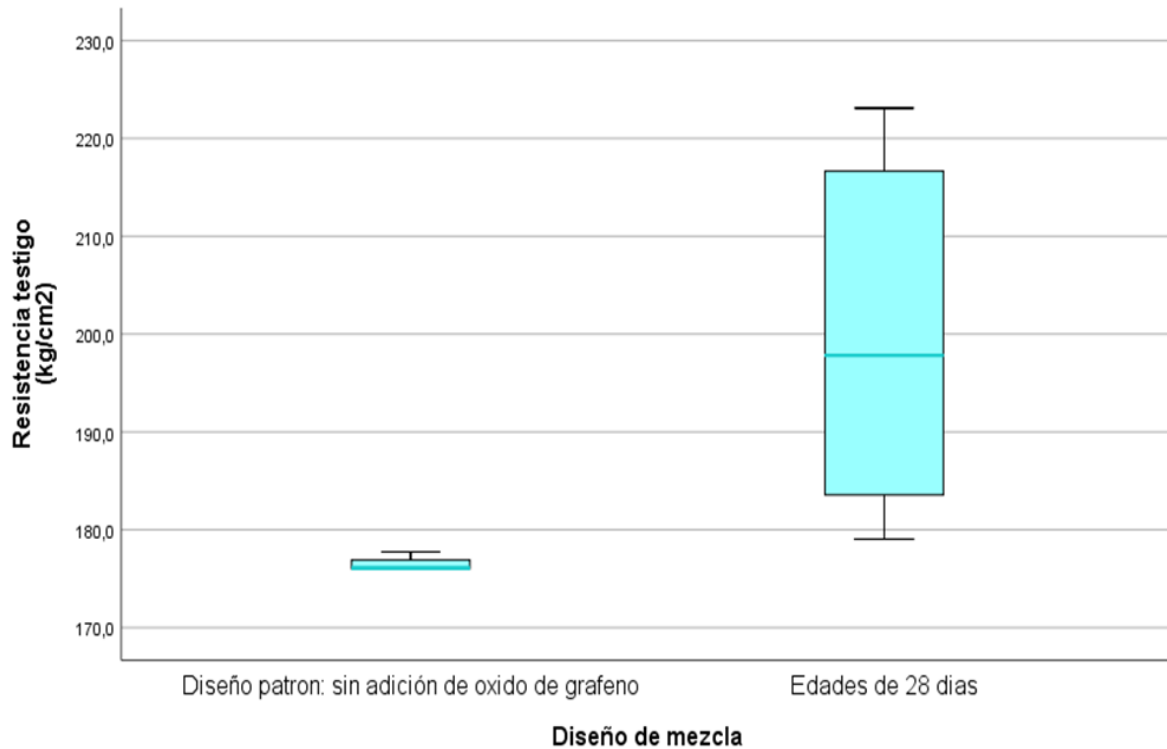


Figura 11 diagrama de cajas patrón y edades de 28 días

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

Ho: La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% no incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 7 y 28 días, lima, 2019.

Regla.

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

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

Prueba de ANOVA de resistencia a los 28 días.

Tabla 35 Prueba de ANOVA de resistencia a los 28 días

ANOVA					
Resistencia testigo(kg/cm2)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5977.142	6	996.190	472.125	0.000
Dentro de grupos	29.540	14	2.110		
Total	6006.683	20			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro se observa los resultados de ANOVA para la prueba de compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  con evaluaciones de 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 del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  para edades 28 días, lima, 2019.

### 3.7.8 Comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días.

Comparación múltiples a los 28 días del diseño patrón con los diseños con adición a diferentes % de óxido de grafeno

Tabla 36 comparaciones múltiples con HSD Tukey a los 28 días

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
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: Sin Adición del Óxido de Grafeno	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	-2,8202	1.1860	0.276	-6.870	1.230
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	-5,8328*	1.1860	0.003	-9.883	-1.783
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	-14,7261*	1.1860	0.000	-18.776	-10.676
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-26,3553*	1.1860	0.000	-30.405	-22.306
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-39,4762*	1.1860	0.000	-43.526	-35.426
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-45,5522*	1.1860	0.000	-49.602	-41.502
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	-11,9060*	1.1860	0.000	-15.956	-7.856
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-23,5352*	1.1860	0.000	-27.585	-19.485
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-36,6561*	1.1860	0.000	-40.706	-32.606
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-42,7320*	1.1860	0.000	-46.782	-38.682
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	5,8328*	1.1860	0.003	1.783	9.883
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	-8,8934*	1.1860	0.000	-12.943	-4.844
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-20,5226*	1.1860	0.000	-24.572	-16.473
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-33,6435*	1.1860	0.000	-37.693	-29.594
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-39,7194*	1.1860	0.000	-43.769	-35.670
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	14,7261*	1.1860	0.000	10.676	18.776
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	11,9060*	1.1860	0.000	7.856	15.956
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	8,8934*	1.1860	0.000	4.844	12.943
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	-11,6292*	1.1860	0.000	-15.679	-7.579
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-24,7501*	1.1860	0.000	-28.800	-20.700
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-30,8260*	1.1860	0.000	-34.876	-26.776
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	26,3553*	1.1860	0.000	22.306	30.405
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	23,5352*	1.1860	0.000	19.485	27.585
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	20,5226*	1.1860	0.000	16.473	24.572
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	11,6292*	1.1860	0.000	7.579	15.679
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	-13,1209*	1.1860	0.000	-17.171	-9.071
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-19,1968*	1.1860	0.000	-23.247	-15.147

DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	39,4762*	1.1860	0.000	35.426	43.526
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	36,6561*	1.1860	0.000	32.606	40.706
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	33,6435*	1.1860	0.000	29.594	37.693
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	24,7501*	1.1860	0.000	20.700	28.800
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	13,1209*	1.1860	0.000	9.071	17.171
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	-6,0759*	1.1860	0.002	-10.126	-2.026
DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.10% de Óxido de Grafeno	DISEÑO PATRON: Sin Adición del Óxido de Grafeno	45,5522*	1.1860	0.000	41.502	49.602
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.05% de Óxido de Grafeno	42,7320*	1.1860	0.000	38.682	46.782
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.06% de Óxido de Grafeno	39,7194*	1.1860	0.000	35.670	43.769
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.07% de Óxido de Grafeno	30,8260*	1.1860	0.000	26.776	34.876
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.08% de Óxido de Grafeno	19,1968*	1.1860	0.000	15.147	23.247
	DISEÑO CON ADICION: Mezcla con Dosificación de 0.09% de Óxido de Grafeno	6,0759*	1.1860	0.002	2.026	10.126

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: SPSS.25

En la tabla de comparación múltiples a los 28 días de acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey, se observa que las diferencias significativas se encuentran entre los grupos de DISEÑO DE PATRÓN (sin adición de óxido de grafeno) y el DISEÑO CON ADICIÓN (Mezcla con dosificación de 0.05%), el cual tiene significancia de (0.276), siendo este mayor que (0.05), por lo que indica que no hay diferencia entre las pruebas. También observamos que el DISEÑO PATRÓN (sin adición del óxido de grafeno) y el DISEÑO CON ADICIÓN (Mezcla con dosificación de 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10%), teniendo como significancias (0.003), (0.000), (0.000), (0.000) y (0.000) los cuales son menores a (0.05), por lo que concluimos que si hay diferencias entre las pruebas realizadas a diferentes porcentajes.

Gráficos de medias de resistencia a edad de 28 días

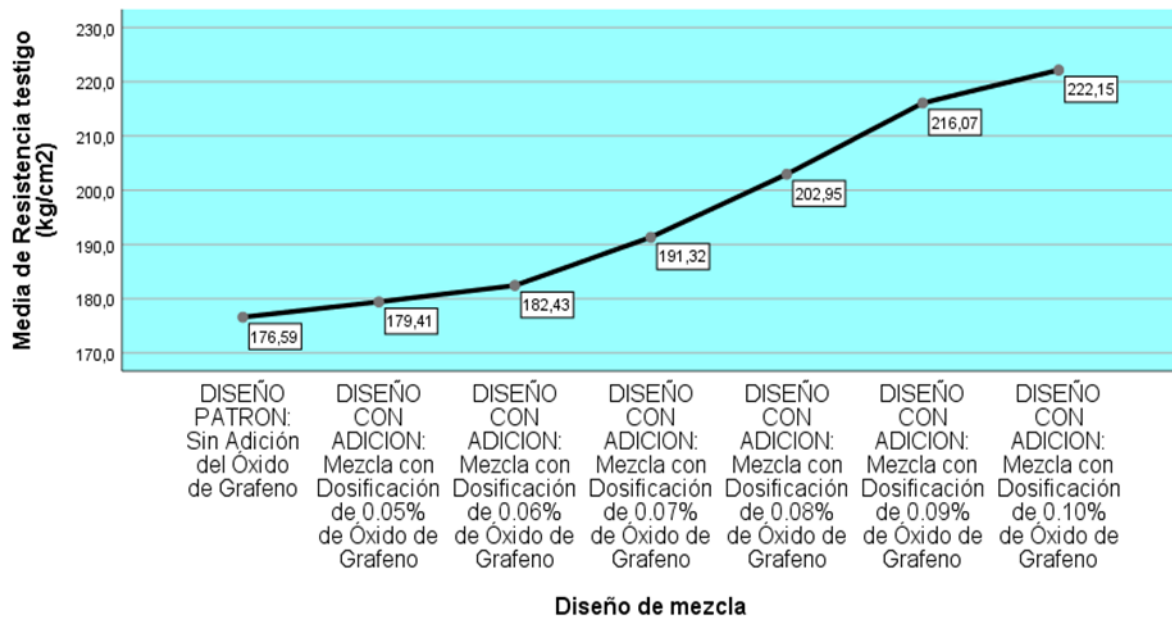


Figura 12 gráfico de medias de las edades de 28 días

Fuente: SPSS.25

En la figura 12, observamos los resultados de gráfico de medias de la prueba ANOVA, en el cual se verifica la media de la resistencia testigo (kg/cm<sup>2</sup>) de las edades de 28 días tiene variación ascendente progresivamente con el diseño patrón, 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10% en la resistencia a compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$ .

