



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto, Lima-2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Apaza Quispe, Ricardo Yordan (ORCID: 0000-0002-3610-0615)

Rodriguez Quito, Art Antony (ORCID: 0000-0002-5996-6681)

ASESOR:

Mg.German Fernando Casusol Iberico (ORCID: 0000-0001-7143-5026)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA-PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicado especialmente y con mucho cariño para mis padres, que con su eterna confianza y paciencia permitieron que pueda lograr y alcanzar mis objetivos; A esa persona especial que siempre se preocupó y se preocupa por mí. Les doy mi eterno agradecimiento por su apoyo.

Art Antony Rodriguez Quito

Dedicatoria

A dios por guiar mi camino, a mis padres por los valores, consejos y la motivación que me dieron para desarrollarme y ser una mejor persona, pero en especial por el amor que me brindaron.

Ricardo Yordan Apaza Quispe

Agradecimiento

Agradecemos inicialmente a nuestros padres por darnos la oportunidad de desempeñarnos como estudiantes universitarios y a todas las personas que nos apoyaron de distintas maneras para poder realizar esta tesis.

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por acogernos y darnos la oportunidad de poder estudiar y culminar nuestra carrera profesional.

Página del Jurado

	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 2
---	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) APAZA QUISPE RICARDO YORDAN cuyo título es: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO COMO ADITIVO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, LIMA-2019

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13 TRECE.

Lima, Ate 07 de diciembre del 2019

 MG. CHOQUE FLORES, LEOPOLDO PRESIDENTE	 MG. TACZA ZEVALLOS, JOHN NELINHO SECRETARIO
 CASUSOL IBERICO, GERMAN FERNANDO VOCAL	

Revisó	Vicerrectorado de Investigación/ DEVAC / Responsable del SGC	Aprobó	Rectorado
--------	--	--------	-----------

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.

Página del Jurado

Declaratoria de autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, Ricardo Yordan Apaza Quispe con DNI:70111177 y Rodríguez Quito, Art Antony con DNI:71516336, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grado y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

En tal sentido asumo la responsabilidad asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y 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.



Apaza Quispe Ricardo Yordan
DNI:70111177



Art Antony Rodríguez Quito
DNI:71516336

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PÁGINA DEL JURADO.....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vii
ÍNDICE.....	viii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	27
2.1. Diseño de la investigación.....	28
2.2. Variables y operacionalización.....	29
2.3. Población, muestra y muestreo.....	31
2.4. Técnicas instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	32
2.5. Método de análisis de datos.....	32
2.6. Aspectos éticos.....	33
III. RESULTADOS.....	34
IV. DISCUSIÓN.....	59
V. CONCLUSIONES.....	63
VI. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01.	Cuadro comparativo de antecedentes (f'c)	5
Tabla N° 02.	Cuadro comparativo de antecedentes (Trabajabilidad).....	5
Tabla N° 03.	Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.....	8
Tabla N° 04.	Diametro para cilindros de concreto	13
Tabla N° 05.	El mercado global para los productos a base de grafeno hasta el 2023 (millones USD)	14
Tabla N° 06.	Matriz de operacionalización de Variable	30
Tabla N° 07.	Límites de graduación del agregado fino.....	35
Tabla N° 08.	Porcentajes retenidos del agregado fino	36
Tabla N° 09.	Porcentajes retenidos del agregado fino	36
Tabla N° 10.	Límites de graduación del agregado grueso	37
Tabla N° 11.	Porcentajes retenidos del agregado grueso	37
Tabla N° 12.	Porcentajes retenidos del agregado grueso	38
Tabla N° 13.	Dosificación concreto patrón	41
Tabla N° 14.	Propiedades Mecánicas del grafeno.....	41
Tabla N° 15.	Dosificación concreto patrón añadiendo 0.1% de grafeno	42
Tabla N° 16.	Dosificación concreto patrón añadiendo 0.05% de grafeno.....	42
Tabla N° 17.	Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días de curado	44
Tabla N° 18.	Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.1% a los 28 días de curado	45
Tabla N° 19.	Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.05% a los 28 días de curado	47
Tabla N° 20.	Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión promedio del concreto a los 28 días de curado.....	48
Tabla N° 21.	Resultados de Prueba de Asentamiento o Slump - NTP 339.035.....	49
Tabla N° 22.	Tabla de frecuencia para resultados de probetas con 0.1% de grafeno....	51

Tabla N° 23.	Desviación estándar para resultados de ensayos de probetas con 0.1% de grafeno	53
Tabla N° 24.	Tabla de frecuencia para resultados de probetas con 0.05% de grafeno ...	53
Tabla N° 25.	Desviación estándar para resultados de ensayos de probetas con 0.05% de grafeno	54
Tabla N° 26.	Tabla de resultados de prueba de normalidad.....	54
Tabla N° 27.	Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA	55
Tabla N° 28.	Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza Anova.....	56
Tabla N° 29.	Tabla de resultados estadísticos de 0% de grafeno.....	57
Tabla N° 30.	Tabla de resultados estadísticos de 0.05% de grafeno.....	57
Tabla N° 31.	Tabla de resultados estadísticos de 0.1% de grafeno	58
Tabla N° 32.	Tabla de resultados de prueba de normalidad	58
Tabla N° 33.	Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA	59
Tabla N° 34.	Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Proporciones usadas para crear concreto. Mezcla 1 y 3 presenta mezcla con agregados de menor tamaño. Mezcla 2 y 4 contiene mezclas pobre con una cantidad de agregados gruesos mayor.....	6
Figura 03. Agregado Grueso	10
Figura 04. Curva granulométrica	10
Figura 05. Progreso de la resistencia a compresión de numerosas probetas de concreto expresado en porcentaje de la resistencia a los 28 días.	12
Figura 06. Variación del $f'c$ respecto a la relación agua-cemento.....	12
Figura 07. Esquema de los patrones de los tipos de fractura	14
Figura 08. Esquema de los patrones de los tipos de fractura	14
Figura 09. Pasos para agregar aditivos a la mezcla.....	16
Figura 10. Formas alotrópicas del carbono. Diamante y grafito (3D); grafeno (2D); nanotubos (1D); Fullerenos (0D).....	17
Figura 11. Fotografía de copos de grafito y de tensioactivo colato de sodio utilizado para la producción de grafeno funcionalizado.....	19
Figura 12. Comparación de la 2D con posición máxima de grafito y diferentes espesores de escamas de grafeno.	20
Figura 13. Mapa Raman del número de capas a través de la película continua.....	21
Figura 14. Una hoja de grafeno tridimensional entrelazada.	23
Figura 15. Curva típica de esfuerzo-deformación del cubo de concreto medida bajo carga de compresión, comparando el concreto estándar (Patrón) con refuerzos de grafeno (IG y FG) y grafito (UTGr).....	24
Figura 16. La evolución de la resistencia a la compresión del concreto (f_c), a lo largo del tiempo (t) para el concreto estándar (patrón) y hormigón armado con grafeno (IG y FG) y grafito (UTGr).	24
Figura 17. Granulometría del agregado fino.....	36
Figura 18. Granulometría del agregado grueso.....	38
Figura 19. Rotura de la probeta a compresión	43

Figura 20. Probeta luego de rotura - falla	43
Figura 21. Comparación de resultados del $f'c$ de las muestras patrón a los 28 días de curado	44
Figura 22. Resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.1% a los 28 días de curado	46
Figura 23. Concreto modificado con la adición de grafeno al 0.05%	48
Figura 24. Comparación del promedio de la resistencia a compresión a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto modificado con grafeno.....	49
Figura 25. Ensayo de medición del asentamiento (slump) a la mezcla.	50

RESUMEN

La presente investigación tiene por título “Análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a compresión del concreto”, la cual tiene como objetivo principal el análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a compresión del concreto. En la investigación se aplicó el método de análisis de datos, donde la investigación fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, teniendo un diseño de la investigación científica de forma pre-experimental y la línea de investigación tiene un nivel exploratorio, puesto que el grafeno es un material poco común y único; primero se seleccionó la cantera de la cual se extraería los materiales, para así analizar y realizar ensayos para obtener las propiedades físicas y datos de estas, posteriormente utilizando la información recabada se procedió a realizar un diseño de mezcla para obtener la dosificación de materiales que se utilizó para la preparación de la mezcla de concreto patrón y las modificadas con grafeno. Se procedió a utilizar 3 grupos de probetas, 1 patrón (3 probetas) y 2 modificadas (20 probetas por cada dosificación). Teniendo como dosificaciones, para las modificadas 0.05% y 0.1% de adición de grafeno en relación con el peso del cemento, y para el concreto patrón 0%. Con los ensayos realizados en el laboratorio se pudo obtener datos como la trabajabilidad (slump) y la resistencia a la compresión ($f'c$). Se procedió a calcular la trabajabilidad y resistencia a compresión promedio del concreto, realizando gráficos y tablas de esta. Teniendo como resultados para dosificaciones de 0.05% se logra un aumento del $f'c$ en un 13% y en la trabajabilidad se observó una disminución del 5.33%. Para dosificaciones de 0.1% logra un aumento del $f'c$ en un 14% y en la trabajabilidad se observó una disminución del 6.67%. Ya con estos datos se realizó la discusión de los resultados obtenidos con los antecedentes que se tenía. Por último, se obtuvo las conclusiones y se generó las recomendaciones, siendo la conclusión que el grafeno influye con un aumento significativo del $f'c$ y con respecto a la trabajabilidad el grafeno no influye significativamente en esta propiedad.

Palabras clave: Concreto, grafeno, resistencia, nano material, mezcla.

ABSTRACT

This research is entitled "Analysis of the influence of graphene as an additive in the compressive strength of concrete", which has as its main objective the analysis of the influence of graphene as an additive in the compressive strength of concrete. In the investigation the method of data analysis was applied, where the research was applied with a quantitative approach, having a design of the scientific research in a pre-experimental way and the research line has an exploratory level, since graphene It is a rare and unique material; First, the quarry from which the materials would be extracted was selected, in order to analyze and carry out tests to obtain the physical properties and data of these, then using the information collected, a mixture design was carried out to obtain the dosage of materials that were used for the preparation of the mixture of standard concrete and those modified with graphene. We proceeded to use 3 groups of specimens, 1 standard (3 specimens) and 2 modified (20 specimens for each dosage). Having as dosages, for the modified 0.05% and 0.1% addition of graphene in relation to the weight of the cement, and for the standard concrete 0%. With the tests carried out in the laboratory, data such as workability (slump) and compressive strength (f^c) could be obtained. Workability and average compressive strength of concrete were calculated, making graphs and tables of this. With results for dosages of 0.05%, an increase in f^c is achieved by 13% and a decrease of 5.33% was observed in workability. For dosages of 0.1%, it achieves an increase in f^c by 14% and a decrease of 6.67% was observed in workability. Already with these data the discussion of the results obtained with the background that was had was made. Finally, the conclusions were obtained and recommendations were generated, the conclusion being that graphene influences a significant increase in f^c and with respect to workability graphene does not significantly influence this property.

Keywords: Concrete, graphene, resistance, nano material, mixture.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

En concreto es uno de los materiales más utilizados en el planeta, este material se utiliza de distintas formas en el campo de la construcción. Debido a sus magníficas propiedades mecánicas respecto a la resistencia, las industrias y la población les fue generando mayor confiabilidad a diferencia de otros tipos de productos, esto va generando el aumento una gran demanda de este material.

El concreto ha cumplido un rol muy importante en el desarrollo de los diversos países en el mundo, ya que este material se usa para la elaboración de la mayor parte de obras ingenieriles ya sea en pavimentos, estructuras, etc. El concreto es el material de construcción más utilizado alrededor del mundo (se estima que alrededor de 11 mil millones de toneladas se gastan cada año a nivel mundial), este es un problema puesto a que el concreto este compuesto esencialmente de aglomerantes, agregados, agua, etc. El aglomerante que se usa comúnmente es el cemento, la industria cementera es responsable aproximadamente de una parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO₂).

Los avances tecnológicos permiten la investigación de incorporación de nuevos compuestos en la mezcla del concreto para mejorar sus propiedades, esto es de forma positiva debido a que ya se ira dejando la dependencia la cemento para la mejora de las resistencias del material. A su vez que las solicitudes de mejora en las propiedades mecánicas son necesarias debido a que el Perú se encuentra en una zona altamente vulnerable a los sismos, por ende, las estructuras tienen que ser construidos con materiales cada vez mejorados.

Adicional a los problemas de vulnerabilidad sísmica el país sufre muchos los azotes de la naturaleza, el cual se ve demostrado en los aumentos de caudales en los ríos y la cantidad de componentes perjudiciales que esto traen, pudiendo así, dañar estructuras aledañas como defensas ribereñas o pilares que sostiene estructuras como puentes. A su vez que hay una gran solicitud de aumento en la permeabilidad de dichas estructuras y resistencia a los devastadores fenómenos naturales.

El Perú actualmente es un país el cual atraviesa un apogeo en el sector construcción esto conlleva a que se use grandes cantidades de concreto puesto a que este es el material esencial en este sector, esto genera grandes demandas de cemento para poder cubrir la gran demanda en el país. La gran industria que existe en el Perú produce toneladas de cemento para poder

cubrir la demanda de este en el país, pero en este proceso se generan muchos gases de efecto invernadero los cuales dañan la riqueza natural con la cual fue dotado el país.

El cemento es un material de gran necesidad puesto que sus propiedades mecánicas que este posee contribuyen a las obras ingenieriles, pero su proceso de fabricación genera una contaminación considerable, es por ello que se busca reducir su uso con otros conglomerantes o aditivos que ayuden a disminuir la demanda de este, se requiere de nuevos componentes para el concreto que sean más eco amigables y mejoren sus capacidades mecánicas ya conocidas. En la actualidad hay diversos estudios el cual intentan reemplazar o disminuir el uso del cemento empleando nuevos componentes en las mezclas de concreto, para mejorar las capacidades mecánicas típicas que este posee tales como la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

El grafeno es un material compuesta por carbono en esta sustancia tiene la particularidad de poseer una estructura hexagonal, este posee una resistencia aun mayor que la del acero, siendo a su vez más ligero que el aluminio. En los 2010 dos científicos descubrieron sus propiedades de este material recibiendo el premio nobel en física. Este material posee propiedades mecánicas sorprendentes como las que ya se mencionaron y otras.

Ante esta problemática se propone analizar la influencia que el grafeno genera en el concreto, puesto a que ya hay diversas investigaciones relacionadas en el exterior esta investigación se enfocará en cuantificar los beneficios que el grafeno nos podrá producir en las propiedades mecánicas del concreto.

Trabajos previos

Se ha revisado diversas fuentes de información como fundamento y orientación para la investigación, siendo estas revistas científicas, patentes y tesis para la obtención de grados, convirtiéndose en una base confiable, a partir de estas pudimos recolectar información valiosa para direccionar el estudio, de las cuales se destacaron de la siguiente manera:

Existe un amplio consenso en la comunidad de investigación de que el concreto, el material de construcción más utilizado del mundo, debe diseñarse en la nano escala, donde sus propiedades químicas y fisio mecánicas se pueden mejorar de verdad. Aquí, se informa sobre un innovador concreto con nano ingeniería multifuncional que muestra una gama sin precedentes de propiedades mejoradas en comparación con el concreto estándar.

Dimov [*et al.*] en su investigación: Ultrahigh Performance Nanoengineered Graphene–Concrete Composites for Multifunctional Applications, 2018.

El autor realizó experimentaciones comparativas entre 2 tipos de grafeno (IG y FG), grafito ultra ligero (UTGr) y un concreto patrón.

IG: Grafeno de grado industrial (graphene nanoplatelets of industrial grade)

FG: Grafeno funcionalizado con tensioactivo (Surfactant functionalized graphene)

UTGr: Grafito ultra fino (ultrathin graphite)

Nos mencionan que se encontró que la concentración óptima de IG era 0.7 g/l (grafeno en relación con el volumen del concreto) y aumenta $f'c$ por 26% a los 28 días de curado.

Por otro lado, Ávila, Eguez y Roa en su artículo científico N° 12: Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de Mezcla, 2018.

La cual toma más énfasis a los ensayos con respecto a la resistencia a la compresión, nos indican que, en los estudios realizados, el $f'c$ más alto alcanzado fue con un porcentaje de 0.05% de G-O (Óxido de Grafeno) en relación con el peso del cemento, teniendo como resultado un incremento del 47.9% en 28 días de curado.

Para Abrishami y Zahami en su artículo científico: Reinforcing graphene oxide/cement composite with NH₂ functionalizing group, 2016.

Quien en sus resultados obtiene el aumento de las propiedades mecánicas como la resistencia de la compresión axial en concreto con la incorporación de 0.1% de grafeno llegando a valores de un aumento del 13.0%.

El autor da otra proporción óptima para la utilización del grafeno, el cual tiende a una caída en la resistencia respecto a las investigaciones demostradas por Dimov y Avila, Eguez y Roa.

Collins, Lambert y Hui en su investigación: The influences of admixtures on the dispersion, workability, and strength of carbon nanotube–OPC paste mixtures, 2011.

Los resultados muestran que la consistencia esperada de la mini-depresión aumenta con el aumento de a/c. Cuando se agregaron CNT (Nano tubos de carbono) en pequeñas proporciones se evidenció una consistencia significativamente reducida. Con a/c = 0.4, la adición de 0.5% de CNT hace que la trabajabilidad reduzca 19.5%.

Por otra parte se tiene a Wang [et al.] en su trabajo de investigación: Influence of graphene oxide additions on the microstructure and mechanical strength of cement, 2015.

Se puede ver que con el aumento de GO dosis, la fluidez de la pasta de cemento disminuye, la viscosidad de la pasta de cemento aumenta y el tiempo de fraguado de la pasta de cemento es acortado. Especialmente, cuando la adición de GO es de hasta 0.03%, teniendo una reducción de la trabajabilidad de un 4.56% respecto a una mezcla estándar.

Tabla N° 03. Cuadro comparativo de antecedentes (f'c)

	Hormigón De Ultra Alto Rendimiento Con Nano ingeniería Compuestos De Grafeno	Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno	Reiforcing graphene oxide/cement composite with NH2 functionalizing group
%	0.7% de grafeno en relación con el volumen del concreto	0.05% de G-O en relación con el peso del cemento	0.1% de G-O en relación con el peso del cemento
Resistencia a la compresión a los 28 días	Aumento del 26.0 % del f'c	Aumento del 47.9% del f'c	Aumento del 13.0% del f'c

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 04. Cuadro comparativo de antecedentes (Trabajabilidad)

	The influences of admixtures on the dispersion, workability, and strength of carbon nanotube–OPC paste mixtures	Influence of graphene oxide additions on the microstructure and mechanical strength of cement
%	0.5% de G-O en relación con el peso del cemento	0.03% de G-O en relación con el peso del cemento
Trabajabilidad	Disminución del 19.5%	Disminución del 4.56%

Fuente: Elaboración propia

Teorías relacionadas al tema

Concreto

La historia del concreto utilizando el cemento portland en el Perú esta relacionada a la segunda década del siglo XX, En la década de 1920 se empieza a ser más común la utilización del concreto armado, generándose así el inicio de la revolución de la forma en que se venía realizando las construcciones de edificaciones en el país.

