



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Determinación de la resistencia a compresión del concreto con adición  
de grafeno, Chiclayo, 2021.

**AUTOR:**

Choez de la Cruz, Wilmer (ORCID: 0000-0001-7621-2518)

**ASESOR:**

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: 0000-0003-0254-301X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

CHICLAYO– PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

*A Dios por su amor y sabias leyes que han direccionado mi vida y pueda concluir con éxito mi formación académica de ingeniería. A mis queridos padres por su invaluable amor, apoyo y paciencia, que han logrado que supere las dificultades presentes en el trayecto de mi vida.*

*Wilmer Choez de la Cruz*

## **Agradecimiento**

*Agradecer a los docentes por su formación académica, un agradecimiento especial a mis amigos y compañeros de trabajo, por brindarme su apoyo en el desarrollo de este trabajo de investigación.*

*Wilmer Choez de la Cruz*

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación: .....	14
3.2. Variables y Operacionalización: .....	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis: .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	17
3.5. Procedimientos: .....	17
3.6. Método de análisis de datos:.....	18
3.7. Aspectos éticos: .....	18
IV. RESULTADOS .....	20
V. DISCUSIÓN .....	36
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES .....	39
REFERENCIAS .....	40
ANEXOS.....	42

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de cemento portland sin adición. ....	9
<b>Tabla 2.</b> Propiedades físicas para agregados de peso normal.....	10
<b>Tabla 3.</b> Gradación estándar para agregado fino.....	10
<b>Tabla 4.</b> Muestra para $f'c$ 175 kgf/cm <sup>2</sup> .....	16
<b>Tabla 5.</b> Muestra para $f'c$ 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	16
<b>Tabla 6.</b> Muestra para $f'c$ 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	16
<b>Tabla 7.</b> Caracterización del agregado .....	20
<b>Tabla 8.</b> Concreto $f'c$ de diseño 175 kgf/cm <sup>2</sup> .....	21
<b>Tabla 9.</b> Concreto $f'c$ de diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	22
<b>Tabla 10.</b> Concreto $f'c$ de diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	22
<b>Tabla 11.</b> Resistencia a compresión por edad y adición de grafeno de concretos con diseño $f'c$ 175, 210 y 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	23
<b>Tabla 12.</b> Incremento en la resistencia a compresión respecto al concreto patrón para diferentes porcentajes en peso de cemento de adición de grafeno. ....	23
<b>Tabla 13.</b> Prueba de normalidad de resistencia a compresión a los 28 días.....	31
<b>Tabla 14.</b> Test de homogeneidad de las varianzas de la resistencia de compresión del concreto con edad de 28 días. ....	32
<b>Tabla 15.</b> Prueba de eta cuadrada.....	33
<b>Tabla 16.</b> Prueba ANOVA para la resistencia de compresión de concreto de edad 28 días .....	33
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey para concreto $f'c$ 175 kgf/cm <sup>2</sup> .....	35

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1.</b> Madurez vs Resistencia. ....	8
<b>Figura 2.</b> Curva de granulometría por tamizado del agregado fino .....	20
<b>Figura 3.</b> Curva de granulometría por tamizado del agregado grueso. ....	21
<b>Figura 4.</b> Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para $f'c$ diseño 175 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	24
<b>Figura 5.</b> Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con $f'c$ diseño 175 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	24
<b>Figura 6.</b> Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con $f'c$ diseño 175 kgf/cm <sup>2</sup> . ..	25
<b>Figura 7.</b> Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para $f'c$ diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	25
<b>Figura 8.</b> Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con $f'c$ diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	26
<b>Figura 9.</b> Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con $f'c$ diseño 210 kgf/cm <sup>2</sup> . ..	26
<b>Figura 10.</b> Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para $f'c$ diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	27
<b>Figura 11.</b> Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con $f'c$ diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup> . ....	27
<b>Figura 12.</b> Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con $f'c$ diseño 280 kgf/cm <sup>2</sup> . ..	28
<b>Figura 13.</b> Gráfico de la evolución con el tiempo (edad) de la resistencia a compresión de concretos con diseño $f'c$ 175, 210 y 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	29
<b>Figura 14.</b> Gráfico de resistencia de compresión de concretos con diseño 175, 210 y 280 kgf/cm <sup>2</sup> , para diferentes dosis de grafeno. ....	30

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, busca conocer el efecto en la resistencia a la compresión del concreto, la adición de grafeno, para ello, se ha elaborado probetas de concreto de 15x30 cm para resistencias de diseño 175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup> y con porcentaje en cemento de grafeno en polvo tipo industrial de 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.10%, siendo la muestra de 54 probetas por cada resistencia. El agregado fino procede de la cantera “La Victoria-Pátapo” y el agregado grueso de la cantera “Tres Tomas”, ubicados en el departamento de Lambayeque-Perú.