#### **IV. Discusión**

Según (CCOPA, 2017) Puno. En su investigación: “Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto”, en la que añadió grafeno a la mezcla de concreto con una variación de entre los 0.5%, 1% y 1.5%cm. Donde El concreto común de prueba era de 210kg/cm<sup>2</sup>; concluye que el nuevo concreto adicionado de grafeno demuestra que es más consistente, pero su mayor diferencia se muestra a los 7 días, que es cuando presenta mayor crecida de resistencia a la compresión que el concreto común, teniendo como efecto, que el grafeno actúa como acelerante; de esta conclusión se deduce que el óxido de grafeno si mejora el desempeño de la mezcla de concreto en cuanto a la resistencia a la compresión y trabajabilidad, aunque en principio lo hace de manera lenta y no tan acelerada como asegura CCOPA

Se corrobora la investigación de Ccopa con respecto a la trabajabilidad, en nuestro caso pudimos verificar que el óxido de grafeno actúa como un mejorador de trabajabilidad dándole a la mezcla un aspecto pastoso y semi plástico con un asentamiento (slump) comprendido en un rango de 4” a 6”, valores aceptables según diseño

De igual manera al comparar el máximo porcentaje de adición en los ensayos a compresión, en ambos casos alcanzan el pico máximo a los 28 días. En lo que diferimos es en la diferencia de porcentajes finales de resistencia. Ahora esto puede tratarse a que copa uso un máximo de 1.5% de óxido de grafeno.

(APAZA, y otros, 2018) Arequipa “Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono” Aquí se investigó a fondo las mejoras que brinda la adición de Nanotubos de Carbono a las mezclas de concreto hechas con 2 tipos distintos de cemento, por una parte mezclas elaboradas con cemento Yura tipo IP y por otra parte mezclas elaboradas con cemento Wari tipo I. Partiendo de las propiedades de cada uno de los cementos, nuestra investigación se elaboró con cemento Sol tipo I por presentar propiedades distintas al cemento Yura tipo IP que otorga menos resistencia a la compresión

Para empezar se caracterizaron los materiales y se evaluó el proceso de dispersión de Nanotubos de Carbono en las mezclas de concreto utilizando varios agentes dispersante haciendo uso de la sonicación como método de dispersión. Con las proporciones correctas encontradas se



elaboraron muestras de concreto, para hacer ensayos de: compresión, tracción, flexión, permeabilidad y módulo de elasticidad. Los resultados obtenidos fueron comparados con una mezcla denominada patrón, la cual no tiene adición de Nanotubos de Carbono pero sí todos los demás componentes propios de las mezclas. Finalmente se efectuaron vistas microscópicas para saber cómo se distribuyen los Nanotubos de Carbono en las mezclas de concreto. De estos aportes nos enfocamos en la caracterización de materiales como requisito importante para llevar a cabo adecuadamente la elaboración de los diseños de concreto con nanotubos de carbono; en nuestro caso hemos aplicado un estricto control de calidad de los agregados en la elaboración de nuestro concreto.

## V. Conclusiones

Para el diseño patrón de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 se obtuvo un de 142.7 kg/cm<sup>2</sup> y 176.6 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; equivalente al 81.6% y 100.9% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.05% de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un 148.3 kg/cm<sup>2</sup> y 179.4 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; equivalente al 84.7% y 102.5% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.06 % de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un 150.5 kg/cm<sup>2</sup> y 182.4 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; equivalente al 86.0% y 104.2% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.07% de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un 156.2 kg/cm<sup>2</sup> y 191.3 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 89.3% y 109.3% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.08% de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un 158.2 kg/cm<sup>2</sup> y 202.9 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 90.4% y 116% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.09% de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un de 160.6 kg/cm<sup>2</sup> y 216.1 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 91.8% y 123.5% de la resistencia

especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Para el diseño modificado con 0.10% de óxido de grafeno de resistencia promedio  $f_c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a los 7 y 28 días se obtuvo un de 161 kg/cm<sup>2</sup> y 222.1 kg/cm<sup>2</sup> equivalente al 92.0% y 126.9% de la resistencia especificada a los 7 y 28 días, superando así el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% para 7 días y 100% para los 28 días.

Al diseño común o convencional  $f_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, se le añadió distintos porcentajes de óxido de grafeno tales como 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10% en peso del cemento portland y se llegó a determinar que a los 7 días desarrollan una resistencia promedio a la compresión de 148.3 kg/cm<sup>2</sup>, 150.5 kg/cm<sup>2</sup>, 156.2 kg/cm<sup>2</sup>, 158.2 kg/cm<sup>2</sup>, 160.6 kg/cm<sup>2</sup> y 161.0 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, de los cuales ambos superaron el valor mínimo del 80 % de la resistencia requerida a los 7 días, siendo el porcentaje mínimo de 81.6% para 0.05% y el porcentaje máximo de 92,0% para 0.10%, tendencia que se comprueba que a más cantidad de óxido de grafeno añadido en peso del cemento portland para fabricar mezcla de concreto hidráulico, mayor es la resistencia a la compresión, por lo tanto se concluye que pudimos corroborar la hipótesis positivamente; en la que demostramos que el óxido de grafeno si mejora la resistencia a la compresión al concreto  $f_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, además mejora la trabajabilidad optimizando la relación agua/cemento y por ende dándole mayor consistencia y fluidez.

## **VI. Recomendaciones**

Recomendamos usar el Óxido de grafeno con dosificaciones de 0.08%, ya que a esta cantidad la trabajabilidad del concreto aumenta y se mantiene con respecto a las demás adiciones

Recomendamos usar el Óxido de grafeno con dosificaciones de 0.10% ya que facilita un mejor desempeño a la resistencia a compresión, superando el 80% y 100% de resistencia requerida para el concreto  $f'c$  175 kg cm<sup>2</sup> a los 7 y 28 días respectivamente.

Recomendamos realizar una adecuada caracterización física-mecánica y de calidad a los agregados gruesos y finos a emplear en la dosificación de concreto con distintos porcentajes de óxido de grafeno, considerando que el módulo de finura para el agregado fino no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ya que el módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

Por otro lado viendo el aumento de la resistencia a compresión con la adición del óxido de grafeno, en nuestra investigación y rescatando estudios previos como el de Apaza, que muestran aumentos significativos en tracción y flexión, recomendamos hacer estudios para concretos estructurales de alta resistencia

Se recomienda hacer ensayos de permeabilidad al concreto propuesto  $f'c$  175 kg cm<sup>2</sup> con adición de óxido de grafeno, ya que su uso en veredas influirá mucho en la durabilidad de la misma.

## Referencias

- "Preparation of Graphitic Oxide". **W. S., Hummers and R. E., Offeman. 1958.** 80(6), EE.UU. : s.n., 1958, Journal of the American Chemical Society . 1339.
- "Scanning probe microscopy study of exfoliated oxidized graphene sheets". **D., Pandey, R., Reifenger and R., Piner. 2008.** 602(9), EE.UU. : s.n., 2008, Surface Science . 1607.
- A.S.T.M.** Resistencia a la compresión de cilindros ASTM'C39.
- ALBITER, Angel. 2014.** LA INGENIERIA CIVIL EN UN CONTEXTO DE CIENCIAS SOCIALES. Mexico : Kali, 2014. 9786078149162.
- APAZA, Victor Ángel and QUISPE, Katherine Milagros. 2018.** Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono. Arequipa : s.n., 2018.
- ARIAS, Fidias. 2012.** El proyecto de investigación. Venezuela : Episteme, 2012. 9800785299.
- ÁVILA, Jhonnatan, EGUEZ, Hugo and ROA, Olga. 2018.** Evaluación del comportamiento en compresión de morteros reforzados con Óxido de grafeno y costos inherentes al proceso productivo de mezcla. Ecuador : s.n., 2018.
- Biomedical applications of graphene and graphene oxide.* **C., Chung, et al. 2013.** 46(10), USA : Accounts of chemical, 2013. 22112224.
- BORJA, Manuel. 2012.** Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo : s.n., 2012. s.n..
- CAIRES, Leide Daiane. 2019.** Aplicación de Óxido de grafeno reducido en argamasa cementosa para estudio de sus propiedades mecánicas. Brasil : s.n., 2019.
- CCOPA, Heber. 2017.** Efectos de grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto. Puno : s.n., 2017.
- concrete in practice.* **SPRING, Silver.** Maryland : s.n.
- DIAZ, Victor. 2009.** METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y BIOESTADISTICA. Chile : RIL editores, 2009. 9789562846851.
- Estudio de la estabilidad del +óxido de grafeno con el tiempo.* **VELASCO, R. M. 2012.** España : Universidad de Oviedo, Enero 2012.
- Fuente: Elaboración Propia. 2019.** lima : s.n., 2019.
- GOMA, F. 1979.** El cemento portland y otros aglomerantes. Barcelona : s.n., 1979. 8471461927.
- Graphene: a versatile nanoplatform for biomedical applications.* **Y., Zhang O., et al. 2012.** 4(13), USA : Nanoscale, 2012. 38333842.
- Green preparation of reduced graphene oxide.* **Zheng Bo, X. S. 2014.** usa : University of, USA, April 2014.