El concreto tiene como definición, teórica y funcional, la mezcla de cemento o cualquier otro aglomerante, agregados áridos y agua, pudiendo así formar una mezcla viscosa. Tendrá distintas resistencias a la compresión dependiendo de la relación agua cemento que se busque generar.

La pasta está conformada de compuestos cementantes, aire atrapado o aire incluido y agua. Los cuales tienen una distribución proporcional que esta con respecto al cemento en un margen de 7% y 15%, el agua en entre 21% y 14% y el aire encapsulado tiene una variación entre 4% y 8%. (Kosmatka, y otros, 2004, p.1).

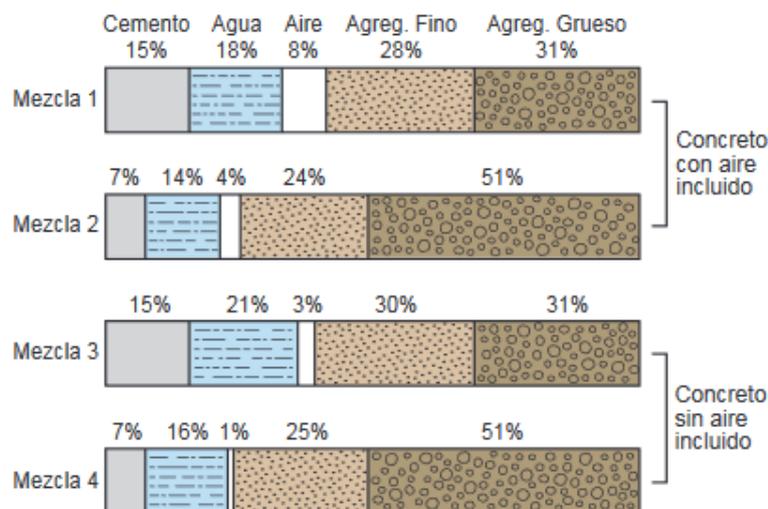


Figura 01. Proporciones usadas para crear concreto. Mezcla 1 y 3 presenta mezcla con agregados de menor tamaño. Mezcla 2 y 4 contiene mezclas pobres con una cantidad de agregados gruesos mayor.

Fuente: (Kosmatka, y otros, 2004, p. 1).

La calidad del concreto dependerá cómo interactúa la pasta y los agregados al momento de unirse, si el concreto se realizó de una correcta forma cada partícula de los agregados tienen que quedar cubierta por la pasta. Escogido cualquier grupo de mezcla y el método de curado,

la calidad del concreto resultante dependerá de la relación agua-cemento, este se refiere a la cantidad de agua que se le agrega a la mezcla con respecto a la cantidad de cemento. (Kosmatka, y otros, 2004, p. 2).

Diseño de mezcla

El diseño es la mezcla consta en estudiar, análisis los compuestos del concreto. Esto ayudara a dotar de una dosificación en masa y volumen. Este su utiliza para mezclas en estado solido (endurecido) como en su forma fluida.(Laura, 2006, p. 4)

El diseño de mezcla requiera un gran cantidad de datos de los materiales a utilizar para la realización del concreto, como:

- Análisis granulometrico
- Peso unitario en estado compactado ambos tipos agregados
- Peso específico de ambos tipos agregados
- Tipo de cemento y la marca del producto
- El contenido de humedad y porcentaje que ambos agregados absorben
- Peso especifico del cemento
- Relación a/c

Componentes del Concreto

Cemento Portland

El cemento portland es el resultado del proceso que se realiza al clinker, este consta de pulverizarlo para posteriormente realizar una mezcla con el sulfato de calcio. Se puede adicionar en rangos menores a 1% en peso del total, esto con la finalidad de no alterar el producto base, además los productos adicionados tienen que ser pulverizados. (RNE E.060, 2019).

Existen varios tipos de cemento según corresponda su utilización y capo de aplicación. Tipo I, es el más comun y por ende el más utilizado, no requiere de solicitudes especiales para su utilización. Tipo II, Sigue estando en el margen de los tipos de cemento comunes, no obstante este pose una ligera resistencia a los sulfatos. Tipo III, Recomendado cuando se requiere altas resistencias iniciales. Tipo IV, Este tipo es utilizando cuando el que lo utilizara requiera bajo calor de hidratación. Tipo V, Se utiliza cuando se busca obtener alta resistencia a los sulfatos. (NTP. 334.009, 2005, p. 6)

Agregados

La función principal para el agregado en la realización del concreto es de brindar un relleno que no afecte negativamente los componentes de la mezcla y no interfiera en las propiedades mecánicas, muy por el contrario que sirva como refuerzo al dar resistencia para las cargas que se ejercen, también ayuda para no se den cambios volumétricos y se tenga un elemento homogéneo. (Rivera, 2013, p. 41)

Los agregados están particionados en 2 grupos, gruesos y finos (áridos). Entre los agregados finos está la arena natural. Por otra parte, los agregados gruesos son aquellos que se encuentran retenidos en la malla 1.18 (tamiz no. 16). El agregado grueso promedio está en un tamaño de $\frac{3}{4}$ de pulgada a 1 pulgada (Kosmatka, y otros, 2004, p. 1).

Los agregados representan una parte muy importante en la mezcla plástica y a la hora que esta comienza el fraguado (endurecido). Está relacionado con el diseño de mezcla que se requiere, por motivo de que la hora de escoger la cantidad o tamaño de los agregados estos estarán directamente relacionados con la resistencia a la compresión del concreto ($f'c$). La trabajabilidad (slum) tiene una influencia cuando se utiliza los diferentes diámetros de agregado que se tiene, sea fino o grueso.

Los agregados óptimos para la construcción se dividen en 2 grupos, los cuales están conformados por agregados finos y agregados gruesos, su composición de estos puede ser de manera natural o a partir de productos industriales.

Tabla N° 03. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas

TAMAÑO EN mm.	DENOMINACIÓN MÁS COMÚN	CLASIFICACIÓN	USO COMO AGREGADO DE MEZCLAS
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,074 – 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero concreto
4,76 – 19,1 #4 – $\frac{3}{4}$ "	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para concreto
19,1 – 50,8 $\frac{3}{4}$ " – 2"	Grava		Material apto para concreto
50,8 – 152,4 2" – 6"	Piedra		
> 152,4 6"	Rajón, Piedra bola		Concreto ciclópeo

Fuente: (Rivera, 2013, p. 53)

Agregado fino

Los agregados finos están conformados por materiales naturales extraídos de una cantera, las dimensiones de estas están en el rango de 5 mm y 60 micrómetros. Se pueden obtener diferentes tipos de granos dependiendo de las canteras. (Chan y Romel, 2003, p. 40).

Todos los agregados finos no necesariamente tienen una sola contextura, color u procedencia, estos factores pueden variar con respecto a las características de la cantera. Para poder garantizar que sea un material que se puede utilizar en procesos de construcción tiene que cumplir bases como el tamaño de la partícula y su nivel de pureza. Alta cantidad de residuos orgánicos o exceso de contenido de sulfatos puede desfavorecer a la calidad del agregado. (Sudario, 2018, p. 26).



Figura 02. Agregado fino

Fuente: Argos 360.

Agregado grueso

Este tipo de agregado está conformado por elementos que tienen un rango aproximado de 5 mm y pueden llegar hasta los 125 mm. (Chan y Romel, 2003, p. 40).

Los agregados gruesos es el compuesto en la mezcla quien ocupa más volumen en el concreto, estos pueden rondar entre los rangos de 50% y 30% del volumen total. Esta puede estar conformado por grava o rocas trituradas. (Palacio y otros, 2017, p. 100).

Muchas investigaciones demuestran que la calidad del agregado grueso puede influir en las propiedades mecánicas del concreto a realizar.



Figura 03. Agregado Grueso
Fuente: Supermix

Curva Granulométrica

Obtenido el análisis granulométrico se puede interpretar los resultados obtenidos mediante una curva de granulometría, este nos permite conocer la relación entre el porcentaje que pasa y los números de los diferentes tamices. (Rivera, 2013, p. 58).

Con estos datos podremos aceptar o descartar el tipo de agregado que se pretenda utilizar para la mezcla de concreto, puesto que realizando una comparación de resultados se tendrá un rango en el cual tendrá que estar dentro la curva del material escogido, teniendo así la capacidad de conocer si un agregado es apto antes de realizar cualquier tipo de ensayo mecánico.

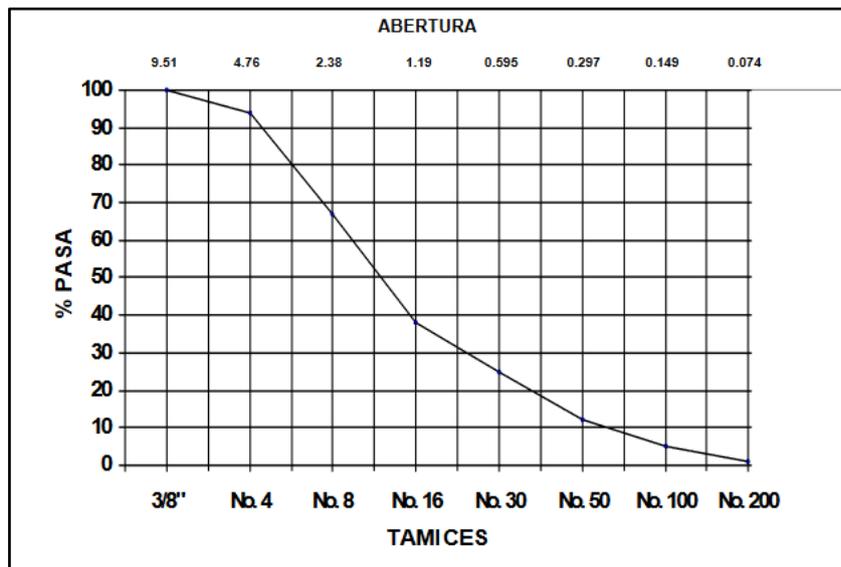


Figura 04. Curva granulométrica
Fuente: (Rivera, 2013, p. 53)

Agua

Para la elaboración de concreto es imprescindible obtener agua potable, este es importante debido a que componentes químicos (sulfatos, aceites) u orgánicos (raíces, bacterias, desechos orgánicos) podrían afectar el correcto funcionamiento de cada elemento que componen la mezcla, pudiendo así bajar las propiedades mecánicas del concreto a realizar.

El agua tiene que estar libre de contaminantes u sustancias nocivas. Se tiene que tener mucha atención al contenido de aceites dentro del agua a utilizar para la realización de concreto, pues este puede generar daños al concreto y acero. (RNE E.060, 2019).

A la hora de realizar el diseño de mezcla se recomienda considerar a los sulfatos y demás componentes nocivos que puedan tener los agregados (Grueso y fino) los componentes dañinos para la mezcla que aportara el agua. (NTP 039.088).

Propiedades mecánicas del concreto

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión (f'_c) tiene como concepto la cuantificación máxima de la resistencia a carga axial de probetas cilíndricas, las unidades están determinadas generalmente en kilogramo por centímetro cuadrado (Kg/cm^2), mega pascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (Lb/pulg^2 - Psi) en un tiempo de 28 días. (Kosmatka, y otros, 2004, p. 8).

La resistencia a la compresión del concreto puede variar dependiendo de factores como los tipos de agregados, el tipo y tiempo de curado, la relación agua-cemento, entre otros factores. En el Perú se realizan probetas de una geometría cilíndrica que tienen como dimensiones (15 cm x 30 cm). (Curbelo, 2015, p. 37).

Numerosos estudios demuestran cual es la edad correcta para alcanzar la resistencia máxima del concreto, atreves de numerosos ensayos empíricos se pudo lograr conocer que en la mayoría de las probetas puestas a pruebas de ensayos de carga de compresión axial a los 14 días de curado logran un 90% de la resistencia, no obstante, para lograr un 99% se esperó a 28 días de curado. (Fernández, 2010, p. 28)

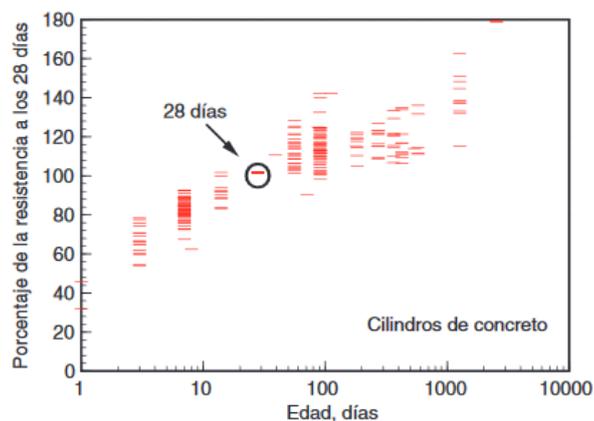


Figura 05. Progreso de la resistencia a compresión de numerosas probetas de concreto expresado en porcentaje de la resistencia a los 28 días.

Fuente: (Lange, 1994)

La resistencia es mayor con la reducción de la relación agua-cemento, adicionalmente tiene una influencia en la resistencia a la flexión y tracción. La resistencia a la compresión que el hormigón alcanza se da en función a la hidratación, el curado, el ambiente y la edad del hormigón. (Kosmatka, y otros, 2004, p. 8).

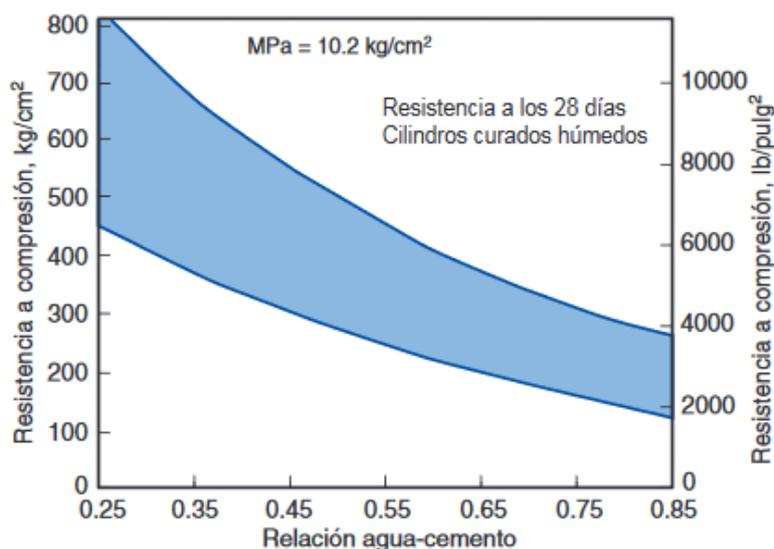


Figura 06. Variación del f'_c respecto a la relación agua-cemento

Fuente:(Kosmatka, y otros, 2004, p. 8).

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 Práctica estándar para elaborar y curar probetas de ensayo de concreto en campo. (ASTM, Vol 04.02).

El curado es parte fundamental a la hora de realizar concreto, este permitirá que el concreto logre la hidratación necesaria para poder continuar realizando un adecuado endurecimiento y formación de sus cristales internos que va generando el cemento. De otra forma se produciría que la hidratación no se concretara y se perderá gran cantidad de las propiedades mecánicas.

Los ensayos de resistencia a la compresión para probetas de concreto se realizan según la NTP 339.034 la cual está basada en la norma ASTM C39/C39M-05 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes de hormigón cilíndricos. (NTP 339.034, 2015, p.1).

El método consiste en la aplicación de una carga compresión axial sobre los cilindros de concreto realizados, el resultado será la división entre la carga máxima ejercida y el área de la probeta. Para la realización de los ensayos el laboratorio tiene que contar con las condiciones óptimas para que los resultados obtenidos sean confiables, para esto las maquinas tienen que estar calibradas y con el mantenimiento recomendando por el NTP 339.034.

Tabla N° 04. Diámetro para cilindros de concreto

Diámetro probeta de ensayo mm	Máximo diámetro mm
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Fuente: NTP 339.034

Las probetas no podrán entrar a realizar el ensayo si el diámetro de este difiere de cualquier otra medición realizada al mismo cilindro, la variación de medidas entre las medidas no tiene que superar al 2%. (NTP 339.034, 2015, p. 10)

Tipos de falla o fractura

Después de haber ejercido la carga máxima de compresión axial que soportará la probeta de concreto, se procederá a evaluar visualmente las fisuras que este tendrá, estas están más

conocidas como fallas. A partir de la observación se puede rescatar una serie de patrones de fractura de los cuales podremos saber información como la homogeneidad de la mezcla. Estos datos dependerán de las cargas empleadas, geometría de la probeta y gran parte de su resistencia. (NTP 339.034, 2015, p. 15).

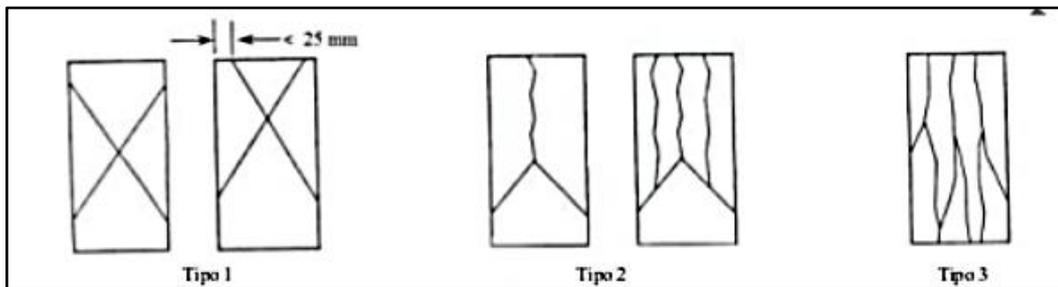


Figura 07. Esquema de los patrones de los tipos de fractura
Fuente: NTP 339.034

Interpretación de las fracturas:

Tipo 1: Conos bien formados en ambas caras del cilindro de concreto.

Tipo 2: Conos bien formado solo sobre una cara del cilindro de concreto.

Tipo 3: Conos no bien formados, presentan grietas de manera vertical.

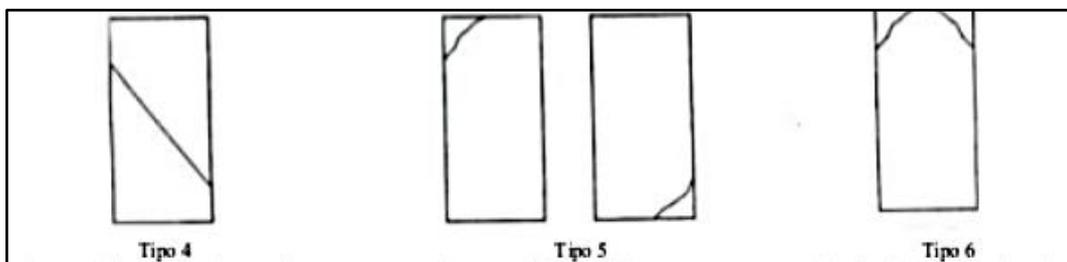


Figura 08. Esquema de los patrones de los tipos de fractura
Fuente: NTP 339.034

Tipo 4: Sin grietas en las caras del cilindro, ejercer una fuerza con alguna herramienta para determinar la diferencia con el Tipo 1.

Tipo 5: Fracturas en cualquiera de las caras de los cilindros de concreto, ubicado en la capa de embarrado.