Los ensayos de resistencia a compresión se han realizado para las edades de 7, 14 y 28 días y se observa que para un concreto de diseño  $f'c$  175 se da un incremento en la resistencia de 13% para un porcentaje de 0.02 a la edad de 7 días pero disminuye al 1% para 28 días, mientras que para dosis de 0.04, 0.06 y 0.08% la resistencia disminuye, para un diseño  $f'c$  210, se da un incremento de 14 % para los porcentajes de 0.02, 0.04 y 0.06 % a una edad de 28 días y para  $f'c$  280 se observa que el grafeno tiene muy poca influencia en la resistencia a compresión.

Palabras clave: nanomateriales, grafeno, resistencia a la compresión

## ABSTRACT

The present research work seeks to know the effect on the compressive strength of concrete, the addition of graphene, for this, concrete specimens of 15x30 cm have been elaborated for design resistances 175, 210 and 280 kgf/cm<sup>2</sup> and with percentage in industrial-type powdered graphene cement of 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 and 0.10%, being the sample of 54 test tubes for each resistance. The fine aggregate comes from the “La Victoria-Pátapo” quarry and the coarse aggregate from the “Tres Tomas” quarry, located in the department of Lambayeque-Peru.

The compressive strength tests have been carried out for the ages of 7, 14 and 28 days and it is observed that for a concrete of design f'c 175 there is an increase in resistance of 13% for a percentage of 0.02 at age of 7 days but decreases to 1% for 28 days, while for doses of 0.04, 0.06 and 0.08% the resistance decreases, for a design f'c 210, there is an increase of 14% for the percentages of 0.02, 0.04 and 0.06 % at an age of 28 days and for f'c 280 it is observed that graphene has very little influence on compressive strength.

Keywords: nanomaterials, graphene, compressive strength

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el concreto es muy apreciado en el sector industrial de la construcción, después del agua, es el material más consumido en el mundo, pero su mayor desventaja es su naturaleza frágil, que se atribuye a su poca resistencia a la creación de grietas, baja resistencia a la tracción y capacidad de deformación. El cemento portland ordinario conserva su popularidad como material de construcción preferido de la ingeniería civil. La producción global de cemento ha excedido los 3,600 millones de toneladas debido a la masiva urbanización, especialmente en países en rápido desarrollo como la India y China (CHUAH, y otros, 2014).

Actualmente el mercado del concreto es el tercer mayor consumidor de energía industrial y ocupa el segundo lugar en la emisión de dióxido de carbono industrial en el mundo, representando el sector de edificios en conjunto con la industria de construcción de edificios el 38% de la emisión de CO<sub>2</sub> mundial relacionada con la energía, siendo necesario que los fabricantes de cemento y en el sector de edificios y construcción se implementen estrategias de materiales que reduzcan las emisiones del ciclo de vida de carbono, que en conjunto se reduzca tanto la demanda de energía como las emisiones, si desean cumplir con los objetivos climáticos del acuerdo de París respecto al Cambio Climático (UNEP, 2020).

En el Perú en lo que respecta a la producción de cemento se busca identificar nuevos materiales que sustituyan materias primas que se usan en la industria cementera, sobre todo sustituir aquellas materias primas no renovables, ejemplo de ello una alternativa es utilizar residuos y otra alternativa sustituir el Clinker en la industria del cemento, logrando con el uso de materiales alternativos disminuir la necesidad de explotación de canteras, reducir la emisión al medio ambiente de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, sin perjuicio de la producción y calidad del cemento (DGEE, 2019).

Como se puede ver el concreto está siendo muy utilizado en el sector de la construcción, por ser un componente de suma importancia en la construcción de todo tipo de infraestructura y siendo el cemento un principal insumo, está

generando que la industria cementera consuma mucha energía y por lo tanto se produzca la emisión de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero; ante esta situación, se busca reducir el consumo de cemento, proponiendo el reemplazo parcial del cemento con nanomateriales pero de tal forma que pueda modificar favorablemente su estructura atómica, logrando con ello radicalmente un nuevo concreto con mejoras en sus propiedades física y mecánicas (MUÑOZ, y otros, 2021)

A nivel local un problema que generalmente se observa en los terrenos de la costa es que estos son arenosos y el nivel del agua se encuentra casi en la superficie, resultando que las construcciones hechas de concreto convencional sean afectados por la humedad, que de manera silenciosa con los años se manifiesta en los muros como salitre, rajaduras y debilitación general de la estructura, ocasionando la disminución de la durabilidad, resistencia, propiedades físicas y químicas.