**GUERRERO, José Antonio. 2017.** *Ingeniería de vías férreas*. México : s.n., 2017. 9781326935511.

**HARMSSEN, Teodoro E. 2005.** *Diseño de estructuras de concreto armado*. 4ta ed. Perú : Universidad Católica del Perú, 2005. 9972427307.

**HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos and BAPTISTA, María del pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. México : McGRAW-HILL Education., 2014.

**ISIDRO, Guillermo. 2017.** *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto f'c 2kg/cm2*. Puno : s.n., 2017.

**JARAMILLO, José Oscar. 2004.** *Análisis clásico de estructuras*. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2004. 9587013921.

**KOEPSELL, David R. and RUÍZ DE CHÁVEZ, Manuel H.: 2015.** *Ética de la investigación, integridad científica*. Mexico : Comisión Nacional de Bíoético/Escretaria de Salud, 2015. 9786074605068.

**KOSMATKA, Steven H., et al. 2004.** *Diseño y control de mezclas de concreto, portland cement*. EE.UU. : Association Skokie ilinois, 2004.

**KUMAR, Naveen, MEHNAZ, Samina and Balestrini, Raffaella. 2013.** *Bioformulations for sustainable agriculture*. Venezuela : s.n., 2013. 9788132227779.

**MANTILLA , Jessica Nalú. 2017.** *Influencia de la fibra de vidrio tipo e en las propiedades mecánicas resistencia a la compresión del concreto f'c210kg/cm2*. chimbote : s.n., 2017.

*Mechanical properties of suspended graphene sheets*. **I. W., Frank, et al. 2007.** 25(6), EE.UU : s.n., 2007, Journal of Vacuum Science & Technology. 25582561.

**MEDINA , Eduardo. 2008.** *Construcción de estructurasde hormigón armado*. 2da. ed. España : Universidad Politecnica de Madrid, 2008.

**MEJÍA DE GUTIERREZ, Ruby, et al. 2008.** *Concreto adicionado con metacaolín: Comportamiento a carbonatación y cloruros*. Colombia : s.n., 2008.

**MUÑOS, J. and FERNANDEZ, G. 2016.** *XXI Congreso Nacional de Ingenieria Mecanica*. [ed.] Emilio Velasco Sanches, Miguél Sanches Losano and Ramon Peral Orts. Madrid : s.n., 2016. p. 1320.

**NAMAKFOROOSH, Mohammad Naghi. 2005.** *Metodología de la investigación*. 2a. ed. México : s.n., 2005. 9681855178.

**ÑAUPA, Humberto, et al. 2014.** *Metodología de la investigacion*. 4ta. ed. Colombia : s.n., 2014. 9789587621884.

**OCDE. 2018.** *MANUAL DE FRASCATI 2015*. [ed.] FECYT, 2018 FUNDACION ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y TECNOLOGIA. ESPAÑA : Mic, 2018. 057171000.

**ORTEGA GARCIA, Juan Emilio. 2014.** *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO*. Perú : Empresa Editorial Marco EIRL, 2014. 9786123042172.

*OXIDO DE GRAFITO EXPANDIDO. YAPU, Ebbe, et al. 2019. 30(2), Bolivia : s.n., Diciembre 01, 2019, Revista Boliviana de Química,, Vol. 30.*

**PAZ , Irene. 2018.** *El grafeno: posibilidades del grafeno en la arquitectura.* Madrid : s.n., 2018.

*Preparación verde de óxido de grafeno reducido para aplicaciones de detección y almacenamiento de energía. Z., Bo., et al. 2015. EE.UU. : s.n., 2015, Sci Rep 44684. 04684.*

**ROJAS , José Frank. 2015.** *Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> adicionando un porcentaje de vidrio sodico calcico.* Trujillo : s.n., 2015.

**SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. 2001.** *Tecnología del concreto y del mortero.* 5ta ed. Colombia : Ponteficia Universidad Javeriana, 2001. 9589247040.

**TOBON, Jorge Ivan, RESTREPO BAENA, Oscar Jaime and PAYA BERNABEU, Jorge Juan. 2007.** *Adicion de nanoparticulas al cemeto portland .* 2007. 23462183.

**VEGA DE KUYPER, Juan. 2018.** *principios y aplicaciones de la energia fotovoltaica y de las baterías.* Chile : Universidad Católica de Chile, 2018.

**VELA, Luís Gustavo and YOVERA, Rogger Ernesto. 2016.** *Evaluacion de las propiedades mecánicas del concretoadicionado con fibra de estopa de coco.* Pimentel : s.n., 2016.

## Anexos

### Anexo 1: matriz de consistencia

Incorporación Del Oxido De Grafeno Para Mejorar La Resistencia A Compresión Del Concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> , Lima, 2019.						
PROBLEMA GENEGARL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTISIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENCIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICIÓN
¿La incorporación del óxido de grafeno incrementará la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, Lima, 2019?	Analizar La incorporación del óxido de grafeno para incrementar la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> en edades 7 y 28 días, lima, 2019?	La incorporación del óxido de grafeno incrementará la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, lima, 2019.	ÓXIDO DE GRAFENO	Dosificación de grafeno	proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% peso del material	Razón.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTISIS ESPECÍFICO	VARIABLEDEPENDIENTE	DIMENCIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICIÓN
¿La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la trabajabilidad del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> , Lima, 2019?	Analizar La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% para incrementar la trabajabilidad del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> , lima, 2019.	La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la trabajabilidad del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> , lima, 2019.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=175kg/cm <sup>2</sup>	Trabajabilidad	contenido de humedad	Razón.
					peso unitario	Razón.
					peso específico	Razón.
					módulo de finesa	Razón.
					absorción	Razón.
¿La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, Lima, 2019?.	Analizar La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% para incrementar la resistencia a compresión, del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, lima, 2019.	La incorporación del óxido de grafeno en proporciones 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09%, 0.10% incrementará la resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup> para edades 7 y 28 días, lima, 2019.		Resistencia	Resistencia a compresión del concreto F'c=175kg/cm <sup>2</sup>	Razón.

(Fuente: Elaboración Propia, 2019)



**Anexo 2: Resultados de ensayos realizados en laboratorio agregado fino**



## **INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

# **ENSAYOS DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO ARENA CHANCADA CANTERA CARAPONGO**

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
**SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES**  
**SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS**  
**VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO**


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO										
MTC E 107, E 204 - ASTM D 136 - AASHTO - T-27										
<p><b>OBRA:</b> Tesis: Incorporación del ácido de glicero para mejorar la resistencia a compresión del concreto P-175 kg/cm<sup>2</sup>, Lima, 2019.</p> <p><b>SUBCACIÓN:</b> Lima</p> <p><b>SOLICITA:</b> Carlos Perdomo, Morales Yabán / César Roberto Casayán Perdomo</p> <p><b>MATERIAL:</b> Arena para concreto</p> <p><b>SUBSTRATA:</b> M-4</p> <p><b>CANTERA:</b> Estacionero</p>										
						<p><b>N° ENSAHO:</b> AGC-01</p> <p><b>FECHA:</b> 13/11/2021</p>				
TAMIZ	ÁMBIT. mm.	RECIBI.	RETE. FINC.	RETE. IC.	Q/G RAM.	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	865.2 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LIGADO	=	620.3 gr	
2"	50.800						PESO FINO	=	642.3 gr	
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	100	Grapa Malla #20	P.S. Ret.	P. S. Lavado	% Ret.
#4	4.750	32.9	3.4	3.4	96.6	96 - 100	MODULO DE FINURA	=	2.87	%
#8	2.360	105.4	15.2	15.2	81.3	80 - 100	EQUIV. DE ARENA	=	48.8	%
#16	1.180	168.8	22.7	41.4	59.7	80 - 100	PESO ESPECÍFICO	=	2.785	kg/m <sup>3</sup>
#30	600	148.8	22.8	65.8	36.1	20 - 60				
#60	300	88.8	16.0	78.8	21.1	10 - 50				
#100	150	77.8	11.7	86.8	9.8	3 - 10				
#200	75	38.7	5.5	91.1	3.9	0 - 5	ABSORCIÓN	=	1.81	%
#400	37.5	25.8	3.8	100.0	0.0		PESO UNIT. SUELO	=	918	kg/m <sup>3</sup>
FINO		642.3					PESO UNIT. VERLUADO	=	983	kg/m <sup>3</sup>
TOTAL		865.2					% HUMEDAD	P.S.H.	P. S. H.	% Humedad
								673.3	865.2	1.2%
<p><b>OBSERVACIONES:</b> muestra preparada por el solicitante          Arena limpia en pasteurización</p>										
CURVA GRANULOMÉTRICA										
<p><i>[Signature]</i>  <b>Daniel Castillo Nájera</b>          JEFE DE LABORATORIO SUELOS,          CONCRETO Y ASFALTO</p>					<p><i>[Signature]</i>  <b>Margarita López Laberán</b>          Ingeniero Civil          CIP 79955</p>					