Tipo 6: Semejante al Tipo 5

Trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto es un factor controlado durante los vaciados, pues la mezcla fresca tiene que cumplir estándares para que su colado y compactado permita ser apropiado. En un proyecto se utiliza determinados tipos de concreto, estos dependerán de su resistencia solicitada o de su utilización para los elementos estructurales que tengan que ser vaciados, para esto se modifica variables como la relación agua/cemento y los tipos de agregados. Mientras el contenido de agua sea mayor la trabajabilidad será mucho mejor, pero tiende a reducir las propiedades mecánicas del concreto. Por ende, la realización de un buen diseño de mezcla es fundamental para cumplir todos los estándares básicos como una buena resistencia solicitada, trabajabilidad y buen comportamiento en campo. (Huanca, 2006, p. 3).

Aditivo

Comúnmente se ha considerado al concreto como un elemento compuesto por una cantidad de 3 elementos básicos, cemento, áridos y agua.

Hoy en día es más común la adición de un cuarto componente en la mezcla, siendo este un alterador de las propiedades elementales del concreto, teniendo como resultado distintas nuevas características favorables según sea la necesidad el caso, comúnmente se conoce como aditivo. (Nista, Retana y Ruiz, 2012, p. 11).

La utilización del cemento portland tiene un comportamiento generalmente único y lineal, ya que, a pesar de poseer sus distintas propiedades, difícilmente satisface amplios procesos en la parte constructiva. Como forma consecuente y buscándole solución a las innumerables necesidades, se opta por la utilización de aditivos. (Pasquel, 1998, p. 113).

Para poder aumentar las propiedades mecánicas del concreto se realiza una serie de procesos que intervienen en este. Muy aparte de reducir la relación agua/cemento para alcanzar resistencias deseadas se emplea una serie de aditivos con superplastificantes y retardantes, estos a su vez pueden estar acompañados de componentes minerales como escoria de alto horno, microsíllica entre otros. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2000, p. 1).



Figura 09. Pasos para agregar aditivos a la mezcla
Fuente: Sika

La forma de adicionar los componentes del concreto es de manera convencional, generalmente los aditivos del concreto se le agrega a la ultima porción de agua que se agregara a la mezcla que se va realizando mediante una mezcladora. (Sika, 2019, “Proceso de preparación de concreto con aditivo”, párr. 2).

Nanomateriales

Se denomina de esta manera a las partículas que tienen una dimensión inferior o igual a una millonésima de milímetro. Su composición se da gracias a distintos procesos utilizando compuestos químicos o elementos. El carbono está llamando la atención de la comunidad científica con respecto al uso de los nanomateriales por ser el más conocido y por tener varias formas alotrópicas. La alotropía es la propiedad de un material de tener formas estructurales moleculares y/o cristalinas. (Rodriguez y Vasilievna, 2008, p. 18).

Uno de los problemas en los nanomateriales es la forma de producción, muchos de los procesos tienen que estar relacionados netamente a procedimientos de laboratorio y tecnologías avanzadas, esto tiende a ser un problema para querer producirlo a manera industrial. Por eso se busca crear plantas piloto utilizando muchos métodos de industrialización de parámetros. (Martinez, 2018, p. 3).

Los nanomateriales están revolucionando esta era tecnológica, se puede observar numerosos campos de la ciencia que están adoptando estos nuevos compuestos para distintos tipos de funciones. La incorporación de nuevas tecnologías ha permitido el estudio más profundo de mayor cantidad de compuestos. De esta manera se puede observar la utilización de nuevas formas de obtención de materiales a niveles manométricos.

La mayor atención se está centrando en la formación de grafeno a través de procesos experimentales como las de agitación de grafito a altas velocidades, pudiendo así desprender partículas muy pequeñas que están conformadas por capas.

La composición y forma de los nanomateriales puede ser dependiendo de los procesos empleados. Los alótropos de carbono están dispuestos de la siguiente manera:

- Tridimensionales: Diamantes, Grafito.
- Bidimensionales: Grafeno.
- Monodimensionales: Nanotubos.
- Cero dimensionales: Fullerenos

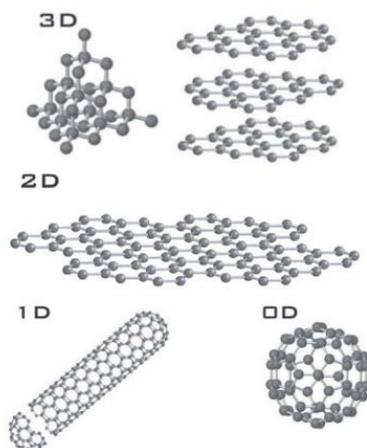


Figura 10. Formas alotrópicas del carbono. Diamante y grafito (3D); grafeno (2D); nanotubos (1D); Fullerenos (0D).

Fuente: (Rodríguez y Vasilievna, 2008, p. 18).

Grafeno

Para poder caracterizar un material se requiere considerar ciertas propiedades fisicoquímicas. A partir de esas tenemos la dimensionalidad, la cualidad microscópica, la conductividad eléctrica, la continuidad macroscópica y la estabilidad termodinámica, mencionando los más relevantes. Para ello el grafeno tiene que entrar en una fase de estudios

agudos para poder saber el nivel en la que estas propiedades están presentes. (Rodríguez y Vasilievna, 2008, p. 20).

El grafeno es una forma alotrópica descubierta oficialmente en el 2004 (la última forma encontrada). Andre Geim y Konstantin Novoselov profesor y alumno doctorado de la Universidad de Manchester fueron los primeros en obtener las primeras muestras de grafeno a partir de grafito y mediante un proceso de exfoliación mecánica.

El grafeno se la ha definido como el alótropo 2D del carbono, ya que es una capa grafémica del grafito, que posee todos los átomos en un mismo plano. El grafeno puro consiste en capas grafémicas separadas lo suficiente una de otras para que estas no tengan interacción entre ellas. Estas capas aisladas poseen propiedades extraordinarias. (Moliner, 2016, p.4).

El grafeno es considerado parte de la familia de los alótropos de carbono, los átomos de este material tienen un patrón hexagonal similar al del grafito. Es considerado el único material que se constituye por una sola capa de átomo y es el objeto más bidimensional en la actualidad.

Estas son unas de las propiedades que posee:

- Resistencia: 1TPA
- Impermeabilidad
- Alta conductividad térmica: 4000 W m⁻¹ K⁻¹
- Flexible

Tabla N° 05. El mercado global para los productos a base de grafeno hasta el 2023 (millones USD)

APLICACIÓN	2012	2013	2018	2023	CAGR% 2013-2018	CAGR% 2018-2023
Capacitadores	0,0	Ins.*	35,0	435,0	-	65,5
Pantallas	0,0	0,0	50,0	200,0	-	32,0
Materiales estructurales	Ins.	Ins.	50,5	190,2	-	30,4
Sensores	0,0	4,0	4,0	118,5	-	96,9
Informática de alto rendimiento	Ins.	<1,0	26,0	117,0	-	35,1
Fotovoltaica	0,0	0,0	10,0	48,0	-	36,9
Baterías y pilas de combustible	0,0	0,0	Ins.	62,3	-	
Otras	0,0	0,0	19,2	172,2	-	55,1
Total	Ins.	<1,0	194,7	1,343,2	-	47,1

Fuente: BCC Research

El grafeno es un material bidimensional, la estructura de este compuesto es nanométrica, compuesta principalmente por átomos de carbono con una sólida cohesión en una parcela homogénea (Rodríguez Y Vasilebna, 2008, p. 18).

El grafeno tiene unas excelentes propiedades químicas y físicas, de estos los científicos en la búsqueda de aprovecharlas buscaron la forma de incluirlos en la creación de nuevas tecnologías. Su alta resistencia, flexibilidad y por sus propiedades eléctricas y térmicas únicas lo hacen un componente ideal para innovar en el mundo de los aparatos electrónicos. No obstante, sus propiedades únicas han servido para venir desarrollando experimentos con componentes que son usados en el campo de la construcción.

La obtención del grafeno es uno de los problemas que más se establece a la hora de formular ideas para la creación de productos, pues es bastante difícil desarrollar a niveles industriales el producto. Pero muchos avances en el campo permitieron dar formas de sintetizar el material de una manera más económica y sencilla, formando parte de resultados de plantas piloto que generan 100 kg/año de nanomaterial sin alejarse de los estándares de calidad y cumpliendo protocolos. (Martinez, 2018, p. 319).

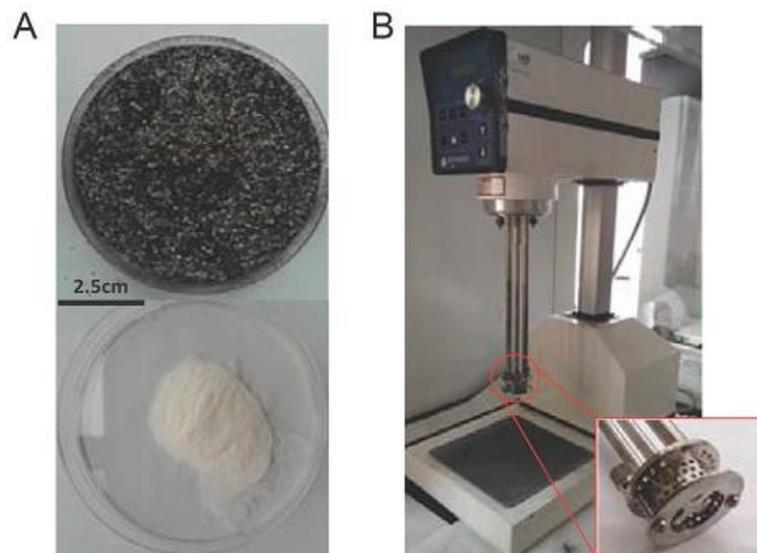


Figura 11. Fotografía de copos de grafito y de tensioactivo colato de sodio utilizado para la producción de grafeno funcionalizado.

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 3).

Ampliando más el tema respecto a la utilización de los nanomateriales en la construcción Para mejorar la matriz interna del concreto se aprovecha las excelentes cualidades físicas y químicas de los nanomateriales, Por ello las investigaciones están orientadas en la búsqueda de la mejora de dichas propiedades en el cemento, debido a que este es el principal componente del concreto. (Dimov, y otros, 2018, p. 1).

Dimov determina que uno de los componentes más utilizados para la creación de concreto (cemento) puede ser alterado con nanomateriales como el grafeno para así mejorar considerablemente sus propiedades físicas y químicas que, a su vez, cuando se proceda a realizar la mezcla con los agregados y el agua, se podrá formar una mezcla potenciada teniendo mejoras en su rendimiento.

Propiedades del grafeno

Capas

La espectroscopía de escaneo Raman se realizó en áreas representativas de $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ y se usó para estudiar el número de capas y la naturaleza de los defectos en la película continua. (Dimov, y otros, 2018, p. 3).

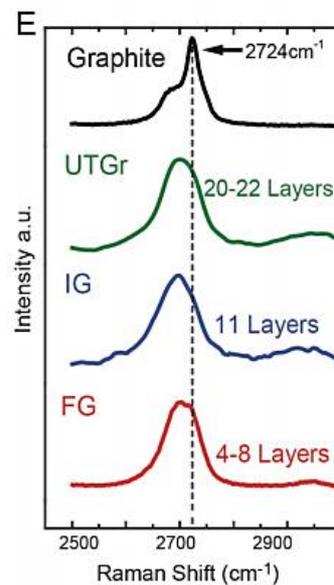


Figura 12. Comparación de la 2D con posición máxima de grafito y diferentes espesores de escamas de grafeno.

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 3).

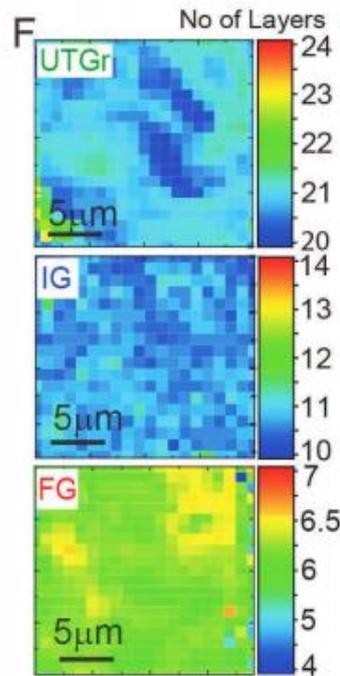


Figura 13. Mapa Raman del número de capas a través de la película continua.

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 3).

Graphite	: Grafito	: 2724 cm^{-1}
UTGr	: Grafito ultra fino	: 20 – 22 Capas
IG	: Grafeno de grado industrial	: 11 capas
FG	: Grafeno funcionalizado con tensioactivo	: 4-8 capas

El grafeno FG consiste en copos con el número de capas que varía de cuatro a siete con él la mayoría de los copos tienen seis capas de grafeno de espesor. Por otra parte, el grafeno IG consiste en copos con el número de capas que varían entre 10 y 14 con la mayoría de los copos que contiene 10–11 capas de grafeno. UTGr consta de copos con la mayoría de 20–21 capas. (Dimov, 2018, p. 3).

El número de capas en el grafeno puede ser representado como su pureza, debido a que las láminas estarán más separadas unas de sí formando nano partículas. Esto puede que ayude a la adherencia a materiales en los cuales se requiera que las plaquetas de grafeno interactúan directamente con las de otro componente.

Contenido de humedad

El contenido de humedad del grafeno está rondado entre $< 2\%$ y el 1.38% , esto se puede realizar con un ensayo de medición del contenido de humedad en laboratorio. (Xfnano Materials Tech, 2018, párr. 1).

Densidad

Para poder medir la densidad del grafeno se utiliza un medidor de densidad vibratoria. La densidad aparente del material está en rangos de 0.06 y 0.09 g/cm^3 y su densidad compactada ronda los 0.10 y 0.15 g/cm^3 . (Xfnano Materials Tech, 2018, párr. 1).

Resistencia

La él grafeno por provenir del grafito, el cual es un alótropo de carbono, quienes esta parte de este grupo el diamante, uno de los materiales más resistentes. Está caracterizado por su alta resistencia que está relacionado con su estructura molecular, que consta en láminas de carbono. Teniendo registros de resistencia de su Módulo de Young = 1 TPa . (Moliner, 2016, p. 4).

Propiedades del concreto con grafeno

Permeabilidad

La permeabilidad es la propiedad intrínseca de cualquier material de poder dejar que pase un fluido sin alterar las partículas de este. Para poder decir que un material posee esta característica necesita tener poros es decir tiene que tener orificios o espacios vacíos por donde pueda transitar el líquido, adicionalmente estos vacíos tienen que estar interconectados dando un camino por el cual pueda seguir transitado el fluido. (Vélez, 2010, p. 173).

Una sorprendente reducción de la permeabilidad al agua en un 400% en comparación a un concreto normal. Hace que este nanomaterial sea perfecto para incluir en la mezcla de concreto donde se utilizara para la construcción de estructuras que están constantemente expuestas a inundaciones (Dimov, y otros, 2018, p. 7).

Los resultados indican que la influencia de GO, que tiene una estructura similar a una hoja de nano materiales sobre las propiedades reológicas del material compuesto, es diferente de otros nanomateriales de sílice likenano que tiene forma esférica. La adición de GO ha

aumentado la cantidad de poros de gel y ha mejorado la microestructura de la pasta de cemento. Las propiedades de transporte de la matriz de cemento GO revelaron que la fracción de GO en la mezcla es un factor muy sensible para influir en las propiedades de transporte. (Mohammed, 2015, p. 347).

Los valores de absorción de agua y penetración de cloruro exhiben mejoras. La efectividad depende en gran medida de la fracción GO. Se cree que la adición a la matriz de cemento puede mejorar efectivamente su resistencia a los elementos agresivos al formar una barrera fuerte que puede reducir el movimiento de productos químicos agresivos. (Mohammed, 2015, p. 347).

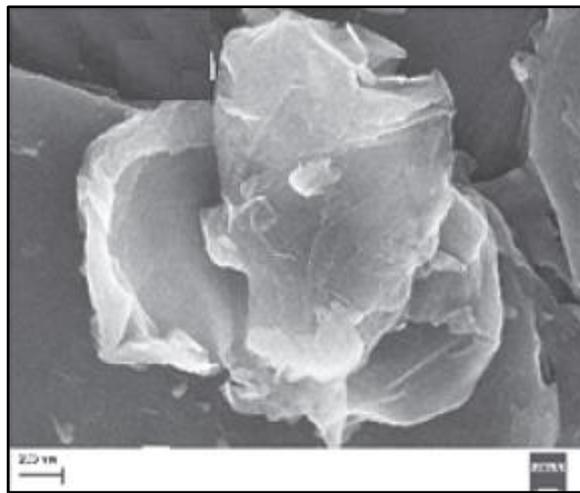


Figura 14. Una hoja de grafeno tridimensional entrelazada.
Fuente: (Bykkam, 2013, p. 142).

Resistencia a la Compresión

Cuando el estrés aumenta más cerca del punto máximo en la curva de tensión-deformación, las grietas internas aceleran su propagación, y la muestra está a punto de fallar. En la figura 11 es evidente que el f'_c de concreto reforzado con grafeno tiene mayores valores que el hormigón estándar mientras que el refuerzo de grafito reduce el f'_c del hormigón estándar. (Dimov, y otros, 2018, p. 5)

Las pruebas realizadas después 28 días de curado revela que el refuerzo con IG da como resultado alrededor de un 26% más de resistencia que el concreto estándar, lo que demuestra la posibilidad de un refuerzo de concreto con grafeno. (Dimov, y otros, 2018, p. 5).

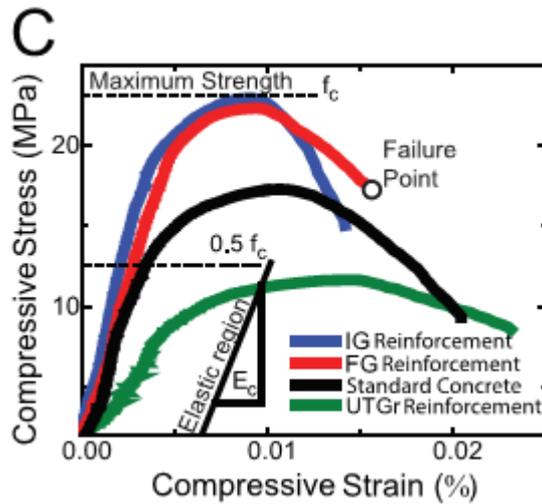


Figura 15. Curva típica de esfuerzo-deformación del cubo de concreto medida bajo carga de compresión, comparando el concreto estándar (Patrón) con refuerzos de grafeno (IG y FG) y grafito (UTGr).

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 4).

Los resultados de refuerzo de grafeno dan una región elástica más empinada en comparación con el concreto estándar, lo que indica un material más rígido con enlaces más fuertes entre el cemento y agregados.