Considerando la realidad problemática descrita en el actual proyecto de investigación y considerando buscar incrementar la resistencia mecánica del concreto a la compresión para reducir el consumo de cemento, se formula la siguiente pregunta ¿Cómo afecta en la resistencia a compresión del concreto la adición de grafeno, Chiclayo, 2021?

La justificación práctica del proyecto de investigación es que busca mejorar la resistencia del concreto a la compresión, de forma práctica y sencilla con la simple incorporación del nanomaterial grafeno durante el proceso de preparación del concreto.

La justificación económica del proyecto de investigación radica, porque se busca reducir las secciones de elementos estructurales, aligerar el peso, con el efecto de disminuir los costos de construcción y mejor aprovechando del área a construir.

La justificación ambiental del proyecto de investigación, es que busca mediante concreto más resistente al convencional, reducir la proporción de cemento a utilizar en la dosificación de elementos estructurales de concreto de diferentes resistencias

actualmente utilizadas, generando como consecuencia una reducción en la emisión al medio ambiente de dióxido de carbono durante la fase de producción del cemento.

La justificación social del proyecto de investigación se da en que busca un concreto con mejores prestaciones y de mayor resistencia mecánica a la compresión que el concreto convencional, lo que permitirá construir viviendas, edificios e infraestructura civil más seguras ante eventos sísmicos y de mayor durabilidad frente a agentes del medio ambiente.

El objetivo general que se plantea para la investigación es: Determinar el efecto en la resistencia a compresión del concreto la adición de grafeno y los objetivos específicos son: Caracterizar las propiedades físicas del agregado y grafeno a ser utilizados en la elaboración del concreto con diseño  $f'c$  175, 210 y 280  $\text{kgf/cm}^2$ ; Determinar la resistencia mecánica a compresión del concreto convencional con adición de grafeno en 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08% y 0.10% en peso del cemento, para resistencia de diseño  $f'c$  175  $\text{kgf/cm}^2$ ; Evaluar la resistencia mecánica a compresión del concreto convencional con adición de grafeno en 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08% y 0.10% en peso del cemento, para resistencia de diseño  $f'c$  210  $\text{kgf/cm}^2$ ; Determinar la resistencia mecánica a compresión del concreto convencional con adición de grafeno en 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08% y 0.10% en peso del cemento, para resistencia de diseño  $f'c$  280  $\text{kgf/cm}^2$ .

La hipótesis general del proyecto de investigación es: Si se adiciona grafeno entonces se mejora la resistencia a la compresión del concreto.

## II. MARCO TEÓRICO

DEVI S.C. (2018) en su artículo científico: Efecto del óxido de grafeno sobre el rendimiento mecánico y de durabilidad del concreto, publicado en la revista *Journal of Building Engineering*, se planteó el objetivo de desarrollar un concreto nano-fortalecido con la adición de óxido de grafeno (GO) y evaluar las resistencias mecánicas a tracción y compresión. Utilizando el método modificado de Hummer para obtener el polvo de óxido de grafeno (GO) y haciendo uso de un procesador ultrasónico de alta intensidad de 500 W para dispersar el óxido de grafeno con diferentes niveles de dosis (0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08%) en una solución acuosa que contenía un superplastificante al 0,05% (bwoc), la investigación concluye que la inclusión de GO con diferentes porcentajes en peso de cemento en el desarrollo de un concreto, ha mejorado significativamente la resistencia mecánica a la compresión en (21-55%), la resistencia a la tracción en (16-38%).

DIMOV Dimitar y Otros (2018) en el trabajo de investigación: Compuestos de concreto y grafeno de nano ingeniería de ultra alto rendimiento para aplicaciones multifuncionales, publicado en la revista *Advanced Functional Materials*, con el objetivo de aumentar el rendimiento y la funcionalidad del concreto, utilizando la técnica de exfoliación fase líquida de alto cizallamiento para fabricar dispersiones de grafeno en solución acuosa, concluye que la concentración óptima de grafeno industrial (IG) es de 0,7 gL<sup>-1</sup>, obteniendo para un tiempo de curado de 7 días que tanto  $E_c$  y  $f_c$  incrementan en un 80,5% y un 146% respectivamente, y para el adiconamiento con grafeno funcionalizado (FG) el mejor performance se alcanza para 0,59 gL<sup>-1</sup>, por lo que el concreto adicionado con grafeno tiene un impacto significativo en el incremento de la resistencia mecánica a la compresión del concreto en edades tempranas. Al aumentar el tiempo de curado a 14, 21, y 28 días la resistencia de todas las muestras sigue aumentando, y el concreto adicionado con grafeno sigue siendo más resistente que el concreto estándar. Después de un curado de 28 días revela que la adición con IG se obtiene un concreto aproximadamente 26% más resistente que el concreto convencional.