**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
OBRA	: Tercera Incorporación del cordón de grafiato para mejorar la resistencia a compresión del concreto f'c= 175 kg/cm <sup>2</sup> , Lima, 2018.				
UBICACIÓN	: Lima			N° ENSAYO	
SOLICITA	: Carlos Fernando Morales Fabian / César Antonio Casayo Fernández			: AGD-01	
MATERIAL	: Arena para concreto			FECHA	
MUESTRA	: M-1			: 20/10/2018	
CANTERA	: Casapanga				
MUESTRA		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación		16:43	16:47	16:49	
Hora de salida de saturación (más 10')		16:55	16:57	16:59	
Hora de entrada a decantación		16:57	16:59	17:01	
Hora de salida de decantación (más 20')		17:17	17:19	17:21	
Altura máxima de material fino	cm	5.10	5.30	5.30	
Altura máxima de la arena	cm	3.40	3.30	3.30	
Equivalente de arena	%	67	63	63	
Equivalente de arena promedio	%	64,3			
Resultado equivalente de arena	%	66			
Observaciones: <i>material proporcionado por el solicitante.</i>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   <b>Dany Castellanos</b>            JEFE DE LABORATORIO SUELOS,            CONCRETO Y ASFALTO         </div> <div style="text-align: center;">   <b>Manuel Lopez Laberian</b>            Ingeniero Civil            CIP 79955         </div> </div>					

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS ( MTC E-205, ASTM C-128, AASHTO T-84 )					
<b>OBRA</b> : <small>Teste Incorporación del color de grava para mejorar la estética a temperatura</small> concreto Form 175 katm2. Lima. 2018.			<b>N° EMBAYO</b> : ACID-01		
<b>UBICACIÓN</b> : Lima			<b>FECHA</b> : 25/06/2018		
<b>SOLICITA</b> : Carlos Fernando Morales Fabian / César Antonio Casayca Fernández					
<b>MATERIAL</b> : Arena para concreto					
<b>MUESTRA</b> : M-1					
<b>CANTIDAD</b> : 13000kg					
DATOS DE LA MUESTRA					
AGREGADO FINO					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (g)	900.0	900.0	900.0	
B	Peso fresco + agua (g)	875.3	875.8	875.8	
C	Peso fresco + agua + A (g)	1175.3	1175.8	1175.8	
D	Peso del material + agua en el fresco (g)	900.5	900.9	900.3	
E	Volumen de masa + volumen de agua = C.D (cm3)	182.8	183.3	183.3	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (g)	404.8	406.1	406.3	
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	177.8	178.4	178.4	PROMEDIO
	Po bulk ( Base seca ) = FB	2.707	2.701	2.701	2.702
	Po bulk ( Base saturada ) = AS	2.735	2.738	2.735	2.730
	Po aparente ( Base seca ) = PG	2.768	2.775	2.775	2.779
	% de absorción = (A - F)/F * 100	1.06	0.89	0.89	1.01
<b>OBSERVACIONES:</b> material proporcionado por el solicitante.					
 Darwin Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			 Marcos López Laberian Ingeniero Civil CIP 79955		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19					
<b>OBRA</b> : Testeo e investigación del estado de pavimentos para mejorar la estabilidad a compresión del <b>UBICACIÓN</b> : Lima <b>SOLICITA</b> : Carlos Fernando Morales Pabon / César Antonio Estayco Fernández <b>MATERIAL</b> : Arena para concreto <b>MUESTRA</b> : A-1 <b>CANTERA</b> : Casapongo	<b>N° ENSAYO</b> : 1800-01 <b>FECHA</b> : 21/10/2019				
AGREGADO FINO					
PESO UNITARIO SUELTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	gpl	19570	19059	19642	
Peso del recipiente	gpl	4030	4030	4030	
Peso de la muestra	gpl	14540	14029	14612	
Volumen	cm <sup>3</sup>	9043.0	9043.0	9043.0	
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1618	1618	1617	
Peso unitario suelto promedio	kg/m <sup>3</sup>	1618			
PESO UNITARIO VARILLADO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	gpl	21415	21409	21413	
Peso del recipiente	gpl	4030	4030	4030	
Peso de la muestra	gpl	16485	16479	16483	
Volumen	cm <sup>3</sup>	9043.0	9043.0	9043.0	
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1822	1821	1822	
Peso unitario compactado promedio	kg/m <sup>3</sup>	1822			
OBS.: material proporcionado por el solicitante					
 Darwin Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		 Manuel Lopez Laberian Ingeniero Civil CIP 79955			

**Anexo 3: Resultados de ensayos realizados en laboratorio agregado grueso**



## **INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES  
Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO



# **ENSAYOS DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO GRAVA TM $\frac{3}{4}$ " CANTERA CARAPONGO**



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS											
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO											
MTC E 204 - ASTM C-136, AASHTO T-27											
<b>OBRA</b> : Tercer Inversión del sector de guerra para mejorar la resiliencia a compuestos del concreto Pto 176 Agua2, Liria, 2019.											
<b>UBICACIÓN</b> : Liria <b>SOLICITA</b> : Carlos Pascual Morán Peláez / César Antonio Casarín Pascual <b>MATERIAL</b> : arena Chancada TM 24" <b>MAESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Casapeng						<b>Nº ENSAYO</b> : 000-01 <b>FECHA</b> : 01/10/2019					
TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	GRAN. PASA	GRAN. NO	% Q PASA	GRAN. NO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
Ø"	75.000						PESO TOTAL = 4.425.0 g				
2 1/2"	63.500						MÓDULO DE FINURA = 8.88 %				
2"	50.800						PESO ESPECÍFICO = 2.504 kg/m³				
1 1/2"	38.100										
1"	25.400					100.0	100 - 100				
3/4"	19.050	0.8	0.8	0.8	100.0	99 - 100					
10"	12.700	1.106.0	25.0	25.0	75.2						
30"	8.525	1.800.0	33.8	33.8	41.1	20 - 50	ABSORCIÓN = 0.00 %				
# 4	4.750	1.799.0	40.2	40.1	0.8	5 - 10	PESO LÍM. SUELTO = 140 kg/m³				
# 8	2.360	39.0	0.7	80.8	0.2	0 - 5	PESO LÍM. VARELADO = 100 kg/m³				
# 9.5	FOONDO	19.0	0.3	100.0	0.2						
								% HIGRIDAD	F.S.H	P.S.B	% Humedad
									400.0	425.0	5.10%
OBSERVACIONES: Nota 47											
TOTAL		4.425.0									
CURVA GRANULOMÉTRICA											
 Carlos Castillo Neira JEFE DE LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.					 Manuel López Latorreán Ingeniero Civil CIP 75955						

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
MTC E- 206, ASTM C-127, AASHTO T-85						
<b>OBRA</b> : Tesis: Incorporación del ácido de grafito para mejorar la resistencia a compresión del concreto F'c= 175 kg/cm <sup>2</sup> . Lima, 2018.		<b>N° ENSAYO</b> : GCO-01 <b>FECHA</b> : 5/10/2018				
<b>UBICACIÓN</b> : Lima						
<b>SOLICITA</b> : Carlos Fernando Morales Fabian / César Antonio Casapica Fernández						
<b>MATERIAL</b> : Grava Clasificada TR 347						
<b>MUESTRA</b> : NUL						
<b>CANTERA</b> : Caracongo						
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO GRUESO						
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1851.5	1851.3	1851.2		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1957.8	1957.3	1957.2		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	863.3	864.0	863.8		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C ) (gr)	1841.7	1841.7	1841.7		
E	Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	673.9	674.4	674.5	PROMEDIO	
	Po bulk ( Base seca ) = D/C	2.686	2.680	2.680		2.684
	Po bulk ( Base saturado ) = A/C	2.709	2.707	2.707		2.708
	Po Aparente ( Base seca ) = D/E	2.730	2.731	2.730		2.730
	% de absorción = ( A - D ) / ( D * 100 )	0.510	0.521	0.505		0.52%
<b>OBSERVACIONES:</b> material proporcionado por el solicitante.						
 Darwin Castillo Nieto JEFE DE LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
 Manuel López Libertán Ingeniero Civil CIP 79955						

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

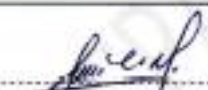

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS						
MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19						
<b>OBRA</b>	Tras inauguración de auto de gobierno para medir la resistencia a compresión del concreto				<b>N° ENSAYO</b>	: 000/01
<b>UBICACIÓN</b>	Lima				<b>FECHA</b>	: 2016/02/8
<b>SOLICITA</b>	Carlos Perceval Morales Padilla / César Antonio Castañón Peredade					
<b>MATERIAL</b>	Grava Clasificada 760 34"					
<b>MUESTRA</b>	M-1					
<b>CANTERA</b>	Carapalga					
AGREGADO GRUESO						
PESO UNITARIO SUELTO						
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN				
		1	2	3	4	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	12107	12108	12142		
Peso del recipiente	(gr)	4930	4930	4930		
Peso de la muestra	(gr)	13227	13229	13219		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9048	9048	9048		
Peso unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1482	1482	1481		
Peso unitario suelto promedio	(kg/m <sup>3</sup> )	1482				
PESO UNITARIO VARILLADO						
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN				
		1	2	3	4	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	18995	18990	18992		
Peso del recipiente	(gr)	4930	4930	4930		
Peso de la muestra	(gr)	14055	14050	14062		
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9048	9048	9048		
Peso unitario compactado	(kg/m <sup>3</sup> )	1553	1553	1554		
Peso unitario compactado promedio	(kg/m <sup>3</sup> )	1553				
<b>OBIS:</b>	Materia proporcionado por el solicitante					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">                   Darwin Castillo Neyra                  JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,                  CONCRETO Y ASFALTO             </div> <div style="text-align: center;">                   Manuel Edgar Cabrerón                  Ingeniero Civil                  CIP 79955             </div> </div>						