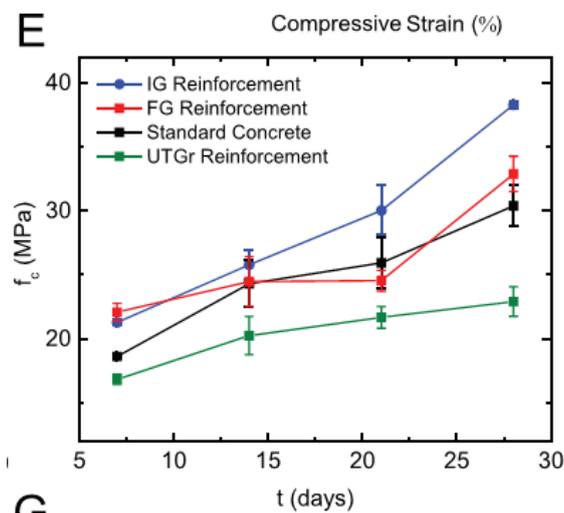


Figura 16. La evolución de la resistencia a la compresión del concreto (f_c), a lo largo del tiempo (t) para el concreto estándar (patrón) y hormigón armado con grafeno (IG y FG) y grafito (UTGr).

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 4).

Formulación al problema

Problema general

¿Influirá el grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión y trabajabilidad del concreto?

Problemas específicos

- ¿Cómo influirá el grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión del concreto?
- ¿Cómo afectara el grafeno en la trabajabilidad del concreto?

Justificación del estudio

En el enfoque metodológico:

La investigación se realizará con el fin de cuantificar la influencia que tiene el grafeno sobre el concreto, puesto a que ya hay investigaciones con el uso de este nano material en diferentes campos tales como en las mezclas para la creación de concreto o mortero, se busca medir la influencia y como interviene este material al adicionarle a la mezcla. Cuando el grafeno pueda ser industrializado en mayores proporciones y su obtención sea más accesible, se usará esta investigación como punto de partida y base para ampliar los conocimientos que ya se tienen sobre este material y como se podría utilizar en el campo de la construcción, específicamente en el sector del concreto.

En enfoque teórico:

Esta investigación se realizará con el fin de aportar y extender el conocimiento que se tiene sobre el grafeno, dando a conocer su uso que se puede dar a este. El grafeno puede ser usado en el concreto como aditivo, dando como resultado aumento de las propiedades mecánicas de estos tales como la resistencia a la compresión y permeabilidad, también se ve que adicionando grafeno a la mezcla se puede reducir el uso de cemento en esta, sin perder las propiedades mecánicas que este nos brinda.

En enfoque a la práctica:

Esta investigación tiene como finalidad el de demostrar como el grafeno influenciara positivamente en las propiedades mecánicas del concreto, pudiendo así optar por opciones como reducir el uso del cemento en el concreto, sin perder sus propiedades intrínsecas.

Puesto a que la industria del concreto en el Perú genera un parte de la emisión de gases de efecto invernadero tales como el CO₂ y otros más. Estos gases causan daños irreversibles al medio ambiente es por ello que esta investigación busca el de demostrar y cuantificar que con el uso de este material se lograra mejorar la resistencia la compresión del concreto sin reducir la relación agua/cemento y poder así analizar opciones como la disminución del uso del cemento al realizar la mezcla de concreto y obtener los mismos resultados.

Hipótesis

Hipótesis general

El grafeno influirá en el concreto de manera favorable aumentando su resistencia a la compresión y su trabajabilidad

Hipótesis específica

- Aplicando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará aumentar la resistencia a compresión del concreto.
- Adicionando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará aumentar la trabajabilidad del concreto.

Objetivo

Objetivo general

Demostrar la Influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión y trabajabilidad del concreto.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión del concreto.
- Determinar la influencia del grafeno en la trabajabilidad del concreto.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de la investigación

Tipo de investigación

Indica que la investigación aplicada engloba investigaciones científicas nuevas o que tiene por objetivo descubrir, la metodología por realizarse será de tipo aplicada, porque se realizará un diseño de mezcla empleando el conocimiento científico, en este diseño se añadirá grafeno como un aditivo al concreto en porcentajes de 0.1% y 0.05% con relación al peso del concreto. (Cegarra, 2004, p. 42)

Enfoque de investigación.

En la presente tesis tiene un enfoque cuantitativo. Se conoce como investigación cuantitativa debido a que cuando se piensa validar la hipótesis nos basaremos en pruebas y ensayos, las cuales podremos analizar una vez recabados los datos pertinentes y procesarlos.

Una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. (Borja, 2012, p.13).

Diseño metodológico de la investigación

El diseño de la presente investigación corresponde a ser experimental del tipo preexperimental puesto a que solo se tiene un mínimo control de la variable independiente, con un corte transversal.

El nivel pre experimental tiene un grado de control mínima en la cual dirige un estímulo a los objetos de estudio para posteriormente determinar el nivel en la cual se representa la variable dependiente. (Borja, 2011, p. 27).

Nivel de investigación

Los estudios de nivel exploratorios se llevan a cabo cuando el objetivo a investigar es tema o problema poco conocido, o que no se abordado poco. Es decir, que cuando se realice la revisión bibliográfica y teórica relacionada al tema se revela que existen poca información con respecto al tema o ideas vagamente relacionas con el problema, es por ello que el estudio exploratorio nos sirve para obtener datos e información verídica en la cual las futuras investigaciones se puedan basar. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 79).

$$P1 + \boxed{X2} \rightarrow \boxed{Y2}$$

- P1 = Muestra Control sin adición de grafeno.
- X1 = Grafeno.
- Y1 = Resistencia a compresión del concreto.

$$P2 + \boxed{X2} \rightarrow \boxed{Y2}$$

- P2 = Muestra Experimental con adición de grafeno al 0.5% con respecto al peso del concreto.
- X1 = Grafeno.
- Y1 = Resistencia a compresión del concreto.

$$P3 + \boxed{X3} \rightarrow \boxed{Y3}$$

- P3 = Muestra Experimental con adición de grafeno al 1% con respecto al peso del concreto.
- X1 = Grafeno.
- Y1 = resistencia a compresión del concreto.

2.2. Variables y operacionalización

Una variable es una característica, atributo, propiedad o cualidad que puede estar o no presente en el objeto de estudio. (Borjas, 2012, p. 23).

V1: Grafeno (INDEPENDIENTE)

V2: Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (DEPENDIENTE)

Operacionalización de variables

Tabla N° 06. Matriz de operacionalización de Variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
V.I: Grafeno	El grafeno es un material de dos dimensiones, la estructura de este compuesto es nanométrica, compuesta principalmente por átomos de carbono con una sólida cohesión en una parcela homogénea. (Rodríguez y Vasilievna, 2008, p. 18).	Propiedades	Contenido de humedad	%
			Densidad	g/cm ³
			Capas	und
		Dosificación	0.05%	Porcentaje en Volumen (%)
0.10%				
V.D: Concreto	El concreto (hormigón) es principalmente un conglomerado de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, formado de cemento portland y agua, mezcla los agregados, generalmente arena y grava, formando un compuesto más parecido a una roca cuando este está en su estado sólido. Esto es consecuencia por el fraguado de la mezcla en consecuencia de la reacción agua-cemento. (Kosmatka, 2004, p. 1).	Mezcla fresca	Trabajabilidad	Slump (")
		Mezcla endurecida	Resistencia a la compresión	kg/cm ²

Fuentes: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

Desde la percepción de un estadístico, se define población o universo al grupo de individuos o elementos que serán seleccionados por motivo de investigación. (Borja 2012, p. 30)

Muestra

El tamaño requerido de la muestra sería solamente de uno; pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra mayor de uno, pero menor que la población total o universo. (Borja, 2012, p. 30).

Z = 1,96 (para un nivel de confianza del 95%)

p = 0.5

q = 0.5

E = 0.10

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

Aplicando esta fórmula obtenemos que la muestra nos sale 96.04 ósea 97 de muestra. Por criterio del investigador se optará otra muestra tomando en cuenta la bibliografía, nos basaremos a articulo científicos puesto a que estos tienen información más verídica puesto a que fue revisa con anterioridad.

To further confirm that graphene reinforces concrete, we performed statistical studies by preparing and testing more than 150 concrete cubes. This included batches of 20 samples for each of the 3 experimental groups. (Dimov et al., 2018. p12).

El autor menciona que se tomaron 150 de población total, pero estas fueron tomadas por lotes de 20 por cada grupo experimental. Entonces con esto tomaremos muestras de 43 testigos para la investigación. 20 para 0.05% de grafeno, 20 para 0.1% de grafeno y 3 que será nuestra muestra de control.

Muestreo no probabilístico

Las muestras no probabilísticas, son conocidas también como muestras dirigidas, estas poseen un procedimiento de selección no formal. Se utiliza para investigaciones cuantitativas y cualitativas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 189).

2.4. Técnicas instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas a utilizar en la investigación para la obtención de la información, esta se debe de presentar en los formatos respectivos de cada tarea, en caso de proyectos de ingeniería se deben mostrar todo formato a utilizar. (Borja, 2012, p. 33).

Para la elaboración de la investigación se realizó ensayos en probetas de concreto con contenido de grafeno y probetas con concreto patrón, con el cual se buscara contrastar resultados de ambos con el sometimiento a cargas de compresión axial y medida del slump, utilizando la técnica de la observación, este nos permite recoger los datos que obtendremos en el laboratorio y se plasma en hojas de cálculo virtual como el Microsoft Excel, el cual nos permitirá la facilidad de interpretación y análisis de los datos obtenidos.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento a usarse se tomara en base al ensayo de laboratorio a realizarse, tomando en cuenta los protocolos y estándares de la NTP (Norma Técnica Peruana) tales como los ensayos de compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034) el cual está basado en el ASTM C39/C39M-05 y el método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto (NTP 339.035) el cual está basado en el ASTM C143/C143-2008, en la cual están los procedimientos a seguir para cada ensayo.

Validez y confiabilidad del instrumento

Los instrumentos utilizados y presentados en esta tesis están validados por los lineamientos y estándares de la Norma Técnica Peruana (NTP) de las cuales las normas para los ensayos utilizados para concreto están basadas en el ASTM.

2.5. Método de análisis de datos

El análisis de los datos se realiza orientado en los resultados, se tiene la confiabilidad de estos por la validación y protocolos adoptados por los métodos de ensayo realizado al concreto con contenido de grafeno y teniendo como base un concreto patrón, de manera que

se podrá utilizar y recolectar la información arrojada por los ensayos de compresión y de asentamiento del patrón y del aditivado con grafeno, el procesamiento de dicha información será utilizando herramientas informáticas como el MS Excel de los cuales tendremos evidencia estadística de la tesis cumpliendo con el enfoque cuantitativo.

2.6. Aspectos éticos

- En la presente investigación se usaron datos verídicos, ya que tomamos como referencias tesis, libros y artículos científicos. Este último en mayor parte porque poseen mayor veracidad.
- La información que se recolecto de los diversos libros, artículos y tesis se encuentra debidamente citado respetando sus derechos de autor.
- La presente investigación los datos obtenidos son respaldados por el laboratorio que en que se realizaron estos.
- Otro objetivo de la investigación es el cuidar la salud, ocupación y el medio ambiente, puesto a que con el uso de nanomaterial al estar en estado líquido no genera partículas en suspensión.

III. RESULTADOS

Los ensayos de los materiales y las pruebas de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Estudio de Materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), puesto que se requirió de un ambiente controlado y que siga protocolos rigurosos de calidad en base a normativas como la ISO y los lineamientos de la NTP para los ensayos.

De esta manera se obtuvo los siguientes resultados:

Análisis de agregados

Granulometría y propiedades físicas del agregado fino

Este método se basa en separar el tamaño de las partículas del agregado fino por medio de tamizados, con la finalidad de corroborar si este cumple con los límites (inferior y superior) mencionados en la NTP 400.012.

Los tamices o mallas a utilizar para el agregado fino son los siguientes: 3/8", N^o4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Los límites inferiores y superiores del agregado fino son los siguientes:

Tabla N° 07. Límites de graduación del agregado fino

Tamiz del agregado fino	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N ^o 4	95-100
N ^o 8	80-100
N ^o 16	50-85
N ^o 30	25-60
N ^o 50	5 - 30
N ^o 100	0-10

Fuente: NTP 400.012

Tabla N° 08. Porcentajes retenidos del agregado fino

Tamiz		% ret.	% ret. Acumulado	% que pasa	% pasa huso ASTM
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.5	0.0	0	100	100
N ^o 4	4.75	7.4	7.4	92.6	95-100
N ^o 8	2.36	13.1	20.5	79.5	80-100
N ^o 16	1.18	19.9	40.4	59.6	50-85
N ^o 30	0.6	19.0	59.4	40.6	25-60
N ^o 50	0.3	13.1	72.5	27.5	5-30
N ^o 100	0.15	12.2	84.7	15.3	0-10
Fondo		15.3	100	0	

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

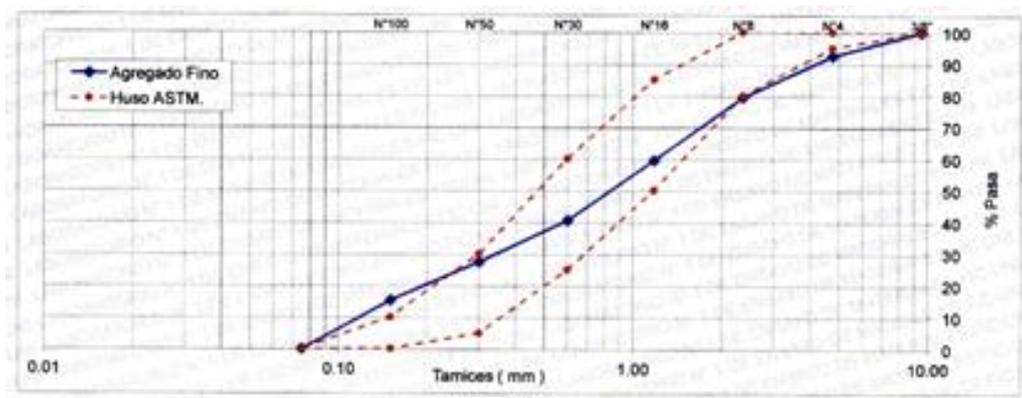


Figura 17. Granulometría del agregado fino.

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Tabla N° 09. Porcentajes retenidos del agregado fino

Propiedades Físicas	
Módulo de Fineza	2.85
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1678
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1895
Peso Específico (g/cm ³)	2.63
Contenido de Humedad (%)	2.67
Porcentaje de Absorción (%)	0.81

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM.

Granulometría y propiedades físicas del agregado grueso

Este método se basa en separar el tamaño de las partículas del agregado fino por medio de tamizados, con la finalidad de corroborar si este cumple con los límites (inferior y superior) mencionados en la NTP 400.012.

Los tamices o mallas a utilizar para el agregado fino son los siguientes: 3/8", N^o4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Los límites inferiores y superiores del agregado fino son los siguientes:

Tabla N° 10. Límites de graduación del agregado grueso

Tamiz del agregado fino (Pulg)	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N ^o 4	95-100
N ^o 8	80-100
N ^o 16	50-85
N ^o 30	25-60
N ^o 50	5 - 30
N ^o 100	0-10

Fuente: NTP 400.012

Tabla N° 11. Porcentajes retenidos del agregado grueso

Tamiz		% ret.	% ret. Acumulado	% que pasa	% pasa huso Astm
(Pulg)	(mm)				
1 ½"	37.50	0.0	0	100	100
1"	25.00	1.9	1.9	98.1	90-100
¾"	19.00	31.4	33.3	66.7	40-85
½"	12.50	51.1	84.4	15.6	10-40
3/8"	9.50	12.8	97.2	2.8	0-15
N ^o 4	4.75	2.5	99.7	0.3	0-5
FONDO		0.3	100	0	

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM.

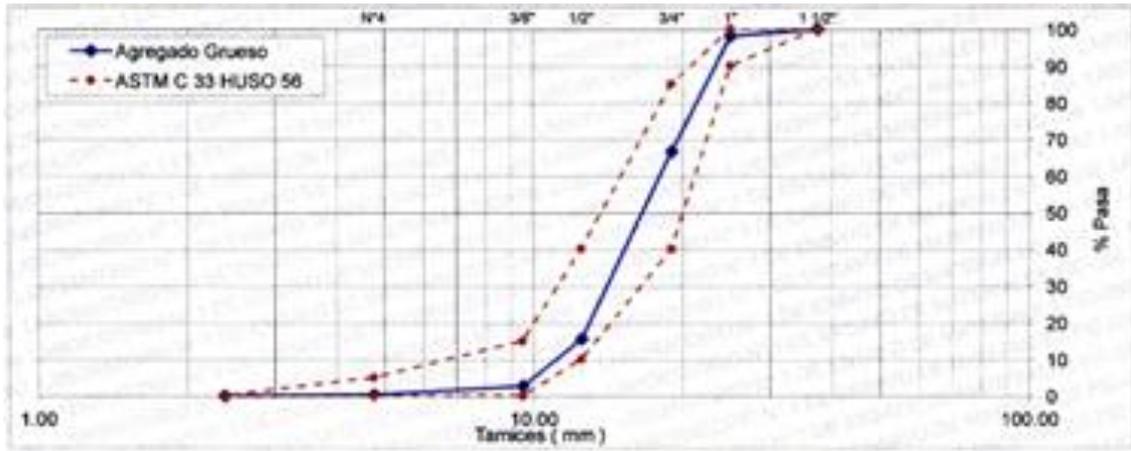


Figura 18. Granulometría del agregado grueso.

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Tabla N° 12. Porcentajes retenidos del agregado grueso

Propiedades Físicas	
Módulo de Fineza	7.29
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1456
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1597
Peso Específico (g/cm ³)	2.75
Contenido de Humedad (%)	0.35
Porcentaje de Absorción (%)	0.62

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM.

Análisis del aditivo

Grafeno

El nanomaterial que se obtuvo para esta investigación fue adquirido de una empresa dedicada a la producción de grafeno en distintas presentaciones establecida en China. Esta nos proporcionó los siguientes datos:

Proveedor: XFNANO Materials Tech Co

Origen: chino

Dirección: Nanjing City, Jiangsu Province, China

Zip: 210033

E-mail: sale@xfnano.com

Web: <http://www.xfnano.com>

Bajo defecto, bajo oxígeno y alta conductividad. Fácil de dispersar en NMP, DMF, alcohol y otros solventes orgánicos, y dispersante agente necesario para otros solventes acuosos.

Tabla N° 13. Tabla de resultados estadísticos de 0% de grafeno

ÍTEM	ÍNDICE DE DATOS	DATOS DE PRUEBA	MÉTODO DE PRUEBA
Apariencia	Polvo gris y negro	Polvo gris y negro	Test visual
Contenido de carbón	>99.5%	>99.8%	Método Burning
Conductividad	800-1100 s/cm	925.0 s/cm	Sheet square resistance
Contenido de humedad	<2%	1.38%	Water content meter
Densidad aparente	0.06-0.09 g/cm ³	0.08 g/cm ²	Vibrating density meter
Densidad compactada	0.10-0.15 g/cm ³	0.12 g/cm ³	Vibrating density meter
Numero de capas	3-7	3-7	HRTEM
Espesor	2-7nm	2-7nm	
Diámetro de la parte	2-7um	2.7um	

Fuente: XFNANO

Diseño de mezcla

Diseño de mezcla patrón

Con los datos de las propiedades físicas de los agregados obtenidos en el laboratorio de estudio de materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Ingeniería, se pasó a realizar y calcular la dosificación para un concreto patrón de una resistencia a la compresión axial de 210 kg/cm². Este con el objetivo de diseñar el concreto que funcione como base para realizar el contraste de resultados. De esta manera se utiliza como punto guía y control.

Tabla N° 14. Dosificación concreto patrón

DISEÑO DE MEZCLA:				
CONCRETO PATRÓN				
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$				
Resultado del diseño de mezcla:				
Asentamiento Obtenido	.	2 - 3 pulgadas		
Relación agua cemento	.	0.60		
Cantidad de materiales por metro cúbico:				
Cemento	350 kg/m ³	: Tipo 1 Sol		
Agua	210 L	: Potable		
Arena	839 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Piedra	913 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Proporción de obra:	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1	2.57	2.61	0.6

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Diseño de mezcla modificado

Para esta tesis se realizó el uso del diseño de mezcla patrón como base, esto quiere decir que los componentes como la cantidad de cemento, agregados (grueso y fino) y agua no se verán modificados por la adición del aditivo, no obstante, a estas se le añadió grafeno en 2 diferentes proporciones, que constan de 0.1% y 0.05% con respecto al peso del cemento.

Tabla N° 15. Propiedades Mecánicas del grafeno

Propiedades de grafeno	
Conductividad	800-1100 s/cm
N° Capas	3-7
Densidad Aparente	0.09-0.16 g/cm ³
Contenido de Humedad	1.38%

Fuente: XFNANO

Tabla N° 16. Dosificación concreto patrón añadiendo **0.1%** de grafeno

DISEÑO DE MEZCLA:				
CONCRETO MODIFICADO 0.1%				
f _c = 210 kg/cm ²				
Resultado del diseño de mezcla:				
Asentamiento Obtenido	.	2 - 3 pulgadas		
Relación agua cemento	.	0.60		
Cantidad de materiales por metro cúbico:				
Cemento	350 kg/m ³	: Tipo 1 Sol		
Agua	210 L	: Potable		
Arena	839 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Piedra	913 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Proporción de obra:	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1	2.57	2.61	0.6

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería – LEM

Tabla N° 17. Dosificación concreto patrón añadiendo **0.05%** de grafeno

DISEÑO DE MEZCLA:				
CONCRETO MODIFICADO 0.05%				
f _c = 210 kg/cm ²				
Resultado del diseño de mezcla:				
Asentamiento Obtenido	.	2 - 3 pulgadas		
Relación agua cemento	.	0.60		
Cantidad de materiales por metro cúbico:				
Cemento	350 kg/m ³	: Tipo 1 Sol		
Agua	210 L	: Potable		
Arena	839 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Piedra	913 kg/m ³	: Cantera San Martín		
Proporción de obra:	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1	2.57	2.61	0.6

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Resultados de ensayos

Ensayos de resistencia a la compresión

Se procedió a realizar el ensayo la rotura por carga de compresión axial de los cilindros de concreto del concreto patrón y de los elaborados con las dosificaciones de grafeno de 0.05%, 0.1%. Todos se realizaron con los protocolos establecidos por el NTP 339.034. Los ensayos realizados estuvieron supervisados y realizados por un técnico calificado del laboratorio.



Figura 19. Rotura de la probeta a compresión
Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM



Figura 20. Probeta luego de rotura - falla
Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Tabla N° 18. Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto patrón a los 28 días de curado

Muestra	Diámetro	Área	Carga de Rotura	Edad curada	f'c	f'c Promedio
	Cm	cm ²	kg	días	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	10.09	79.88	16923	28	212	214
2	10.08	79.72	17082	28	214	
3	10.10	80.12	17359	28	217	

Fuente: Elaboración Propia

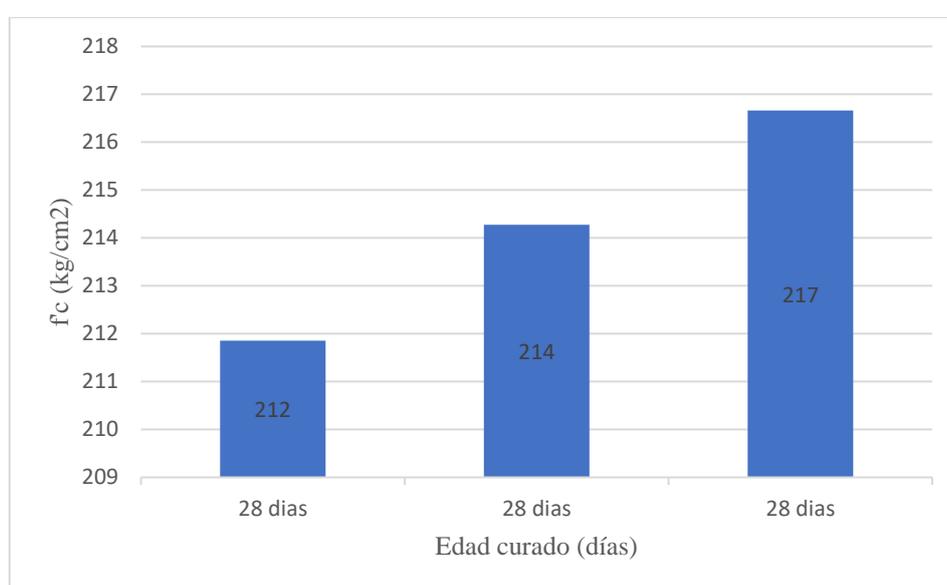


Figura 21. Comparación de resultados del f'c de las muestras patrón a los 28 días de curado

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Como se puede observar en la gráfica, se obtuvo 3 resultados en la rotura de testigos, se pasó a calcular el promedio de estas para así obtener la resistencia promedio el cual se obtuvo de 214 kg/cm².

Tabla N° 19. Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.1% a los 28 días de curado

Muestra	Dosis de Grafeno	Diámetro	Área	Carga de rotura	Edad curada	f'c (kg/cm2)	f'c Promedio
	%					cm	cm2	kg	días	kg/cm2	Kg/cm2
1	0.10%	10.03	78.93	18124	28	230	245
2	0.10%	10.07	79.64	18696	28	235	
3	0.10%	10.00	78.54	18812	28	240	
4	0.10%	10.11	80.28	19934	28	248	
5	0.10%	10.03	78.93	19701	28	250	
6	0.10%	10.15	80.83	18605	28	230	
7	0.10%	10.07	79.64	19101	28	240	
8	0.10%	9.99	78.30	19687	28	251	
9	0.10%	10.01	78.70	18979	28	241	
10	0.10%	10.24	82.27	18855	28	229	
11	0.10%	10.04	79.17	19860	28	251	
12	0.10%	10.02	78.78	19692	28	250	
13	0.10%	10.06	79.41	19151	28	241	
14	0.10%	10.00	78.54	20694	28	263	
15	0.10%	10.11	80.20	18597	28	232	
16	0.10%	10.02	78.78	20841	28	265	
17	0.10%	10.04	79.17	18843	28	238	
18	0.10%	10.22	82.03	19680	28	240	
19	0.10%	10.09	79.88	20597	28	258	
20	0.10%	10.02	78.85	20554	28	261	

Fuente: Elaboración Propia

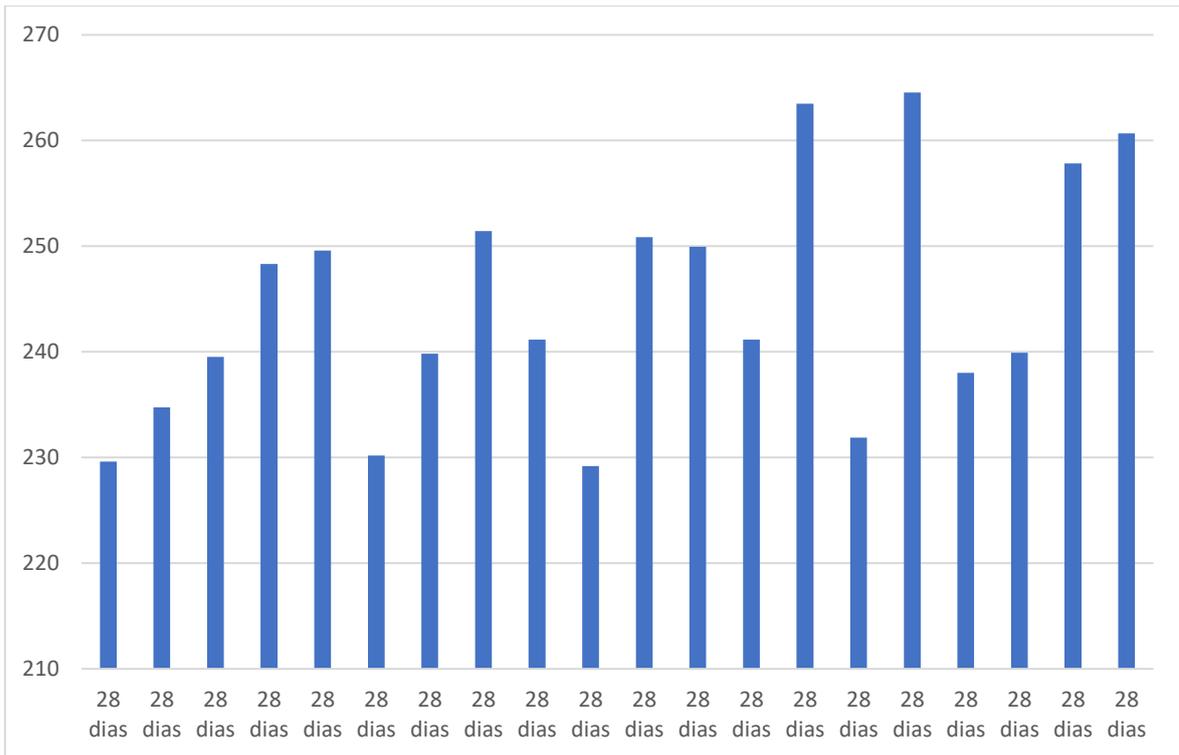


Figura 22. Resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.1% a los 28 días de curado

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LEM

Como se puede apreciar en la figura 22, Con la adición de grafeno en proporción 0.1% con respecto al peso del cemento se obtiene una mejora en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, está ha sido variable en los especímenes. Pero en promedio de todas, estas mejoraron un 14% en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón arrojando un promedio de $f'c$ de 245 kg/cm².

Tabla N° 20. Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto modificado con grafeno al 0.05% a los 28 días de curado

Muestra	Dosis de Grafeno	Diámetro	Área	Carga de rotura	Edad curada	f'c	f'c
	%					cm	cm ²	kg	días	(kg/cm^{2})	Promedio
						kg/cm ²	Kg/cm ²
1	0.05%	10.28	83.00	18019	28	217	242
2	0.05%	10.36	84.30	19113	28	227	
3	0.05%	10.08	79.80	19551	28	245	
4	0.05%	10.31	83.40	20318	28	244	
5	0.05%	10.13	80.60	21408	28	266	
6	0.05%	10.14	80.75	19447	28	241	
7	0.05%	10.09	79.88	21623	28	271	
8	0.05%	10.12	80.36	19956	28	248	
9	0.05%	10.13	80.52	21207	28	263	
10	0.05%	10.17	81.15	19711	28	243	
11	0.05%	10.11	80.20	18659	28	233	
12	0.05%	10.23	82.11	20988	28	256	
13	0.05%	10.09	79.88	19827	28	248	
14	0.05%	10.37	84.38	19720	28	234	
15	0.05%	10.39	84.70	19670	28	232	
16	0.05%	10.32	83.57	20272	28	243	
17	0.05%	10.12	80.44	19790	28	246	
18	0.05%	10.41	85.11	20362	28	239	
19	0.05%	10.18	81.39	18769	28	231	
20	0.05%	10.36	84.30	18578	28	220	

Fuente: Elaboración propia

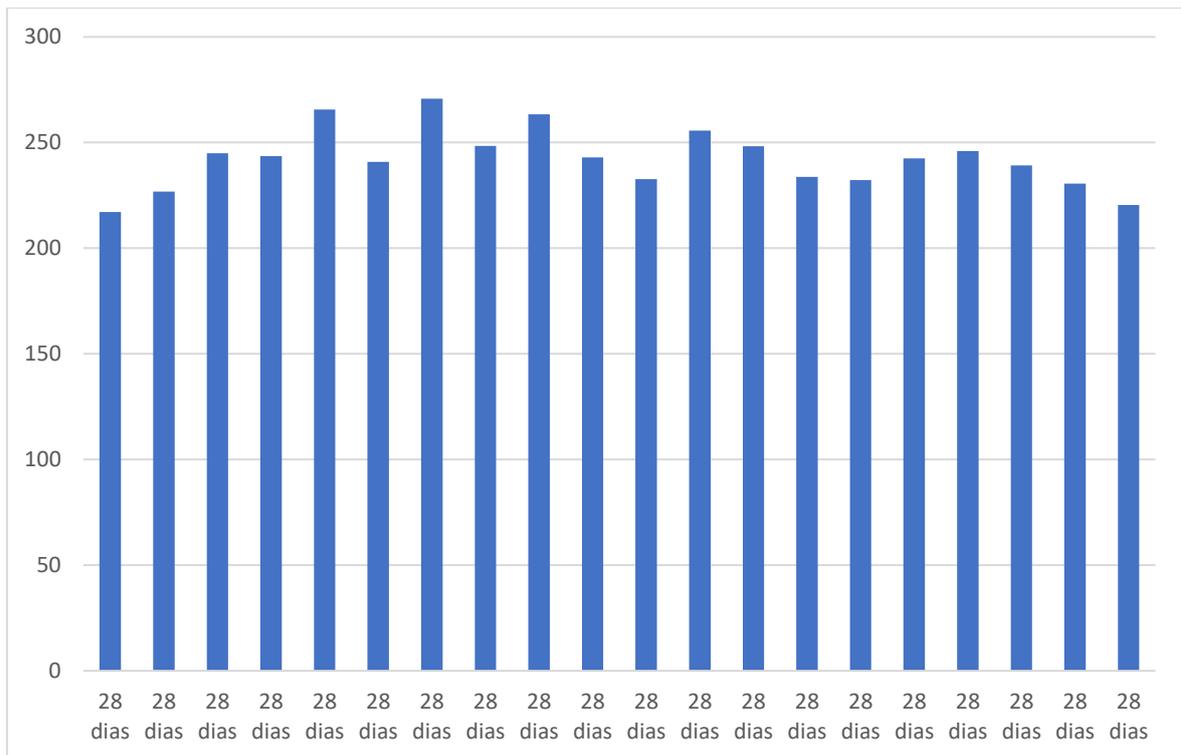


Figura 23. Concreto modificado con la adición de grafeno al 0.05%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede en el gráfico, si se añade grafeno a un 0.1% con respecto al peso del cemento se obtiene una mejora en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, está a sido variable en los especímenes. Pero en promedio de todas estas mejoro un 13% en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón.

Tabla N° 21. Resultados de los ensayos de la resistencia a compresión promedio del concreto a los 28 días de curado.

Muestra	Dosis de Grafeno	Edad de curado	FC Promedio
	%	días	Kg/cm ²
1	0.00%	28	214
2	0.05%	28	242
3	0.10%	28	245

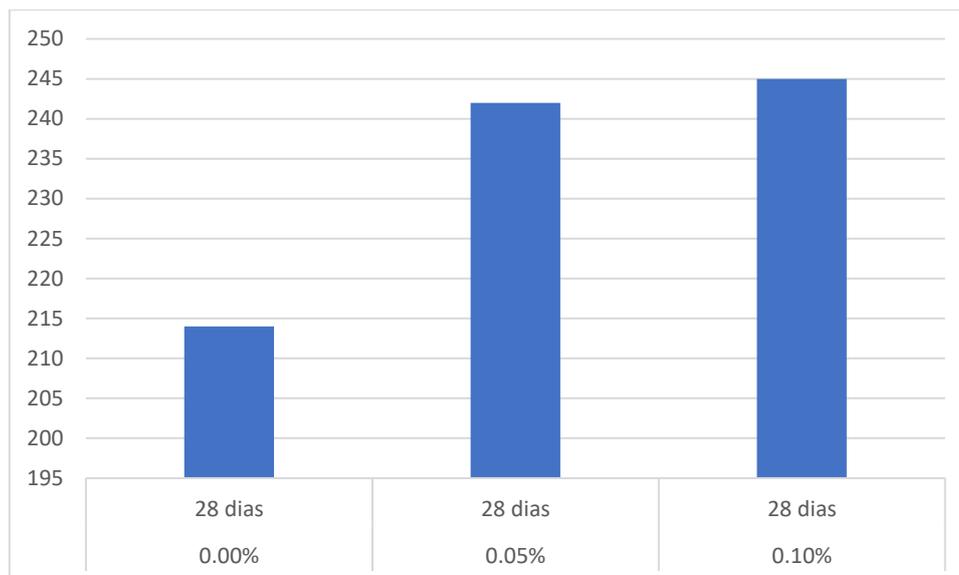


Figura 24. Comparación del promedio de la resistencia a compresión a los 28 días de curado del concreto patrón y del concreto modificado con grafeno.

Fuente: Elaboración propia

En estos resultados de la resistencia promedio a compresión, se puede observar que añade un 0.1% y 0.05% de grafeno con respecto al peso del cemento mejora la resistencia del concreto con respecto al concreto patrón, el aumento fue de 14% y 13%, sin embargo, como podemos de observar que al añadir 0.1% de grafeno no obtenemos un aumento significativo con respecto al añadir 0.05% de grafeno.

Tabla N° 22. Resultados de Prueba de Asentamiento o Slump - NTP 339.035

Tipo de concreto	Cantidad de grafeno	Slump		Valor promedio	
		Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas
Concreto Patrón	0%	63.50	2.5	63.50	2.50
		60.96	2.4		
		66.04	2.6		
Concreto con grafeno 0.05%	0.05%	58.42	2.3	60.11	2.37
		60.96	2.4		
		60.96	2.4		
concreto con grafeno 0.1%	0.1%	55.88	2.2	59.27	2.33
		63.50	2.5		
		58.42	2.3		

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados nos permitieron saber la trabajabilidad expresado en prueba de asentamiento según la base de la norma NTP 339.035, obtuvieron diversos resultados con respecto a las 3 distintas dosificaciones, Pero todos están en el margen de trabajables.