**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS					
MTC 219 - 2000					
<b>OBRA</b>	Tarea: Incorporación de todo de grava para mejorar la resistencia a compresión del asfalto 7m x 175 eg/cm <sup>2</sup> , Lima, 2016.			<b>N° ENSAYO</b>	1 000-01
<b>UBICACIÓN</b>	Lima			<b>FECHA</b>	31/10/2016
<b>SOLICITA</b>	Carlos Fernando Morales Pabian - César Antonio Cascoy Fernández				
<b>MATERIAL</b>	Grava Clasificada Tm 3/4"				
<b>MUESTRA</b>	M-1				
<b>CANTERA</b>	Carpungo				
AGREGADO GRUESO					
MUESTRA :	IDENTIFICACION			Promedio	
ENSAYO N°	1	2	3		
(1) Peso muestra (gr)	160.90	167.50	160.40	/	
(2) Volumen alcuota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(3) Volumen alcuota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02	0.01	0.02		
(5) Porcentaje de sales (%) (100)(2)(4)/(3)(2)(1)	0.05	0.04	0.06		<b>1.85%</b>
<b>Observaciones :</b>					
material proporcionado por el solicitante					
 Darwin Castillo Neyra JEFE DE LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		 Manuel López Laberán Ingeniero Civil CIP 79955			

**Anexo 4: Certificado de calibración balanza de funcionamiento no automático.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

N° **CMU-002-2019**

Fecha de emisión: 2019-01-10

Expediente: 2547-2018

**UNIDAD BAJO PRUEBA:** **BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**  
 Marca: OHAUS Capacidad máxima: 6000 g  
 Modelo: SP6001 Capacidad mínima: 20 g (\*\*)  
 Serie: B514797048 División mínima: 0,1 g  
 Identificación: No Indica División de verificación: 1 g (\*\*)  
 Procedencia: China Clase de exactitud: ( III )  
 Ubicación: No Indica Tipo: Electrónica

**SOLICITANTE:** CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.  
 Dirección: Cal. Las Higueras Nro. 204 Urb. Residencial Monterrico - La Molina - Lima - Lima.

**DE LA CALIBRACIÓN:** Fecha: 2019-01-10  
 Lugar: No Indica - CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.  
 Método: Según el PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase ( III ) y ( IIII ) ", 3ra. Edición, Enero - 2009, SNM-INDECOPI.

**RESULTADO DE LAS MEDICIONES**  
 Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las páginas del presente documento.  
 La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,1	20,0
Humedad Relativa (%HR)	69	70

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Juego de pesas de 100 mg a 2 kg Clase M2	CMU-372-2018 - UNIMETRO S.A.C
Patrones de referencia del INACAL-DM	Juego de Pesas de 5 kg, 10 kg y 20 kg Clase M2	CMU-373-2018 - UNIMETRO S.A.C

**OBSERVACIONES:**

- (\*\*) Se escogió de acuerdo al procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático Clase III y IIII , según el ítem 9.1.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



**Ing. Moisés A. Inga Chucos**  
 Gerente de Metrología  
 Reg. CIP N° 137294

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com



**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,1 °C	Final	20,0 °C

Carga = 3000 g			Carga = 6000 g		
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
2999,8	20	-170	6000,0	40	9
2999,8	20	-170	6000,0	40	9
2999,8	30	-180	6000,0	30	19
2999,8	30	-180	6000,0	30	19
2999,8	30	-180	6000,0	40	9
2999,8	30	-180	6000,0	40	9
2999,8	20	-170	6000,0	40	9
2999,8	20	-170	6000,0	40	9
2999,8	20	-170	6000,0	30	19
2999,8	20	-170	6000,0	30	19

Carga (g)	Emáx. - Emin. (mg)	e.m.p. (mg)
3000,0	10	± 3 000
6000,0	10	± 3 000

**ENSAYO DE PESAJE**

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,3 °C	Final	20,0 °C

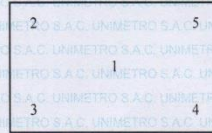
Carga (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10,0	10,0	40	10		20,0	30	20	10	1 000
20,0	20,0	30	20	10	500,0	40	10	0	2 000
500,0	500,0	30	20	10	1000,0	40	10	0	2 000
1000,0	1000,0	30	20	10	1500,0	30	20	10	2 000
1500,0	1500,0	30	20	10	2000,0	40	10	0	2 000
2000,0	2000,0	40	10	0	2500,0	50	0	-10	3 000
2500,0	2500,0	50	0	-10	3000,0	30	20	10	3 000
3000,0	2999,9	30	-80	-90	3499,9	40	-90	-100	3 000
3500,0	3500,0	30	20	10	3999,9	30	-80	-90	3 000
4000,0	3999,9	30	-80	-90	4499,8	30	-180	-190	3 000
4500,0	4499,9	50	-100	-110	4999,9	40	-90	-100	3 000
5000,0	4999,8	40	-190	-200	5999,9	30	-80	-90	3 000
6000,0	5999,9	30	-80	-90					



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**
**VISTA FRONTAL**

**Condiciones Ambientales**

Inicial	20,0 °C	Final	20,3 °C
---------	---------	-------	---------

Posición de carga	Carga (g)	Determinación del error en cero E <sub>0</sub>		
		I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)
1	10,0	10,0	40	10
2		10,0	40	10
3		10,0	50	0
4		10,0	40	10
5		10,0	30	20

Carga (g)	Determinación del error corregido E <sub>c</sub>				
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
2000,0	2000,2	50	200	190	
	2000,1	40	110	100	
	2000,1	30	120	120	
	2000,2	30	220	210	
	2000,1	40	110	90	
Error máximo permitido : ±				2000	mg

E.M.P: Error Máximo Permitido considerado para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud ( III ).

Donde:

- I Lectura de la balanza
- E Error encontrado
- E<sub>0</sub> Error en cero
- E<sub>c</sub> Error corregido
- ΔL Carga incrementada

Resultado de una pesada:  $R_{corregida} = R + 1,43 \times 10^{-5} \cdot R$  [g]

con una incertidumbre de medición:

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{2,70 \times 10^{-3} + 2,32 \times 10^{-10} \cdot R^2} \text{ [g]}$$

donde:

R<sub>corregida</sub>: Lectura convencionalmente verdadera de la balanza

R UNIMETRO: Lectura de la balanza

FIN DEL DOCUMENTO



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com

**Anexo 5: Certificado de calibración, balanza de funcionamiento no automático.**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
**N° CMU-005-2019**

 Fecha de emisión: 2019-01-10  
 Expediente: 011-2019

**UNIDAD BAJO PRUEBA: BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO**

Marca:	OHAUS	Capacidad máxima:	30000 g
Modelo:	R31P30	Capacidad mínima:	50 g (**)
Serie:	8335450087	División mínima:	1 g
Identificación:	No Indica	División de verificación:	1 g (**)
Procedencia:	China	Clase de exactitud:	( II )
Ubicación:	No Indica	Tipo:	Electrónica

**SOLICITANTE: CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.**

Dirección: Cal. Las Higueras Nro. 204 Urb. Residencial Monterrico - La Molina - Lima - Lima.

**DE LA CALIBRACIÓN:**

Fecha:	2019-01-10
Lugar:	No Indica - CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.
Método:	Segun el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase ( I ) y ( II ) ", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI.

**RESULTADO DE LAS MEDICIONES**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las páginas del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,0	21,8
Humedad Relativa (%HR)	68	68

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI	Juego de pesas de 1mg a 1 kg Clase E2	LM-C-083-2018 - INACAL-DM
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI	Pesa de 2 kg - Clase F1	LM-705-2018 - INACAL-DM
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI	Pesa de 5 kg - Clase M1	M-1031-2018 - METROIL
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI	Pesa de 10 kg - Clase M1	M-0474-2018 - METROIL
Patrones de referencia del SNM-INDECOPI	Pesa de 20 kg - Clase M1	PE18-C-0547-2018 - KOSSODO

**OBSERVACIONES:**

- (\*\*) Se escogió de acuerdo al procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático Clase I y II , según el Item 10.2.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.


 Ing. Mijiles A. Inga Chucos  
 Gerente de Metrología  
 Reg. CIP N° 137294

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

 Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zarate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com



### RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Condiciones Ambientales		
Inicial	22,0 °C	Final
		21,8 °C

Carga = 15000 g			Carga = 30000 g		
I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
14999	0,5	-500,5	30000	0,6	499,4
14999	0,5	-500,5	30000	0,6	499,4
14999	0,5	-500,5	30000	0,6	499,4
14999	0,5	-500,5	30000	0,5	499,5
14999	0,5	-500,5	30000	0,6	499,4
14999	0,4	-500,4	30000	0,5	499,5
14999	0,4	-500,4	30000	0,5	499,5
14999	0,4	-500,4	30000	0,5	499,5
14999	0,5	-500,5	30000	0,5	499,5
14999	0,5	-500,5	30000	0,6	499,4

Carga (g)	Emáx. - Emin. (mg)	e.m.p. (mg)
15000	0,1	± 2 000,0
30000	0,1	± 3 000,0

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales		
Inicial	21,9 °C	Final
		21,8 °C

Carga (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10	10	0,6	499,4						
20	20	0,5	499,5	0,1	20	0,6	499,4	0,0	1 000,0
1500	1500	0,6	499,4	0,0	1500	0,6	499,4	0,0	1 000,0
3000	3000	0,5	499,5	0,1	3000	0,5	499,5	0,1	1 000,0
6000	6000	0,6	499,4	0,0	6000	0,6	499,4	0,0	2 000,0
9000	9000	0,6	499,4	0,0	9000	0,5	499,5	0,1	2 000,0
12000	12000	0,4	499,6	0,2	12000	0,6	499,4	0,0	2 000,0
15000	15000	0,5	499,5	0,1	15000	0,5	499,5	0,1	2 000,0
18000	18000	0,4	499,6	0,2	18000	0,4	499,6	0,2	2 000,0
21000	21000	0,4	499,6	0,2	21000	0,4	499,6	0,2	3 000,0
24000	24000	0,5	499,5	0,1	24000	0,4	499,6	0,2	3 000,0
27000	27000	0,6	499,4	0,0	27000	0,5	499,5	0,1	3 000,0
30000	30000	0,5	499,5	0,1	30000	0,5	499,5	0,1	3 000,0



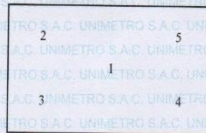
PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

VISTA FRONTAL



Condiciones Ambientales	
Inicial	21,8 °C
Final	21,9 °C

Posición de carga	Carga (g)	Determinación del error en cero Eo		
		I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)
1	10	10	0,3	498,7
2		10	0,2	498,8
3		10	0,3	498,7
4		10	0,4	498,6
5		10	0,3	498,7

Carga (g)	Determinación del error corregido Ec			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
10000	10000	0,1	499,9	1,2
	10000	0,5	499,5	0,7
	10000	0,6	499,4	0,7
	10000	0,1	499,9	1,3
	10000	0,1	499,9	1,2

Error máximo permitido: ± 2000,0 mg

E.M.P: Error Máximo Permitido considerado para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud ( II )

Donde:

- I Lectura de la balanza
- E Error encontrado
- E<sub>o</sub> Error en cero
- E<sub>c</sub> Error corregido
- ΔL Carga incrementada

Resultado de una pesada:

$$R_{\text{corregida}} = R - 5,32 \times 10^{-9} \cdot R^2 \quad [g]$$

con una incertidumbre de medición:

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{1,67 \times 10^{-11} \cdot R + 2,01 \times 10^{-10} \cdot R^2} \quad [g]$$

donde:

R<sub>corregida</sub>: Lectura convencionalmente verdadera de la balanza

R: Lectura de la balanza

FIN DEL DOCUMENTO



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com

**Anexo 6: Certificado de calibración, horno.**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

N° **CTU-2464-2018**

Fecha de Emisión : 2018-12-14  
Expediente : 2547-2018

**UNIDAD BAJO PRUEBA:** HORNO  
 Marca: ECOCELL Temperatura de trabajo: 150 °C ± 1 °C  
 Modelo: LSIS-B2V/EC222 Procedencia: No Indica  
 Serie: D161573 Ventilación: Natural  
 Identificación: No Indica  
 Ubicación: Laboratorio control de calidad

**INSTRUMENTO DE MEDICION:**

Nombre	Marca/Modelo	Alcance de Indicación	División Mínima	Tipo
Termómetro-Controlador	No Indica	No Indica	1 °C	Digital

**SOLICITANTE:** CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.  
 Dirección: Cal. Las Higueras Nro. 204 Urb. Residencial Monterrico - La Molina - Lima - Lima.

**DE LA CALIBRACIÓN:** Fecha: 2018-12-13  
 Lugar: Laboratorio control de calidad - CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.  
 Método: Según el PC-018 "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático", 2da. Edición, Junio 2009, SNM-INDECOPI

**RESULTADO DE LAS MEDICIONES:**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran apartir de la página 02 del presente documento.  
 La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

**CONDICIONES DE CALIBRACIÓN:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24,5	24,9
Humedad Relativa (%HR)	59	56
Carga interior	0%	

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL DM	Termómetro patrón de código IT-43 con 10 termopares de códigos K1-1 al K1-10	CTU-658-2018 - UNIMETRO S.A.C.

**OBSERVACIONES:**

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La medición se efectuó 2 horas y 30 minutos después que se encendió el equipo.
- Se programó el controlador del equipo a 150 °C para la temperatura de trabajo de 150 °C ± 1 °C.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del equipo.



Ing. Moisés A. Inga Chuco  
 Gerente de Metrología  
 Reg. CIP N° 137294

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.



**CALIBRACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO: 150 °C ± 1 °C**

Tiempo (min)	T.ind (°C) Térmometro del equipo	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T.Prom (°C)	T.Max - T.Min (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	151,0	150,2	150,3	150,5	150,2	150,3	150,2	149,8	150,1	149,8	150,2	150,2	0,7
02	151,0	150,2	150,2	150,8	149,9	150,2	150,2	149,8	150,1	149,8	150,2	150,1	1,0
04	151,0	150,0	150,1	150,5	150,3	150,0	150,3	149,8	150,2	149,6	149,9	150,1	0,9
06	151,0	149,9	150,1	150,3	150,1	150,1	150,3	149,5	149,9	149,6	150,3	150,0	0,8
08	151,0	149,8	150,4	150,2	150,3	150,3	150,2	149,9	149,9	149,6	150,2	150,1	0,8
10	151,0	149,8	150,1	150,1	150,1	150,3	150,1	149,9	150,2	149,9	150,1	150,1	0,5
12	151,0	149,6	150,6	150,3	150,4	150,1	149,9	150,1	150,1	149,8	149,9	150,1	1,0
14	151,0	149,6	150,7	150,6	150,2	150,0	150,1	149,9	150,2	149,8	150,1	150,1	1,1
16	151,0	149,6	150,6	150,3	150,2	150,2	150,2	149,9	150,2	149,6	150,2	150,1	1,0
18	151,0	149,5	150,5	150,2	149,9	150,1	150,2	149,8	149,9	149,6	150,2	150,0	1,0
20	151,0	149,6	150,6	150,4	150,3	150,3	150,1	149,8	149,9	149,6	150,0	150,1	1,0
22	151,0	150,2	150,6	150,2	150,1	150,3	150,4	149,9	150,0	150,1	149,9	150,2	0,7
24	151,0	150,2	150,4	150,4	150,2	150,1	150,3	150,2	150,1	150,2	150,0	150,2	0,4
26	151,0	150,2	150,5	150,3	150,3	150,4	150,0	150,1	150,2	150,1	150,2	150,2	0,5
28	151,0	150,3	150,3	150,2	150,2	150,1	150,1	150,1	150,1	150,2	150,3	150,2	0,2
30	151,0	150,2	150,1	150,1	150,1	150,1	150,4	149,9	150,2	150,1	150,2	150,1	0,5
32	151,0	150,1	150,4	150,2	149,9	150,2	150,1	150,2	150,3	150,3	150,1	150,2	0,5
34	151,0	150,3	150,2	150,2	150,1	150,4	150,6	150,1	150,2	150,3	149,9	150,2	0,7
36	151,0	150,6	150,2	149,9	150,2	150,1	150,7	150,2	150,1	150,1	150,1	150,1	0,8
38	151,0	150,3	149,9	150,1	150,2	150,4	150,6	150,1	149,9	150,4	150,2	150,2	0,7
40	151,0	150,2	150,3	150,4	150,1	150,1	150,5	150,3	150,1	150,1	150,2	150,2	0,4
42	151,0	150,0	150,1	150,1	150,4	150,1	150,6	150,6	150,1	150,1	150,1	150,1	0,6
44	151,0	150,2	150,2	150,1	150,3	150,2	150,6	150,3	150,3	150,2	150,4	150,3	0,5
46	151,0	150,1	150,3	150,2	150,0	150,4	150,4	150,2	150,3	150,4	150,2	150,3	0,4
48	151,0	149,9	150,1	150,4	149,9	150,3	150,3	150,2	150,1	150,3	150,4	150,2	0,5
50	151,0	150,2	149,9	150,2	150,2	150,2	150,1	150,3	149,8	150,1	150,1	150,1	0,5
52	151,0	150,0	149,9	150,1	150,2	150,1	149,9	150,4	150,1	150,2	150,2	150,1	0,5
54	151,0	150,3	150,2	150,1	150,1	150,2	150,2	150,6	149,9	150,2	150,4	150,2	0,7
56	151,0	150,2	150,1	149,9	150,0	150,2	150,1	150,4	150,2	150,4	150,5	150,2	0,6
58	151,0	150,0	150,2	150,2	150,3	150,1	150,2	150,4	150,3	150,2	150,3	150,2	0,4
60	151,0	149,9	149,9	150,1	150,2	150,2	149,9	150,7	150,1	150,2	150,3	150,2	0,8
T.PROM	151,0	150,0	150,3	150,2	150,2	150,2	150,3	150,1	150,1	150,0	150,2	150,2	
T.MAX	151,0	150,6	150,7	150,8	150,4	150,4	150,7	150,7	150,3	150,4	150,5		
T.MIN	151,0	149,5	149,9	149,9	149,9	150,0	149,9	149,5	149,8	149,6	149,9		
DTT	0,0	1,1	0,8	0,9	0,5	0,4	0,8	1,2	0,5	0,8	0,6		