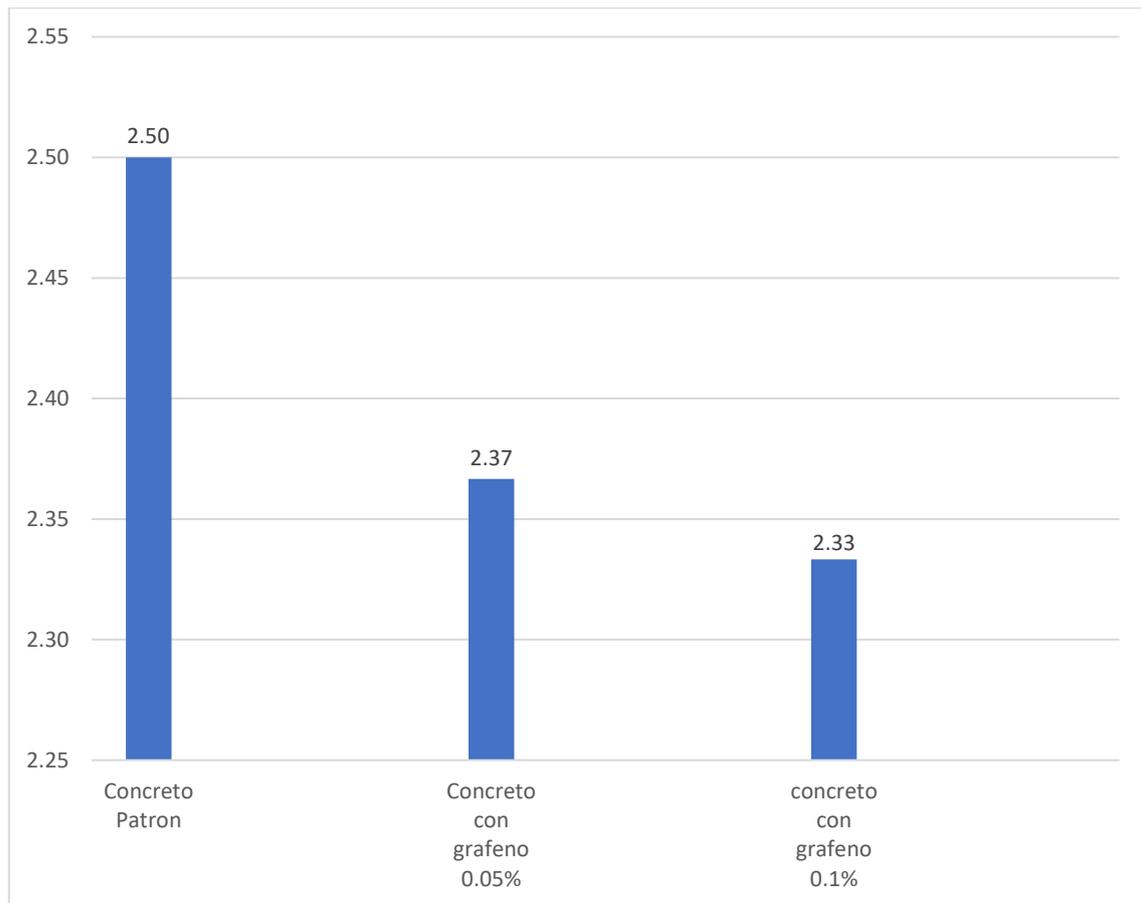


Figura 25. Ensayo de medición del asentamiento (slump) a la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

En estos resultados de la prueba de asentamiento promedio, se puede observar que cuando se añade un 0.1% y 0.05% de grafeno con respecto al peso del cemento disminuye mínimamente el asentamiento del concreto con respecto al concreto patrón, la disminución fue de 5.33% y 6.67%, sin embargo, como podemos de observar que al añadir 0.1% de grafeno no obtenemos un aumento significativo con respecto al añadir 0.05% de grafeno

Análisis de Resultados

Análisis de Resultados de mezcla fresca

Prueba de Normalidad y Datos Descriptivos

Tabla N° 23. Tabla de resultados estadísticos de 0% de grafeno

Descriptivos		Estadístico	Error estándar	
Mezcla fresca con 0% de grafeno	Media	2.5000	0.05774	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.2516	
		Límite superior	2.7484	
	Media recortada al 5%			
	Mediana	2.5000		
	Varianza	0.010		
	Desviación estándar	0.10000		
	Mínimo	2.40		
	Máximo	2.60		
	Rango	0.20		
	Rango Inter cuartil			
	Asimetría	.000	1.225	
	Curtosis			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24. Tabla de resultados estadísticos de 0.05% de grafeno

Descriptivos		Estadístico	Error estándar	
Mezcla fresca con 0.05% de grafeno	Media	2.3667	0.03333	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.2232	
		Límite superior	2.5101	
	Media recortada al 5%			
	Mediana	2.4000		
	Varianza	0.003		
	Desviación estándar	0.05774		
	Mínimo	2.30		
	Máximo	2.40		
	Rango	0.10		
	Rango Inter cuartil			
	Asimetría	-1.732	1.225	
	Curtosis			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25. Tabla de resultados estadísticos de 0.1% de grafeno

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
Mezcla fresca con 0.1% de grafeno	Media		2.3333	0.08819
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.9539	
		Límite superior	2.7128	
	Media recortada al 5%			
	Mediana		2.3000	
	Varianza		0.023	
	Desviación estándar		0.15275	
	Mínimo		2.20	
	Máximo		2.50	
	Rango		0.30	
	Rango Inter cuartil			
	Asimetría		.935	1.225
	Curtosis			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26. Tabla de resultados de prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
Mezcla fresca		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Slump(pulgadas)	Mezcla con 0% de grafeno	.175	3		1.000	3	1.000
	Mezcla con 0.05% de grafeno	.385	3		.750	3	.000
	Mezcla con 0.1% de grafeno	.253	3		.964	3	.637

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas N° 23, 24 y 25 nos muestran que para concreto con 0% de grafeno (Patrón) se puede observar que la desviación estándar es 0.010 y la variancia tiene valores de 0.010, por otra parte, para el concreto modificado con 0.05% se logra 0.05774 y 0.003. Continuando con el concreto modificado con 0.1% se logra 0.15275 y 0.023 respectivamente. Con esto se logra indicar el nivel de dispersión y de variabilidad de los resultados con respecto a la media

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk nos indica si las variables se distribuyen de manera normal, esto se mide con el nivel de significancia de esta si es mayor a 0.05 esto indica que se distribuye de manera normal la variable. Como se puede observar que los resultados fueron 1.000 para concreto con 0%, 0.00 para concreto con 0.05% y 0.637 para concreto con 0.1%. Estos resultados al ser mayor que 0.05 nos indican que la distribución de la variable es normal y en consecuencia podemos utilizar pruebas paramétricas para analizarla la variable como el ANOVA.

Prueba de Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla N° 27. Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.047	2	0.023	1.909	.228
Dentro de grupos	0.073	6	0.012		
Total	0.120	8			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N° 26. Se obtuvo una significancia de 0.228. Cuando este valor es menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Por ende, en este caso se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa, puesto a que el valor de la significancia es mayor 0.05. Adicionando grafeno a la mezcla como aditivo no se logrará disminuir significativamente la trabajabilidad del concreto.

Tabla N° 28. Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza Anova

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:							
Mezcla fresca			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Mezcla con 0% de grafeno	Mezcla con 0.05% de grafeno	0.133333333	0.09027	.365	-0.1436	0.4103
		Mezcla con 0.1% de grafeno	0.166666667	0.09027	.234	-0.1103	0.4436
	Mezcla con 0.05% de grafeno	Mezcla con 0% de grafeno	-0.133333333	0.09027	.365	-0.4103	0.1436
		Mezcla con 0.1% de grafeno	0.03333	0.09027	.928	-0.2436	0.3103
	Mezcla con 0.1% de grafeno	Mezcla con 0% de grafeno	-0.166666667	0.09027	.234	-0.4436	0.1103
		Mezcla con 0.05% de grafeno	-0.03333	0.09027	.928	-0.3103	0.2436

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 27 se puede observar el HSD Tukey el cual muestra una prueba de comparación múltiple entre las muestras. Como se observa en dicha tabla obtenemos que entre la muestra de 0.05% y 0.1% de grafeno nos da de resultado 0.928 de significancia con esto podemos decir que no existe una diferencia significativa entre estas 2 muestras.

Análisis de Resultados de mezcla endurecida

Prueba de Normalidad y Datos Descriptivos

Tabla N° 29. Tabla de resultados estadísticos de 0% de grafeno

Descriptivos		Estadístico	Error estándar	
Mezcla endurecida con 0% de grafeno	Media	214.3333	1.45297	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	208.0817	
		Límite superior	220.5849	
	Media recortada al 5%			
	Mediana	214.0000		
	Varianza	6.333		
	Desviación estándar	2.51661		
	Mínimo	212.00		
	Máximo	217.00		
	Rango	5.00		
	Rango Inter cuartil			
	Asimetría	.586	1.225	
	Curtosis			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30. Tabla de resultados estadísticos de 0.05% de grafeno

Descriptivos		Estadístico	Error estándar	
Mezcla endurecida con 0.05% de grafeno	Media	242.3500	3.18902	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	235.6753	
		Límite superior	249.0247	
	Media recortada al 5%	242.1667		
	Mediana	243.0000		
	Varianza	203.397		
	Desviación estándar	14.26174		
	Mínimo	217.00		
	Máximo	271.00		
	Rango	54.00		
	Rango Inter cuartil	15.75		
	Asimetría	.271	.512	
	Curtosis	-.110	.992	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31. Tabla de resultados estadísticos de 0.1% de grafeno

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
Mezcla endurecida con 0.1% de grafeno	Media		244.6500	2.51760
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	239.3806	
		Límite superior	249.9194	
	Media recortada al 5%		244.3889	
	Mediana		241.0000	
	Varianza		126.766	
	Desviación estándar		11.25903	
	Mínimo		229.00	
	Máximo		265.00	
	Rango		36.00	
	Rango Inter cuartil		15.25	
	Asimetría		.347	.512
	Curtosis		-.917	.992

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32. Tabla de resultados de prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
Mezcla endurecida		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
fc(kg/cm²)	0% de grafeno	.219	3		.987	3	.780
	0.05% de grafeno	.146	20	.200*	.971	20	.769
	0.1% de grafeno	.177	20	.100	.937	20	.209

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas N° 28, 29 y 30 nos muestran que para concreto con 0% de grafeno (Patrón) se puede observar que la desviación estándar es 2.51661 y la variancia tiene valores de 6.333, por otra parte, para el concreto modificado con 0.05% se logra 14.26174 y 203.397. Continuando con el concreto modificado con 0.1% se logra 11.25903 y 126.766 respectivamente. Con esto se logra indicar el nivel de dispersión y de variabilidad de los resultados con respecto a la media

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk nos indica si las variables se distribuyen de manera normal, esto se mide con el nivel de significancia de esta si es mayor a 0.05 esto indica que se distribuye de manera normal la variable. Como se puede observar que los resultados fueron 0.780 para concreto con 0%, 0.769 para concreto con 0.05%, 0.209 para concreto con 0.1%. Estos resultados al ser mayor que 0.05 nos indican que la distribución de la variable es normal y en consecuencia podemos utilizar pruebas paramétricas para analizarla la variable como el ANOVA.

Prueba de Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla N° 33. Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2426.931	2	1213.466	7.722	.001
Dentro de grupos	6285.767	40	157.144		
Total	8712.698	42			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N° 32 se obtuvo una significancia de 0.001. Cuando esta significancia es menor que 0.05 ($0.000 < 0.05$) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Agregando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará aumentar significativamente la resistencia a compresión del concreto.

Tabla N° 34. Tabla de resultados de prueba de análisis de varianza ANOVA

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:							
(I) Mezcla endurecida			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Mezcla endurecida con 0% de grafeno	Mezcla endurecida con 0.05% de grafeno	-28,01667*	7.76135	.002	-46.9072	-9.1262
		Mezcla endurecida con 0.1% de grafeno	-30,31667*	7.76135	.001	-49.2072	11.4262
	Mezcla endurecida con 0.05% de grafeno	Mezcla endurecida con 0% de grafeno	28,01667*	7.76135	.002	9.1262	46.9072
		Mezcla endurecida con 0.1% de grafeno	-2.30000	3.96414	.831	-11.9484	7.3484
	Mezcla endurecida con 0.1% de grafeno	Mezcla endurecida con 0% de grafeno	30,31667*	7.76135	.001	11.4262	49.2072
		Mezcla endurecida con 0.05% de grafeno	2.30000	3.96414	.831	-7.3484	11.9484

Fuente: Elaboración propia

En tabla N° 33. se puede observar el HSD Tukey el cual consta en una prueba de comparación múltiple entre las muestras. Como se observa en dicha tabla obtenemos que entre la muestra de 0.5% y 0.1% de grafeno nos da de resultado 0.831 de significancia con esto podemos decir que no existe una diferencia significativa entre estas 2 muestras.

IV. DISCUSIÓN

Obtenidos los resultados de los ensayos de slump y de resistencia a la compresión en el concreto patrón y el aditivado con grafeno, podemos realizar la discusión de nuestros resultados con los resultados y conclusiones de los antecedentes recabados, todo ello en base a nuestros objetivos planteados.

DG. “El grafeno influirá en el concreto bajando su trabajabilidad y aumentando su resistencia a la compresión”.

Wang [*et al.*] (2015) en su investigación determino que cuando la adición de GO es de hasta 0.03%, tiene una reducción de la trabajabilidad de un 4.56% respecto a una mezcla estándar. El investigador utilizo para medir la trabajabilidad Mini pruebas de asentamiento (mini-slump) para determinar la trabajabilidad de la pasta.

De los resultados obtenidos de los ensayos de slump para medir la trabajabilidad de la mezcla fresca de concreto, pudimos obtener que al adicionar grafeno con una cantidad 0.05% reduce la trabajabilidad en un 5.33% y con una cantidad de 0.1% reduce en un 6.67%. Para esto utilizamos el cono de abrams para medir el slump de manera normal basado en protocolos estipulado en la NTP 339.025.

De esta investigación, en comparación a nuestros resultados obtenidos, se ve que en ambos se da una baja en la trabajabilidad de la mezcla fresca.

Dimov [*et al.*] (2018). El autor realizo experimentaciones comparativas entre 2 tipos de grafeno (IG y FG), cuantificando sus resultados encontró que la concentración óptima de IG era 0.7 g/l (grafeno en relación con volumen del concreto). El IG que utilizo tiene un número de capas de 11.

El autor obtiene mejores resultados con el grafeno de grado industrial, es por ello que la obtención del producto que se requirió para esta investigación tiene características similares. No obstante, el número de capas de esta Tesis tiene un rango de entre 3 y 7.

D2. “Adicionando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará disminuir la trabajabilidad del concreto”.

Collins, Lambert y Hui (2011). Los resultados muestran que la consistencia esperada del ensayo de mini-slump se eleva con el aumento de la relación a/c. Cuando se agregaron CNT (Nano tubos de carbono) en pequeñas proporciones se evidenció una consistencia significativamente reducida. Con $a/c = 0.4$, la adición de 0.5% de CNT hace que la

trabajabilidad reduzca 19.5%.

Por otra parte, se tiene a Wang [et al.] (2015). Se puede ver que con el aumento de GO en la dosis, la fluidez de la pasta disminuye, la viscosidad de la pasta de cemento aumenta y el tiempo de fraguado de la pasta de cemento es acortado. Especialmente, cuando la adición de GO es de hasta 0.03%, teniendo una reducción de la trabajabilidad de un 4.56% respecto a una mezcla estándar.

En esta tesis se utilizó una relación agua cemento de 0.60 para las dosificaciones del concreto patrón y los modificados, con los cuales se observó el asentamiento de 2.37” y 2.33” para mezclas modificadas con 0.05% y 0.10% respectivamente. Adicionalmente se pudo ver una baja de la trabajabilidad de 5.33% y 6.67%.

Analizando los resultados y comparándolos, se observó la disminución de la trabajabilidad de la mezcla modificada con grafeno con respecto al concreto patrón.

D3. “Agregando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará aumentar la resistencia a compresión del concreto”.

Ávila, Eguez y Roa (2018). En su artículo científico N° 12 Nos expone su investigación cuantitativa la cual toma más énfasis a los ensayos con respecto a la resistencia a la compresión, nos indican que, en los estudios realizados, el $f'c$ más alto alcanzado fue con un porcentaje de 0.05% de G-O (Oxido de Grafeno) en relación con el peso del cemento, teniendo como resultado un incremento del 47.9% en 28 días de curado.

Basándonos en la investigación que realizaron Ávila, Eguez y Roa pudimos coincidir en una de nuestras muestras, la cual consta de 0.05% de grafeno respecto al peso del cemento, con este el autor vio un aumento del 47.9% a los 28 días de curado. Por otra parte, los resultados que obtuvimos fueron de 13.84%.del aumento del $f'c$ a los 28 días de curado, se pudo observar el aumento de la resistencia a la compresión axial del concreto. La diferencia entre los resultados podría deberse a que el autor le aplico un proceso de oxidación al grafeno formando así O-G (oxido de grafeno).

Por otra parte, Abrishami y Zahami (2016). En sus resultados obtiene el aumento de las propiedades mecánicas como la resistencia de la compresión en concreto con la incorporación de 0.1% de grafeno llegando a valores de un aumento del 13.0%.

Con los estudios de Abrishami y Zahami pudimos coincidir con la otra dosificación de grafeno para adicionar concreto a estudiar, el cual consta de agregarle 0.1% de grafeno

respecto al cemento obteniendo resultados de un aumento del 14.48% del f^c a los 28 días de curado.

Analizando los resultados se observó el aumento del f^c del concreto modificado con grafeno con respecto al concreto patrón.

V. CONCLUSIONES

Realizado en su totalidad los ensayos y el análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto podemos determinar que:

1.- Para concreto adicionado con grafeno al 0.05% se vio que disminuyo la trabajabilidad en 5.33 % con respecto al concreto patrón y para concreto adicionado con grafeno al 0.10% se vio que disminuyo la trabajabilidad en 6.67% con respecto al concreto patrón. Se obtuvo que al agregando grafeno en la mezcla fresca, este no afecta directamente en la trabajabilidad.

Se determinó que con que la adición de grafeno como aditivo a la mezcla fresca no se nota una disminución significativa de la trabajabilidad en la mezcla fresca, debido a que los porcentajes de reducción obtenidos son mínimos.

Para concreto adicionado con grafeno al 0.05% se vio mejoras en la resistencia a compresión del 13.84 % con respecto al concreto patrón y para concreto adicionado con grafeno al 0.10% se vio mejoras en la resistencia a compresión del 14.48 % con respecto al concreto patrón. Se obtuvo que con la adición de grafeno se logra mejorar la resistencia a compresión, pero siendo la dosis más recomendable la de 0.05% puesto que demostrando con la estadística no hay una diferencia significativa sobre los resultados de estas dos dosis de 0.1% y 0.05%. Adicionalmente si comparamos estas dosis sería más recomendable la de 0.05% puesto a que se utiliza la mitad de grafeno que la otra dosificación (0.1%)

2.- Para concreto adicionado con grafeno al 0.05% se obtiene la resistencia promedio de 242 kg/cm² y para concreto adicionado con grafeno al 0.10% se obtiene la resistencia promedio de 245 kg/cm². Teniendo como base un concreto patrón que se obtiene una resistencia promedio de 214 kg/cm². Se obtuvo que con la adición del grafeno como aditivo en el concreto influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto, pues con los resultados se pudo contrastar un aumento significativo con respecto al concreto patrón.

Se determinó que con que la adición de grafeno como aditivo a la mezcla fresca no se nota una disminución significativa de la trabajabilidad en la mezcla fresca.

3.- Para concreto adicionado con grafeno al 0.05% se vio que disminuyo la trabajabilidad en 5.33 % con respecto al concreto patrón y para concreto adicionado con grafeno al 0.10% se vio que disminuyo la trabajabilidad en 6.67% con respecto al concreto patrón. Se observó que con que la adición de grafeno como aditivo a la mezcla fresca no se nota una disminución significativa de la trabajabilidad en la mezcla fresca.

Para concreto adicionado con grafeno al 0.05% se obtiene un asentamiento de 2.33”.

Para concreto adicionado con grafeno al 0.10% se obtiene un asentamiento de 2.37”.

Para concreto patrón se obtiene un asentamiento de 2.50”.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se deben de buscar un nuevo método o proceso más eficaz de esparcir el grafeno en la mezcla puesto a que en la investigación se denoto una cierta dispersión de los resultados, esto se debió a que no se encontró una manera óptima de dispersar el grafeno en toda la mezcla de concreto, debido que el material al ser muy fino y de alta adherencia es difícil su manipulación al momento de adicionarlo.
2. Se recomienda probar dosis diferentes al de 0.1 y 0.05%, para poder seguir con la búsqueda de la dosificación más óptimas en la que se mejore las propiedades mecánicas del concreto.
3. Se recomienda probar con dosis menores a las presentadas en la investigación, pero controlando mejor el ambiente en que se trabaje puesto a que se tienen que dispersar de una mejor manera para obtener resultados más homogéneos. Se recomienda tener un mejor control de los agregados (diámetros y propiedades físicas), puesto a que esta variable tiene una gran influencia en los resultados.
4. Tomar como base esta investigación para que se pueda realizar la ampliación del tema y tener una mejora continua para que así puedan surgir más investigaciones relacionadas a este material en el campo de la construcción.

REFERENCIAS

- **ABRISHAMI, M. y ZAHABI, V.** Reinforcing graphene oxide/cement composite with NH₂ functionalizing group. s.l. : Bulletin of Materials Science, 2016.
- **ÁVILA, Jhonnatan, EGUEZ, Hugo y ROA, Olga.** Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de Mezcla. Investigation. [En línea] 27 de Marzo de 2019. [Citado el: 20 de Abril de 2019.]
<http://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/295>.
ISSN: 13906399.
- **CHAN, Jose, SOLIS, Romel y MORENO, Eric.** Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Redalyc.org. [En línea] Universidad Autonoma de Yucatan, 2003. [Citado el: 12 de Noviembre de 2019.]
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>.
ISSN: 1665529.
- **SHI, X. y HE, X.** Chloride Permeability and Microstructure of Portland Cement Mortars Incorporating Nanomaterials, Whashington : Journal of the Transportation Research Board, 2008.
- **SHI, X, HAN, B. y YU, X.** Transport properties of carbon nanotube/cement composites. J Mater Eng Perform, 2013.
- **CURBELO, Basilio.** Concreto estructural presforzado. Colombia : s.n., 2015.
- **DIMOV, Dimitar, y otros.** Ultrahigh Performance Nanoengineered Graphene–Concrete Composites for Multifunctional Applications. Wiley Online Library. [En línea] 23 de Abril de 2018. [Citado el: 28 de Abril de 2019.]
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm>.
ISSN: 201705183.
- **DU, Hongjian, GAO, Hongchen y PANG, Sze.** Cement and Concrete Research. Elsevier. [En línea] 9 de Febrero de 2016. [Citado el: 20 de Abril de 2019.]
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.02.005>.
- **NISTAL, Ange, RETANA, Maria y RUIZ, Teresa.** El hormigon: Historia, Antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia, Madrid : Revista

tecnología y desarrollo, 2012.

ISSN: 16968085.

- **FERNANDEZ, Luis.** Propuesta de indicadores de eficacia del curado en obra. Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo. [En línea] 2010. [Citado el: 02 de 10 de 2019.] 2007-3011.
- **HUANCA, Samuel.** Diseño de mezclas de concreto. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2006. pág. 3.
- Incorporating graphene oxide in cement composites: A study of transport properties. **MOHAMMED, A., y otros.** 18, Australia : Construction and building materials, 2015.
- **Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.** Construcción y tecnología: Concreto de alta resistencia. imcyc web site. [En línea] Diciembre de 2000. [Citado el: 28 de 10 de 2019.] <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/resistencia.htm>.
- **KOSMATKA, Steven, y otros.** Diseño y control de mezclas de concreto. Illinois : Portland Cement Association, 2004. ISBN: 0893122335.
- **MARTINEZ, Seara.** Escalado de la producción de nanomateriales de grafeno/óxidos metálicos para su uso como electrodos en supercondensadores. España : Universidad Complutense de Madrid, 2018.
- **MOLINER, R.** Del carbón activo al grafeno: Evolución de los materiales de carbono. [Documento] s.l. : Grupo de Conversión de Combustibles. ICB-CSIC, 2016.
- **NORMA Técnica Peruana NTP 334.009.** CEMENTOS Cementos portland requisistos. Perú : Comisión de Reglamento Técnicos y Comerciales - INDECOPI, 2005.

- **NORMA Técnica Peruana NTP 339.034.** CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Perú : Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI, 2015.
- **NORMA Técnica Peruana NTP 339.035.** CONCRETO Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Perú : Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI, 2009.
- **NORMA Técnica Peruana NTP 339.185.** AGREGADOS Método para el ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Perú : Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI, 2009.
- **NORMA Técnica Peruana NTP 339.088.** CONCRETO Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Perú : Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI, 2009.
- **NORMA Técnica Peruana NTP 400.017.** AGREGADOS Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Perú : Comisión de Reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI, 1999.
- **PACHECO, F., y otros.** Nanotechnology in Eco-efficient Construction. 2da. Unite Kingdom : Whodhead Publishing , 2019.
ISBN: 9780081026410.
- **PALACIO, Leon, CHAVEZ, Alvaro y VELASQUEZ, Yessica.** Evaluación del analisis granulometrico obtenido de agregados naturales y reciclados. Colombia : Revista Tecnura, 2017.
- **PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE.** Topicos de tecnologia del concreto en el Perú. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- **VÉLEZ, Ligia.** Permeabilidad y porosidad en el concreto, Colombia : Rev. Tecno Lógicas, 2010.
ISSN: 01237799.

- **LANGE, David.** Relationship between microstructure and mechanical properties of the paste-aggregate interface, USA : ACI Journal, 1994.
- **RIVERA, Gerardo.** Agregados para concreto o mortero. Colombia : Universidad del Cauca, 2013.
- **RNE Reglamento Nacional de Edificaciones.** E.060. Lima : s.n., 2019.
- **RODRIGUEZ, Claramaria y VASILIEVNA, Oxana.** Propiedades y aplicaciones del grafeno. [Documento] Nuevo Leon : Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL, 2008.
ISSN: 14050676.
- Synthesis and characterization of graphene oxide and its antimicrobial activity against klebsiella and staphylococcus. **BYKKAM, S., y otros.** 4, s.l. : Adv Biotechnol Res, 2013.
- **XFNANO Materials Tech.** XFQ021 - Graphene Nanoplates. China : s.n., 2018.
- **PALBOL L.** Optimización de los agregados para concreto. “Construcción y tecnología,” México, 1996. 30 p.
- **COLLINS, F., LAMBERT, J. y DUAN, W.** The influences of admixtures on the dispersion, workability, and strength of carbon nanotube–OPC paste mixtures, Australia : Cement & Concrete Composites, 2011.
- **WANG, Quing y otros.** Influence of graphene oxide additions on the microstructure and mechanical strength of cement, China: New carbon materials, 2015. 349-356 p.
- **ARIAS, Fidiás.** El proyecto de investigación. 6. a ed. Caracas: Editorial Episteme, 2012. 143 pp.
ISBN: 9800785299
- **ASTM C 31, Annual Book of ASTM Standards** [Libro Anual de Normas ASTM], Vol 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
- **BORJAS, Manuel.** Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: 2012. 38 pp.
- **GONZALES, José.** El grafeno, una lámina de carbono cuyo espesor puede ser de un solo átomo, muestra propiedades electrónicas exóticas que revisten un gran

interés para la investigación fundamental y el desarrollo de nuevos materiales.

España: 2010. 43 pp.

- **BORJAS, Manuel.** Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: 2012. 38pp
- **Hernández, Fernández y Baptista.** Metodología de la investigación. 5^a.ed. Mexico: Mc Graw-Hill, 2010. 736pp.
ISBN: 978-607-15-0291-9
- **MARTINEZ, Seara.** Escalado de la producción de nanomateriales de grafeno/óxidos metálicos para su uso como electrodos en supercondensadores. Tesis (Magister en economía). Madrid: Universidad complutense de Madrid, 2018.
Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=223268>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Consistencia

Título: análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión del concreto

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo General	Hipótesis General					
¿Influirá el grafeno como aditivo en la trabajabilidad y la resistencia a la compresión y del concreto?	Demostrar la Influencia del grafeno como aditivo en la trabajabilidad y resistencia a la compresión y del concreto.	El grafeno influirá en el concreto bajando su trabajabilidad y aumentando su resistencia a la compresión.	Variable Independiente: Grafeno	Propiedades	Contenido de humedad	%	Tipo de estudios: Aplicada Enfoque de estudio: Cuantitativo Diseño de investigación: Pre-experimental Método de investigación: Científico Población: 43 probetas de concreto Muestra: 3 probetas de concreto patrón. 20 probetas de concreto para 0.05% 20 probetas de concreto para 0.10%
					Densidad	g/cm ³	
					Capas	und	
					Dosificación	Porcentaje en volumen (%)	
					0.05%		
					0.10%		
Problemas específico	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente: Concreto	Mezcla fresca	Trabajabilidad	Slump (")	
A: ¿Cómo afectara el grafeno en la trabajabilidad del concreto? B: ¿Cómo influirá el grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión del concreto?	A: Determinar la influencia del grafeno en la trabajabilidad del concreto. B: Determinar la influencia del grafeno como aditivo en la resistencia a la compresión del concreto.	A: Adicionando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará disminuir la trabajabilidad del concreto. B: Agregando grafeno en la mezcla como aditivo se logrará aumentar la resistencia a compresión del concreto.		Mezcla endurecida	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02. Hoja descriptiva del grafeno adquirido



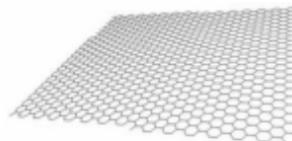
Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., Ltd

XFQ021 – Graphene Nanoplates

Graphene nanoplates made by XFNANO LLC consist of few monolayer graphene structures with features of low defect, low oxygen and high conductivity.

Technical Parameters

Product Name	Graphene nanoplates
Conductivity	800-1100 S/cm
Apparent density	0.09-0.13 g/cm ³
Tap Density	0.13-0.16 g/cm ³
Appearance	Black powder



Product Features

Low defect, low oxygen and high conductivity.

Easy to disperse in NMP, DMF, alcohol and other organic solvents, and dispersing agent needed for other aqueous solvents.

Application fields

New energy battery, anti-static function, heat Elimination, mechanical strength enhancement, conductive composites, coating modifie, fundamental research of physics, electronic chip, antenna material, aeronautical and space technologies *etc.*

Disclaimer: XFNANO LLC believes that the information in this Technical Data Sheet is accurate and represents the best and most current information available to us. XFNANO Material makes no representations or warranties either express or implied, regarding the suitability of the material for any purpose or the accuracy of the information contained within this document. Accordingly, XFNANO Material will not be responsible for damages resulting from use of or reliance upon this information. Please do not use screenshots of any characteristic graphs in this report without permission.

02/08/2018 Ed.3

Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., Ltd
Add: Research and Innovation Center Zifeng, Pakou District, Nanjing City, Jiangsu Province, China
E-mail: isale@xfnano.com
Fax: 025-68256991

Zip: for 210033
Tel: 025-69657069
<http://www.xfnano.com>

Anexo 03. Certificado de los análisis del grafeno



江苏先丰纳米材料科技有限公司

CERTIFICATE OF ANALYSIS

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

Results of Detecting and Analyzing

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

Detection result: OK (√) NG ()

Tester: GU ZHENGUANG

Check:

Date of Reporting: 2018.7.12

Seal

江苏先丰纳米材料科技有限公司
 地址: 南京市国家级江北新区步月路 29 号 9 栋
 邮编: 210033
 电话 Tel: 400-025-3200(免长途费)
 传真 Fax: 025-68256991

Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., Ltd
 Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
 Zip: for 210033
 E-mail: sale@xfnano.com
 http://www.xfnano.com

Anexo 04. Diseño de mezcla

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"	Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por Engineering Technology Accreditation Commission
INFORME		Pág. 1 de 5
Del	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales	
A	: ALARCÓN CARDENAS, RICARDO, MENDEZ MONTENEGRO, HAROLD Y RICARDO APAZA QUISPE	
Obra	: DISEÑO DE MEZCLA F' C=210 KG/CM2	
Asunto	: Diseño de mezcla f' c = 210 Kg/cm ²	
Expediente N°	: 19-3976	
Recibo N°	: 67938	
Fecha de emisión	: 21/10/2019	

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:
Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

1.2 Agregado Fino:
Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN.
Las características se indican en el ANEXO 1.

1.3 Agregado Grueso:
Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN.
Las características se indican en el ANEXO 2.

1.4 Combinación de Agregados:
La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

1.5 Agua:
Se uso agua potable procedente de la red UNI.

Ing. M. Legida Silva

Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

 UNI-LEM La Calidad es nuestro compromiso Laboratorio Certificado ISO 9001	 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25 apartado 1301 - Perú (511) 381-3343 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046	 www.lem.uni.edu.pe lem@uni.edu.pe Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI	
--	--	--	--



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 19-3976

Pág. 2 de 5

2.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL (f'c = 210 Kg/cm²) CEMENTO SOL Tipo I

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	f'c = 210	Kg/cm²
Asentamiento	.....	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.64	
Relación a/c de obra	.....	0.60	
Proporciones de diseño	.....	1	: 2.50 : 2.60
Proporciones de obra	.....	1	: 2.56 : 2.60

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

Cemento	.....	350	Kg.
Arena	.....	875	Kg.
Piedra	.....	909	Kg.
Agua	.....	224	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	350	Kg.
Arena	.....	899	Kg.
Piedra	.....	913	Kg.
Agua	.....	210	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	108.97	Kg.
Piedra	.....	110.68	Kg.
Agua	.....	25.52	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

		CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	: 2.29	: 2.69
Agua	.....	25.52	L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. T.M.T.



Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



ANEXO 1

Pág. 3 de 5

EXPEDIENTE N° : 19-3976

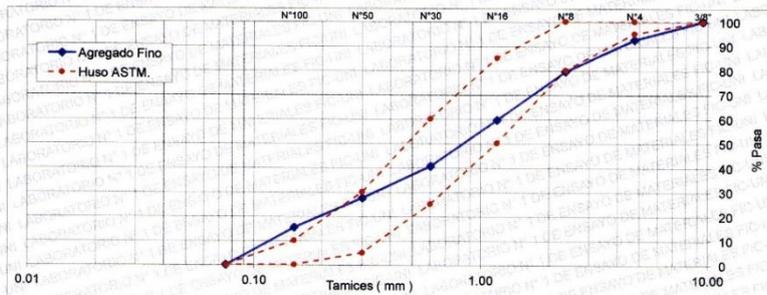
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	7.4	7.4	92.6	95 - 100
N°8	2.36	13.1	20.5	79.5	80 - 100
N°16	1.18	19.9	40.4	59.6	50 - 85
N°30	0.60	19.0	59.4	40.6	25 - 60
N°50	0.30	13.1	72.5	27.6	5 - 30
N°100	0.15	12.2	84.7	15.3	0 - 10
FONDO		15.3	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	2.85
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1678
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1895
Peso Especifico (g/cm ³)	2.63
Contenido de Humedad (%)	2.67
Porcentaje de Absorción (%)	0.81

2. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. T. M. T.

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





ANEXO 2

EXPEDIENTE N° : 19-3976

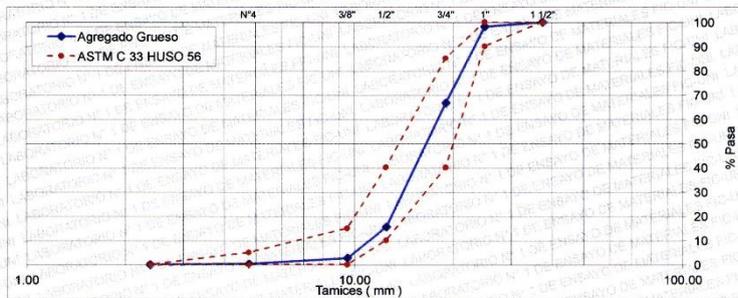
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

Consiste en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 56
(Pulg)	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	1.9	1.9	98.1	90 - 100
3/4"	19.00	31.4	33.3	66.7	40 - 85
1/2"	12.50	51.1	84.4	15.6	10 - 40
3/8"	9.50	12.8	97.2	2.8	0 - 15
N°4	4.75	2.5	99.7	0.3	0 - 5
FONDO		0.3	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	7.29
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1456
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1597
Peso Específico (g/cm ³)	2.75
Contenido de Humedad (%)	0.35
Porcentaje de Absorción (%)	0.62

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. T.M.T.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 19-3976

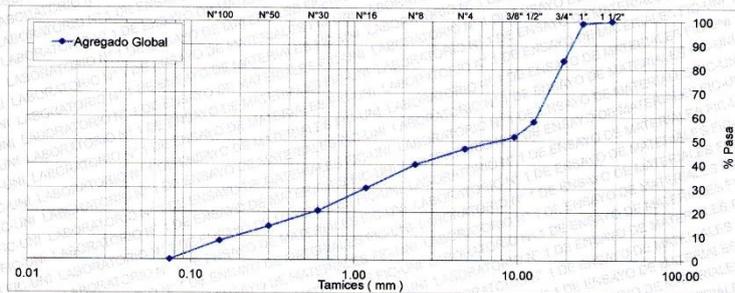
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera ARENAL SAN MARTIN.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.9	0.9	99.1
3/4"	19.00	15.7	16.6	83.4
1/2"	12.50	25.5	42.1	57.9
3/8"	9.50	6.4	48.5	51.5
N°4	4.75	4.9	53.4	46.6
N°8	2.36	6.6	60.0	40.0
N°16	1.18	10.0	70.0	30.0
N°30	0.60	9.5	79.5	20.5
N°50	0.30	6.5	86.0	14.0
N°100	0.15	6.1	92.2	7.8
FONDO		7.8	100.0	0.0

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5.06
% Agregado Grueso	49.87
% Agregado Fino	50.13

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. T.M.T.

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Anexo 05. Resultados de rotura de probetas con grafeno a 0.10%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

· Pag. 3 de 3

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : APAZA QUISPE RICARDO Y RODRIGUEZ QUITO ART ANTONY
Obra : ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO COMO ADITIVO EN LA RESITENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO. LIMA 2019
Asunto : Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.
Expediente N° : 19-4233
Recibo N° : 68210
Fecha de emisión : 21/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla es referente a la solicitud 19-3976

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015
 : Procedimiento interno AT-PR-12

3. RESULTADOS :

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO I	350 kg
AGUA - RED UNI	210 kg
ARENA - GRUESA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN	899 kg
PIEDRA - CHANCADA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN	913 kg
ADICIÓN - GRAFENO	0.35 kg

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
0.10% - 1	28	10.03	78.93	18124	230
0.10% - 2	28	10.07	79.64	18696	235
0.10% - 3	28	10.00	78.54	18812	240
0.10% - 4	28	10.11	80.28	19934	248
0.10% - 5	28	10.03	78.93	19701	250
0.10% - 6	28	10.15	80.83	18605	230
0.10% - 7	28	10.07	79.64	19101	240
0.10% - 8	28	9.99	78.30	19687	251
0.10% - 9	28	10.01	78.70	18979	241
0.10% - 10	28	10.24	82.27	18855	229
0.10% - 11	28	10.04	79.17	19860	251
0.10% - 12	28	10.02	78.78	19692	250
0.10% - 13	28	10.06	79.41	19151	241
0.10% - 14	28	10.00	78.54	20694	263
0.10% - 15	28	10.11	80.20	18597	232
0.10% - 16	28	10.02	78.78	20841	265
0.10% - 17	28	10.04	79.17	18843	238
0.10% - 18	28	10.22	82.03	19680	240
0.10% - 19	28	10.09	79.88	20597	258
0.10% - 20	28	10.02	78.85	20554	261
PROMEDIO:				245	Kg/cm²

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. L.O.R.