- T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
- T. MAX: Temperatura máxima.
- T. MIN: Temperatura mínima.
- DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.com



Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	150,8	0,2
Mínima Temperatura Medida	149,5	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,2	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	0,2	0,3
Estabilidad medida (±)	0,60	0,04
Uniformidad medida	1,1	0,3

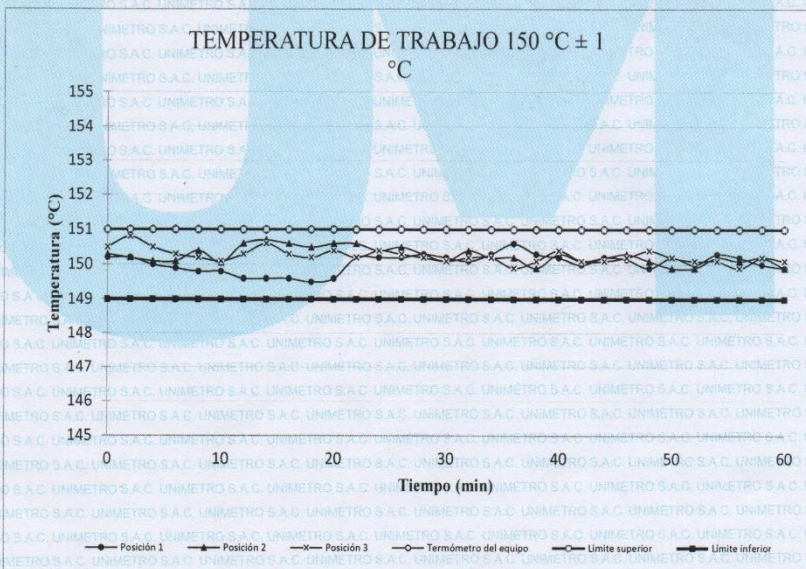
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a  $\pm \frac{1}{2}$  máx. DTT.

GRÁFICOS DE LAS MEDICIONES:

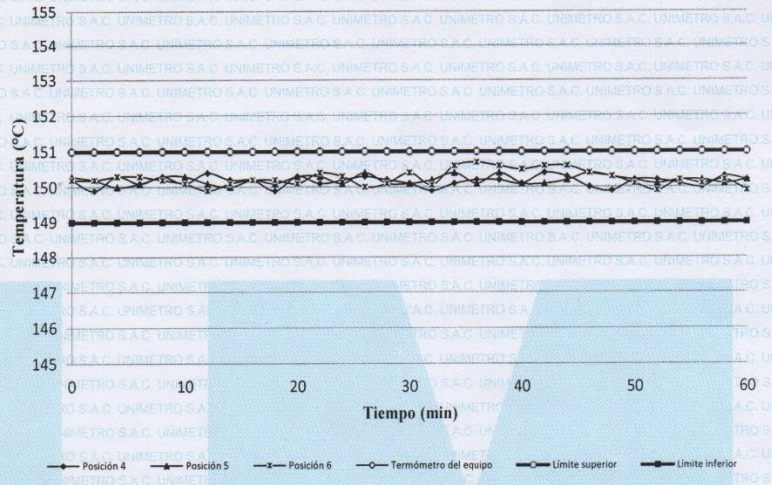


PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

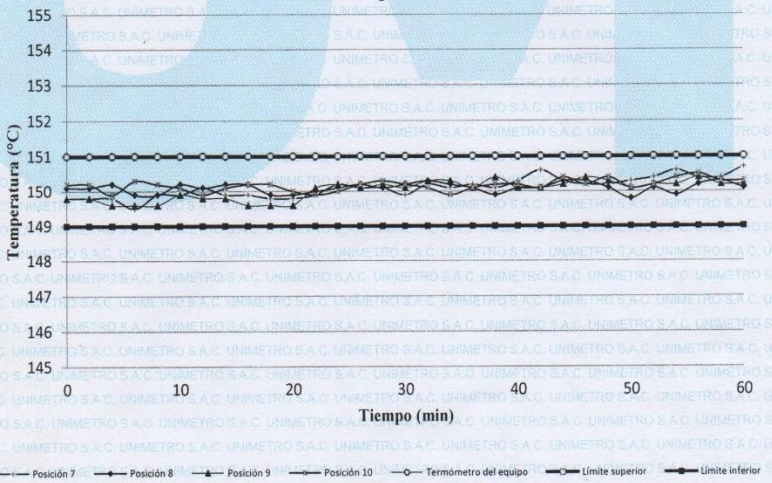
Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: [www.unimetrosac.com](http://www.unimetrosac.com) E-mail: [ventas@unimetrosac.com](mailto:ventas@unimetrosac.com) / [unimetrosac@hotmail.com](mailto:unimetrosac@hotmail.com)



TEMPERATURA DE TRABAJO 150 °C ± 1 °C



TEMPERATURA DE TRABAJO 150 °C ± 1 °C



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

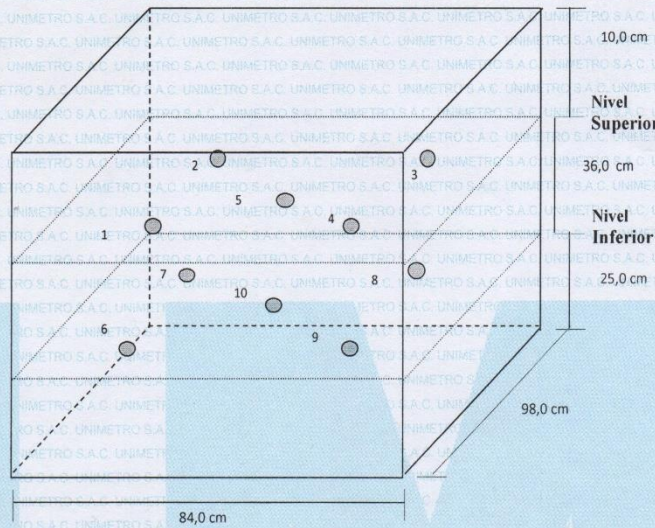
Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima

Tel.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498

Web: [www.unimetrosac.com](http://www.unimetrosac.com) E-mail: [ventas@unimetrosac.com](mailto:ventas@unimetrosac.com) / [unimetrosac@hotmail.com](mailto:unimetrosac@hotmail.com)



GRÁFICO DEL EQUIPO



**Leyenda**

Posición	Código	Posición	Código
1	K1-1	6	K1-6
2	K1-2	7	K1-7
3	K1-3	8	K1-8
4	K1-4	9	K1-9
5	K1-5	10	K1-10

DISTRIBUCION DE LOS SENSORES

- Los sensores de las posiciones 5 y 10 se ubicaron sobre el centro de sus respectivos niveles a 1,5 cm por encima de ellos.
- Los demás sensores se ubicaron a 7,0 cm de las paredes laterales, a 8,0 cm del fondo y frente del equipo y a 1,5 cm por encima de sus niveles.

FIN DEL DOCUMENTO

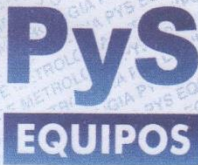


PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima  
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: #998446498  
 Web: [www.unimetrosac.com](http://www.unimetrosac.com) E-mail: [ventas@unimetrosac.com](mailto:ventas@unimetrosac.com) / [unimetrosac@hotmail.com](mailto:unimetrosac@hotmail.com)

**Anexo 7: Certificado de calibración, termómetro digital.**





LABORATORIO DE METROLOGIA  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-0843-2019**

Página 1 de 2

Solicitante : **CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.**

Dirección : **CALLAS HIGUERAS NRO. 204 URB. RESIDENCIAL  
MONTERRICO LIMA - LIMA - LA MOLINA**

Instrumento de Medición : **TERMÓMETRO DIGITAL**

Fabricante : **AMARELL**

Modelo : **209430**

Serie : **565**

Procedencia : **Alemania**

Alcance máximo : **-50°C a 200°C  
(-58°F a 392°F)**

División Mínima : **0.1° C**

Tipo de Indicación : **Digital**

Lugar de Calibración : **Lab. Metrología de PyS EQUIPOS EIRL**

Fecha de Calibración : **08-11-2019**

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C  
*[Signature]*  
Manuel López Laberian  
CIP 79855

Fecha de emisión : **08-11-2019**

Método de calibración empleado

Tomando como referencia el procedimiento de INDECOPI/SNM PC-017 "procedimiento para calibración de termómetros digitales" 1era edición, Noviembre 2007

**Observaciones**

Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO" El resultado de cada una de las mediciones en el presente documento es un promedio de tres valores de un mismo punto.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto. PyS EQUIPOS EIRL, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

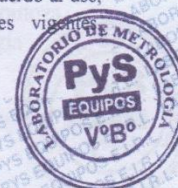
El usuario es el responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

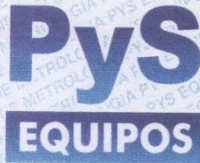
E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)

Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."