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



M.Sc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

Anexo 06. Resultados de rotura de probetas con grafeno a 0.05%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
 ABET Engineering Technology Accreditation Commission

Pag. 2 de 3

INFORME

Del A: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
Obra: APAZA QUISPE RICARDO Y RODRIGUEZ QUITO ART ANTONY
Asunto: ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO COMO ADITIVO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO. LIMA 2019
Expediente N°: Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.
Recibo N°: 19-4233
Fecha de emisión: 68210
 : 25/11/2019

1. DE LA MUESTRA: El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla es referente a la solicitud 19-3976

2. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia NTP 339.034:2015
 Procedimiento interno AT-PR-12

3. RESULTADOS:

		Dosificación proporcionada por el solicitante:			
		CEMENTO - SOL TIPO I	AGUA - RED UNI	ARENA - GRUESA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN	PIEDRA - CHANCADA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN
		350 kg	210 kg	899 kg	913 kg
					ADICIÓN - GRAFENO 0.175 kg

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
0.05% - 1	21	10.28	83.00	18019	217
0.05% - 2	21	10.36	84.30	19113	227
0.05% - 3	21	10.08	79.72	19551	245
0.05% - 4	21	10.31	83.40	20318	244
0.05% - 5	21	10.13	80.60	21408	266
0.05% - 6	21	10.14	80.67	19447	241
0.05% - 7	21	10.09	79.88	21623	271
0.05% - 8	21	10.12	80.36	19956	248
0.05% - 9	21	10.13	80.52	21207	263
0.05% - 10	21	10.17	81.15	19711	243
0.05% - 11	21	10.11	80.20	18659	233
0.05% - 12	21	10.23	82.11	20988	256
0.05% - 13	21	10.09	79.88	19827	248
0.05% - 14	21	10.37	84.38	19720	234
0.05% - 15	21	10.39	84.70	19670	232
0.05% - 16	21	10.32	83.57	20272	243
0.05% - 17	21	10.12	80.44	19790	246
0.05% - 18	21	10.41	85.11	20362	239
0.05% - 19	21	10.18	81.31	18769	231
0.05% - 20	21	10.36	84.30	18578	220

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. L.O.R.

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Peru
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 07. Resultado de rotura de probetas patrón



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Pag. 1 de 3

INFORME

Del Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A PAZA QUISPÉ RICARDO Y RODRIGUEZ QUITO ART ANTONY
Obra ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO COMO ADITIVO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO. LIMA 2019
Asunto Verificación de diseño de mezcla y Ensayo de Resistencia a la Compresión.
Expediente N° 19-4233
Recibo N° 68210
Fecha de emisión 21/11/2019

1. DE LA MUESTRA : El solicitante proporcionó al laboratorio los materiales y dosificación a utilizar en la mezcla es referente a la solicitud 19-3976

Dosificación proporcionada por el solicitante:	
CEMENTO - SOL TIPO I	350 kg
AGUA - RED UNI	210 kg
ARENA - GRUESA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN	899 kg
PIEDRA - CHANCADA - CANTERA ARENAL SAN MARTIN	913 kg

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015
 Procedimiento interno AT-PR-12

3. RESULTADOS :

Muestra	Edad de Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga de Rotura (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
PATRON 1	28	10.09	79.88	16923	212	214
PATRON 2	28	10.08	79.72	17082	214	
PATRON 3	28	10.10	80.12	17359	217	

COEFICIENTE DE VARIACIÓN : 1.1%
RANGO: 2.2%

4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. L.O.R.

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 08. Certificado de calibración



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 2575 - 2019

PROFORMA : 1181A Fecha de emisión : 2019-05-30 Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 210 Lima - Lima - Rimac

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

Marca : GILSON COMPANY

Modelo : TSA - 100 3/8"

N° de serie : 3/8" - 001250 - 17

N° de tamiz : 3/8"

Tamaño de abertura : 9,5 mm

Identificación : MVAG-4

Procedencia : U.S.A.

Ubicación : ÁREA DE MATERIALES

Fecha de Calibración : 2019-05-30

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida, tomando como referencia la norma ASTM E11.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20 °C	20,2 °C
HUMEDAD RELATIVA	59,3%	59,3%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Nicolás Ramos Paucar

Gerente Técnico

CFP : 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2578 - 2019

Página : 2 de 3

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloques de Longitud Grado 0 METROSYSTEMS	Pie de Rey 0 mm a 300 mm	MS-0709-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)	E.M.P. ^(*) (mm)
Horizontal	9,50	9,48	0,02	0,03	0,27
Vertical		9,49	0,01	0,03	0,27

(*) Error máximo permitido según norma ASTM E11

	Abertura Máxima Nominal (mm)	Abertura Máxima Encontrada (mm)	Desviación Estandar Nominal (mm)	Desviación Estandar Encontrada (mm)
Horizontal	10,11	9,55	0,21	0,04
Vertical		9,54		0,03

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	2,24	2,35	-0,11	0,03
Vertical		2,36	-0,12	0,03

	Diametro Máximo Nominal (mm)	Diametro Máximo Encontrado (mm)	Diametro Mínimo Nominal (mm)	Diametro Mínimo Encontrado (mm)
Horizontal	2,60	2,36	1,90	2,33
Vertical		2,39		2,33

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



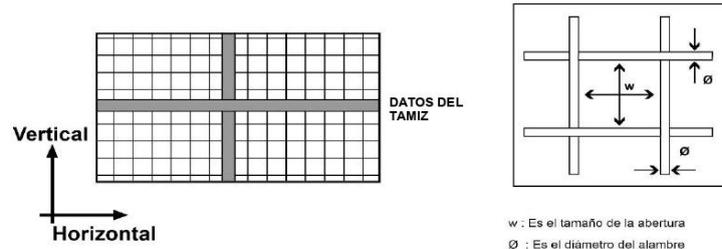
Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2578 - 2019

Página : 3 de 3

GRAFICOS DE LAS MEDICIONES



FIN DEL DOCUMENTO

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 2576 - 2019

PROFORMA : 1181A

Fecha de emisión : 2019-05-30

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 210 Lima - Lima - Rimac

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ

Marca : GILSON COMPANYY

Modelo : TSA - 100 1/2"

N° de serie : 1/2" - 001233 - 17

N° de tamiz : 1/2"

Tamaño de abertura : 12,5 mm

Identificación : MVAG-3

Procedencia : U.S.A.

Ubicación : ÁREA DE MATERIALES

Fecha de Calibración : 2019-05-30

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida, tomando como referencia la norma ASTM E11.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20 °C	19,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	59,3%	59,3%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Nicolás Ramos Paucar

Gerente Técnico

CFP : 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2576 - 2019

Página : 2 de 3

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloques de Longitud Grado 0 METROSYSTEMS	Pie de Rey 0 mm a 300 mm	MS-0709-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIONES PARA LA ABERTURA

	Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)	E.M.P. ^(*) (mm)
Horizontal	12,50	12,40	0,10	0,03	0,35
Vertical		12,40	0,10	0,03	0,35

(*) Error máximo permitido según norma ASTM E11

	Abertura Máxima Nominal (mm)	Abertura Máxima Encontrada (mm)	Desviación Estandar Nominal (mm)	Desviación Estandar Encontrada (mm)
Horizontal	13,25	12,44	0,27	0,02
Vertical		12,44		0,02

MEDICIONES PARA EL DIAMETRO

	Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (mm)	Incertidumbre (mm)
Horizontal	2,50	2,84	-0,34	0,03
Vertical		2,84	-0,34	0,03

	Diametro Máximo Nominal (mm)	Diametro Máximo Encontrado (mm)	Diametro Mínimo Nominal (mm)	Diametro Mínimo Encontrado (mm)
Horizontal	2,90	2,85	2,10	2,82
Vertical		2,85		2,82

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



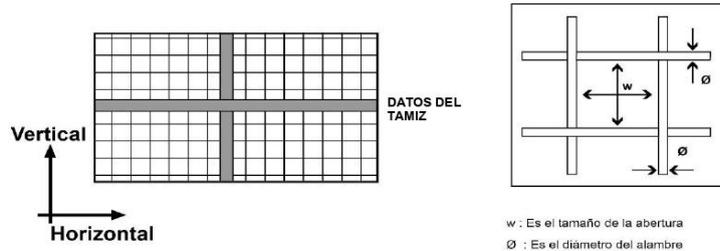
Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2576 - 2019

Página : 3 de 3

GRAFICOS DE LAS MEDICIONES



FIN DEL DOCUMENTO

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 2951 - 2019

O.T : 0509 - 0683

Fecha de emisión : 2019 - 04 - 17

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 LIMA - LIMA - RIMAC

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : AND
Modelo : GF -20K
N° de Serie : 15004527
Capacidad Máxima : 21000 g
División de Escala (d) : 0,1 g
División de Verificación (e) : 1 g
Clase de Exactitud^[1] : II
Capacidad Mínima^[1] : 5 g
Procedencia : JAPON
Identificación : BLZA - 5
Intervalo de ΔT Local : 18 °C hasta 30 °C
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 16
Ubicación : AREA AGREGADOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-067-2019**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Ensayo Uniaxial N° 3

Capacidad del equipo : 3,000 kN

División de escala : 0,1 kN

Marca : PROETI

Modelo : H0235

N° de serie del equipo : 4H0235/2

Panel digital : DIGITAL

Código interno UNI : PHEC-3

Procedencia : ESPAÑA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,8°C / 76%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,8°C / 76%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2019-06-17

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-06-19	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
3	10000	9627	9618	9589	9611	4,0	0,3
7	20000	19550	19502	19570	19540	2,4	0,2
10	30000	29415	29551	29482	29483	1,8	0,2
13	40000	39527	39572	39531	39544	1,2	0,2
16	50000	49502	49417	49497	49472	1,1	0,2
20	60000	59435	59371	59393	59400	1,0	0,2
26	80000	79348	79335	79339	79340	0,8	0,1
33	100000	99079	99282	99187	99183	0,8	0,1
39	120000	119027	119087	119146	119087	0,8	0,1
46	140000	139047	139066	139067	139060	0,7	0,1
52	160000	158954	159077	159126	159052	0,6	0,1

Incertidumbre

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 $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.





Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LD - 0141 - 2019

O.T. : 0193-0294

Fecha de emisión : 2019-01-31

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 210 Lima - Lima - Rimac

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CONO DE ABRAMS

Marca : No indica

Modelo : No indica

N° de Serie : 1385

Procedencia : No indica

Identificación : No Indica

Fecha de Calibración : 2019-01-31

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida, tomando como referencia la norma IRAM 1536.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	21,3 °C	21,4 °C
HUMEDAD RELATIVA	52,1 %HR	53,8 %HR

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

LABORATORIO ACREDITADO N° LC-016
NTP ISO / IEC 17025:2006

Certificado : LD - 0141 - 2019

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Bloques de Longitud Grado 0 METROSYSTEMS	Pie de Rey 0 mm a 300 mm	MS-0709-2018
Regla de Acero Clase I DM-INACAL	Regla 0 mm a 1 000 mm	LLA-415-2018
Microscopio de Herramientas Incertidumbre 0,7 µm DM-INACAL	Reticula de Medición 0 mm a 10 mm	LLA-420-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Aparato de Densidad

	Descripción	Dimensiones			
		Valor nominal (mm)	Valor medido (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Cono	Altura del Embudo	300,0	306,4	-6,4	0,1
	Diámetro Inferior	100,0	102,5	-2,5	0,1
	Diámetro Superior	200,0	203,5	-3,5	0,1

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 1845 - 2019

PROFORMA : 0683

Fecha de emisión: 2019 - 04 - 23

Página : 1 de 2

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Dirección : Av. Tupac Amaru Nro. 210 Lima - Lima - Rimac

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : APARATO VICAT

Tipo : ANALÓGICO
Marca : No Indica
Modelo : No Indica
N° de Serie : No Indica
Intervalo de Indicación : 0 mm a 50 mm
División de Escala : 1 mm
Procedencia : No Indica
Identificación : AVICC-1
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 23

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestros bloques patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	20,6 °C
Humedad Relativa	50,5 %	46,3 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r06/Octubre 2017/Rev.01

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 0,5 mm a 100 mm Grado 0	LLA-C-024-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor Patrón (mm)	Promedio Indicación del Aparato Vicat (mm)	Error (mm)
0,0	0,0	0,0
5,0	5,0	0,0
10,0	10,0	0,0
15,0	15,0	0,0
20,0	20,0	0,0
25,0	25,0	0,0
30,0	30,0	0,0
35,0	35,0	0,0
40,0	40,0	0,0
45,0	45,0	0,0
50,0	50,0	0,0

Alcance de error de indicación ($f_{máx}$): 0 mm
Incertidumbre del error de indicación: 0,3 mm



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 09. Cálculo del material



Anexo 10. Pesado de los agregados



Anexo 11. Pesado de los agregados gruesos



©

Anexo 12. Peso del cemento



Anexo 13. Análisis del grafeno



Anexo 14. Tara del recipiente para el peso del grafeno



Anexo 15. Pesado del grafeno



Anexo 16. Pesado del grafeno (2)



Anexo 17. Datos del cálculo del peso de grafeno para 0.05%



Anexo 18. Grafeno a la hora del pesado



Anexo 19. Preparación de la mezcla para el concreto patrón



Anexo 20. Compactado del concreto en probetas



Anexo 21. Colocación de la mezcla de concreto patrón



Anexo 22. Mezclado del concreto



Anexo 23. Herramientas para el ensayo de asentamiento (Slump)



Anexo 24. Medición del slump



Anexo 25. Slump Concreto patrón



Anexo 26. Probetas preparadas



Anexo 27. Desencofrado de probetas



Anexo 28. Inspección de las probetas



Anexo 29. Colocación de datos en probetas



Anexo 30. Traslado de las probetas a las cámaras de curado



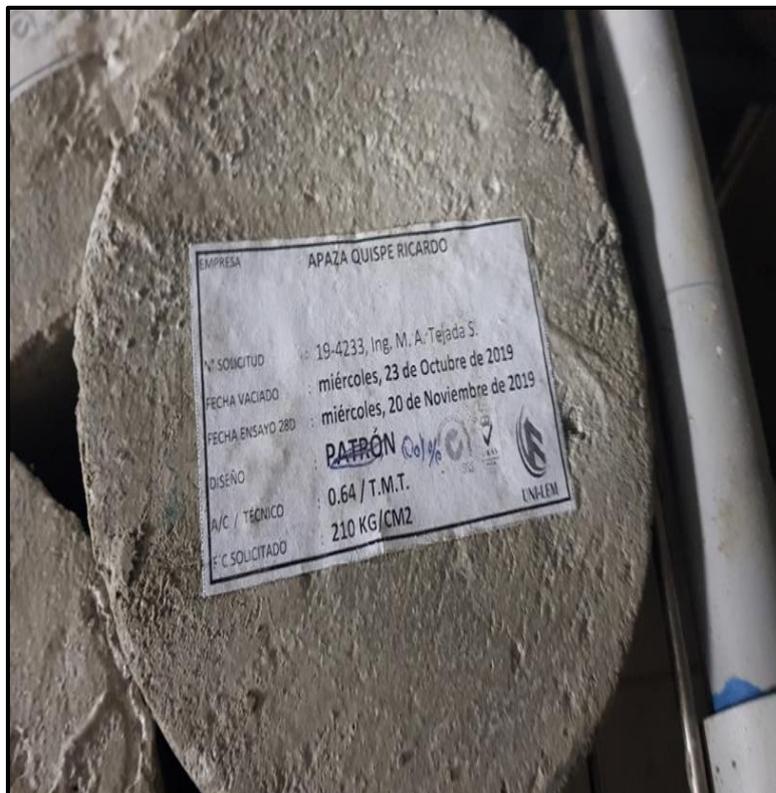
Anexo 31. Cámara de curado



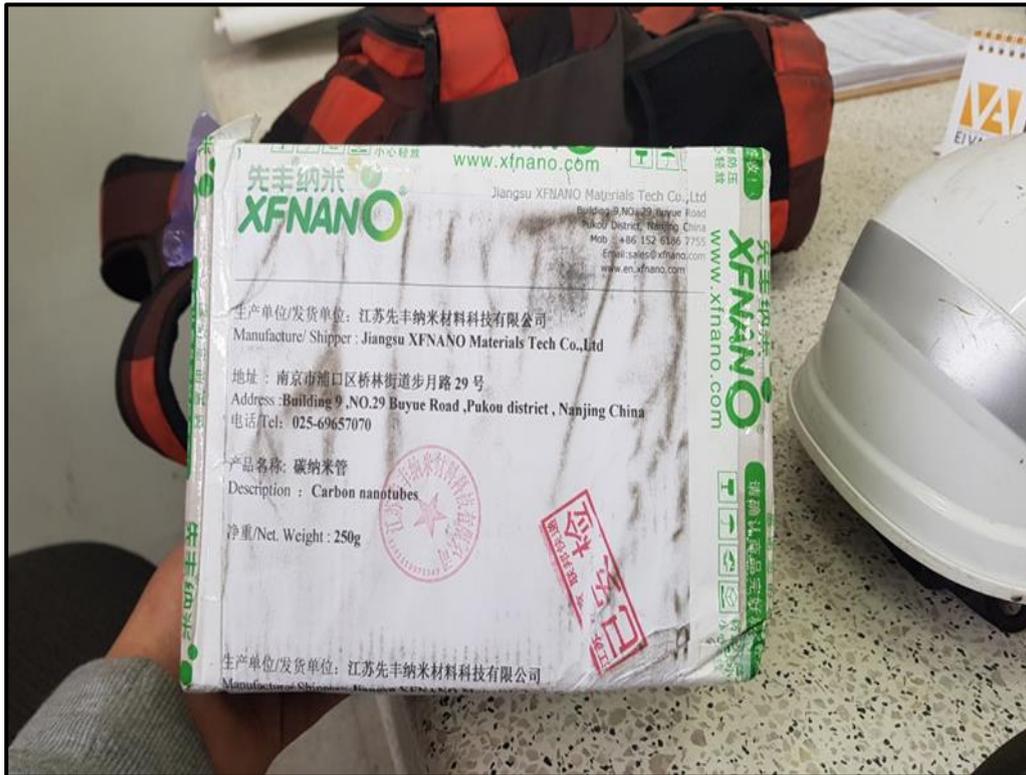
Anexo 32. Probetas en cámara de curado



Anexo 33. Probeta de concreto con 0.1% de grafeno



Anexo 34. Recepción del grafeno



Anexo 35. Traslado de las probetas a la máquina de rotura



Anexo 36. Restos de rotura de probetas



Anexo 37. Probetas en la máquina de compresión