**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-0843-2019**

Página 2 de 2

**TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de Patrones Nacionales de Temperatura del Servicio Nacional de Metrología SNM-INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

**PATRONES DE REFERENCIA**

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del INACAL	Termómetro de Indicación Digital	LT - 338- 2018

**RESULTADO DE MEDICION**

INDICACIÓN DE TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (TCV) (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
30,2	30,1	-0.1	0.1
50,5	50,5	0.0	0.1
101,4	101,4	0.0	0.1

TCV = Temperatura Convencionalmente Verdadera

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1.104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tomen en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada (u) por el factor de cobertura (k).

Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

*EHP*

Revisado por:  
 Eler Pozo S.  
 Dpto. de Metrología

*Amed*

Calibrado por:  
 Amed Castillo Espinoza  
 Dpto. de Metrología

Calle 4, Mz F1.Ll. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L."

**Anexo 8: Certificado de calibración, prensa de concreto.**



# Certificado de Calibración

## LFP19 - 0149

ORDEN DE TRABAJO	: OT19-0240	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	: CONSULTORES DEL SUR G.L.A. E.I.R.L.	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
DIRECCION	: Mz. E Lt. 08 A.H. PILAR NORES - ICA - CHINCHA - PUEBLO NUEVO	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
LUGAR DE CALIBRACION	: LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
INSTRUMENTO DE MEDICION	: PRENSA DE CONCRETO	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
MARCA	: PINZUAR	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
MODELO	: PC-165	
NUMERO DE SERIE	: 161	
IDENTIFICACION	: NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACION	: 2019-07-26	
FECHA DE EMISION	: 2019-07-31	

Sello	Fecha	Responsable Técnico	Metrólogo a cargo
	2019-07-31	 Dante Abelino Pérez	 Leonardo Chapañan Osorio



## Certificado de Calibración LFP19 - 0149

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

PARAMETROS	INDICADOR
TIPO	DIGITAL
ALCANCE DE ESCALA	0 kN a 1000 kN
DIVISION DE ESCALA	0,1 kN

### DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

NOMBRE DEL PATRON	CERTIFICADO DE CALIBRACION
DINAMOMETRO ELECTRONICO DIGITAL	MT-LF-306-2017

### PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Norma Internacional ISO 7500 - 1 / ISO 376

### CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

Temperatura inicial	:	23,2 °C	Temperatura final	:	23,2 °C
Humedad relativa inicial	:	60,0 %	Humedad relativa final	:	58,0 %

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

INDICACION DEL EQUIPO <i>F<sub>i</sub></i> kN	INDICACION PROMEDIO DEL PATRON <i>F<sub>p</sub></i> kN	CALCULO DE ERRORES		INCERTIDUMBRE <i>U</i> kN
		Exactitud <i>q</i> (%)	Repetibilidad <i>b</i> (kN)	
71,8	71,2	0,91	0,21	0,25
99,8	99,2	0,59	0,26	0,35
195,0	194,8	0,12	0,04	0,68
297,9	297,2	0,22	0,08	1,04
398,3	398,2	0,03	0,02	1,39
493,0	492,4	0,13	0,02	1,73
608,1	607,5	0,09	0,04	2,13
710,1	709,7	0,06	0,01	2,49
797,8	797,5	0,04	0,01	2,79
898,6	897,8	0,09	0,01	3,15

$f_0$  = ERROR MAXIMO DE CERO (0) : 0,00

$q = (F_i - F_p) / F_p * 100$

$b = (F_{max} - F_{min}) / F_p * 100$

CLASE DE MAQUINA : 1

ECUACION DE CORRECCION :  $Y = 0,9999 ( X ) - 0,4622$

X = Valor Leído en el Equipo (F)

Y = Valor Real Corregido

AVISO: certificado de calibración

**Anexo 9: panel fotográfico**

Análisis granulométricos de los agregados finos y gruesos proveniente de la cantera carapongo ubicado en la planta de Asfalto portillo – Carapongo construcciones DELHEAL S.A.C. de la Provincia de Lima, Distrito de Lurigancho Chosica.



Agregado fino



agregado grueso

Dosificación de mezcla por método ACI. Fue realizado en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. ubicado en la planta de Asfalto portillo – Carapongo construcciones DELHEAL S.A.C.



Peso de agregado fino kg/m<sup>3</sup>



Peso de agregado grueso kg/m<sup>3</sup>



Peso de cemento kg/m<sup>3</sup>



Peso del agua lt/m<sup>3</sup>

El óxido de grafeno en polvo de 95% de pureza con 6 – 10 capas CAS 7782-42-5 importado desde la ciudad de Malasia.





Diseño de mezcla con incorporación del óxido de grafeno según los porcentajes planteadas



Peso del óxido de grafeno gm/m3



aplicación del óxido de grafeno para ser disuelto en el agua



Elaboración de las probetas, según el diseño de mezcla por el método ACI. Fue realizado en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. ubicado en la planta de Asfalto portillo – Carapongo construcciones DELHEAL S.A.C. de la Provincia de Lima, Distrito de Lurigancho Chosica.



Mezcla de concreto en el trompo



ensayo de asentamiento



Llenado de probetas en 3 capas



Rotulación de las probetas según los porcentajes Planteadas





Curado de los testigos hasta los 7 y 28 días



Medición del diámetro de los testigos para su cálculo



Rotura de los testigos con la prensa hidráulica



cálculo de los resultados en  $\text{kg/cm}^2$

## Anexo 10: Ficha Técnica del cemento portland tipo I



### Ficha Técnica

## CEMENTO SOL

#### Descripción:

- Es un Cemento Portland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

#### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazas y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

#### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granal: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



### Recomendaciones

#### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### Manipulación:

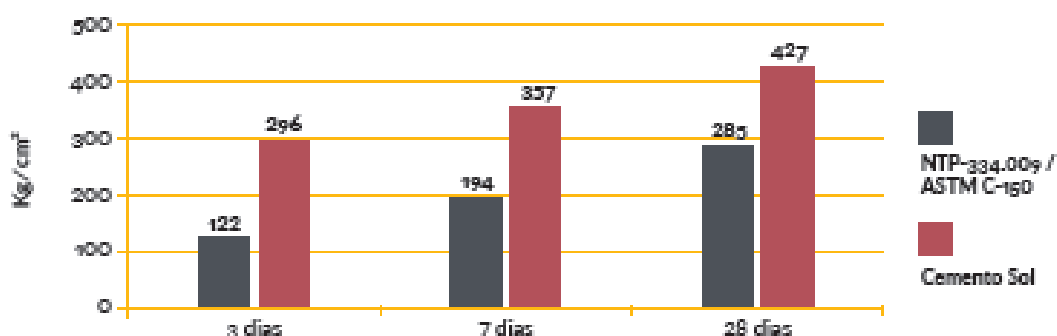
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional



## Anexo 11: Ficha técnica Óxido de Grafeno

# ÓXIDO DE GRAFENO

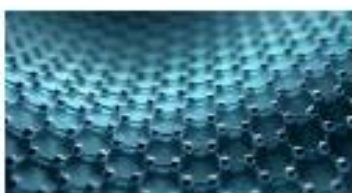
BT2430 (en polvo) / BT2430W (húmedo) / BT2430S (mezclado)

### CARACTERÍSTICAS

- (1) Enriquecer grupos funcionales que contengan oxígeno como los grupos de hidróxido, carbonoo y epóxido.
- (2) Fácilmente modificable y/o injertado in situ para la polimerización o la integración con compuestos poliméricos, que proporciona una gran conductividad térmica, así como refuerzo mecánico a las matrices.
- (3) Comparado con el polvo, es más fácil de ser dispersado y formar películas finas cuando está mojado.
- (4) Comparado con el polvo y la humedad, el óxido de grafeno trinchado tiene un contenido más elevado de copos de una sola capa.

### APLICACIONES

Utilizado por compuestos de polímero como plástico, resina, goma, fibra de cristal y compuesto de carbón como retardante de fuego de material.



### MANEJO Y ALMACENAJE

Llevar ropa y guantes de seguridad apropiados para evitar el contacto directo con la piel, ojos y ropa y su inhalación. En caso de contacto limpiar rápidamente con agua.

Guardar en contenedores cerrados y en un lugar seco, fresco y con buena ventilación.

Mantener el producto a unos 4° aislado de fuentes de ignición o calor, agentes de reducción fuertes y combustibles.

### TRANSPORTE

- Bienes sin restricción.
- Evitar insolaciones, lluvia, fugas y etiquetas.
- Prohibido tirarlo.
- Cargar y descargar acuradamente para evitar daños y proteger el producto.
- Mantener alejado de fuentes de ignición o calor.
- No transportarlo con otros materiales corrosivos.
- Clase de riesgo 5.1
- UN número: 1479
- Marca de almacenaje: oxidación.
- Grupo de almacenaje: III
- Nombre de envío: auto calentamiento orgánico, no clasificado.

La vida útil del producto es de 6 meses si se trata del paquete y producto original sin ningún tipo de manipulación o daño antes de ser abierto y/o utilizado.

Comentario adicional: las especificaciones del producto pueden ser modificadas según el vendedor requiera.