MOKHTAR M.M. y otros (2016) en su artículo científico: Rendimiento mecánico, estructura de poros y características microestructurales del cemento reforzado con

nano plaquetas de óxido de grafeno (GONP), publicado en la revista materiales de construcción y edificación, con el principal objetivo de agregar un estudio extendido para investigar el papel de las GONP en la mejora de las propiedades del cemento hidratado, utiliza la técnica de Hummer modificado para sintetizar las nano plaquetas de óxido de grafeno (GONP) y la técnica de preparación de dispersión de las GONP en agua mediante un proceso de ultrasonidos a 250 vatios y una frecuencia de 20 KHz durante 20 min para asegurar una buena dispersión y prevenir la aglomeración de GONP. De acuerdo a los resultados concluye que la adición de GONP en la pasta de cemento aumenta significativamente las resistencias mecánicas a la compresión y a la tracción indirecta. La concentración de GONP al 0,02% aumentaron la resistencia mecánica a la compresión en aproximadamente un 13% y la resistencia mecánica a la tracción indirecta se incrementó en un 41% a un 0,03% en peso de GONP con respecto a la pasta de cemento de control (OPC).

CHOQUE Leopoldo (2021) en su informe de tesis para lograr el doctorado en Ingeniería Civil, titulado Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, agregando grafeno, realizado en la Univ. Nacional Federico Villarreal, con el objetivo general de optimizar en el concreto  $f'c$  de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup> sus propiedades mecánicas adicionando grafeno, realiza un diseño de mezcla por el método ACI para fabricar probetas de concreto con dosificaciones de 0,1%, 0,2%, 0.3% y 0.4% de grafeno, que luego de analizar los resultados de ensayos de laboratorio, concluye que debido a que se tuvo el control adecuado en el diseño y dosificación de mezcla agregando grafeno, se demuestre la mejora de las propiedades mecánicas respecto al diseño convencional de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que agregar grafeno al 0.4% genera un aumento de la resistencia de compresión en 34%, incrementa la resistencia mecánica a la tracción y flexión, y que por lo tanto considera que la dosificación del 0.4 % de grafeno resulta la más adecuada respecto a los resultados alcanzados con la adición de 0,1%, 0,2%, 0.3%.

BARTRA David E. (2019), en su trabajo de investigación para lograr el título en ingeniería civil, "Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> Tarapoto, 2018", en la Univ. César Vallejo, establece el objetivo de evaluar si el aditivo

nanotecnológico grafeno mejora la resistencia mecánica del concreto ( $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>) a la compresión. Utilizando el procedimiento ACI para el proporcionamiento de mezcla de concreto, prepara en total 36 muestras entre concreto patrón y concreto con incorporación de grafeno al 1, 1.5 y 2 % en peso de cemento, que luego de realizar la prueba de compresión de probetas con edades en días de 7, 14 y 28, llega a concluir que hay mejoras tanto en el concreto seco y fresco de sus propiedades físicas. La resistencia a compresión se incrementa en 10.79% respecto al concreto convencional, cuando este se dosifica al 1.00 % en grafeno, se incrementa en 11.30 % cuando se dosifica al 1.50 %, y en 17.35 % para una dosis de 2.00 % y que el mayor crecimiento de la resistencia a la compresión se da para los 7 días, también la trabajabilidad se incrementa en un 2.8% y el costo del concreto adicionado con 1.00% de grafeno en peso de cemento se incrementa en 43.12%.

CCOPA, Heber (2017), con la tesis para conseguir el título profesional en Ing. civil, Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto, en la Univ. Nacional del Altiplano, se plantea el objetivo de investigar el efecto en la trabajabilidad y resistencia del concreto a 3800 msnm cuando se le incorpora el material nanotecnológico grafeno. Utilizando la técnica de diseño de mezcla de concreto ACI, prepara 60 probetas entre concreto patrón y concreto con dosis de 0.5%, 1% y 1.5% de grafeno, para luego realizar pruebas de resistencia mecánica de compresión para edades en días de 7, 14 y 28, concluye que la resistencia de compresión para un concreto con adición de grafeno es un 26% mayor que la del concreto patrón, que la óptima dosis de grafeno es de 0.5% (peso de cemento) y que la resistencia crece con la edad del concreto, mejora el manejo del concreto (trabajabilidad) subiendo de 4.4 pulg a 5.5 pulg según el ensayo de asentamiento y el costo se incrementa en un 47% al fabricar concreto con adición de 0.5% de grafeno si lo comparamos con el concreto patrón, pero a cambio se obtiene un concreto más resistente al valor de 210kg/cm<sup>2</sup>.

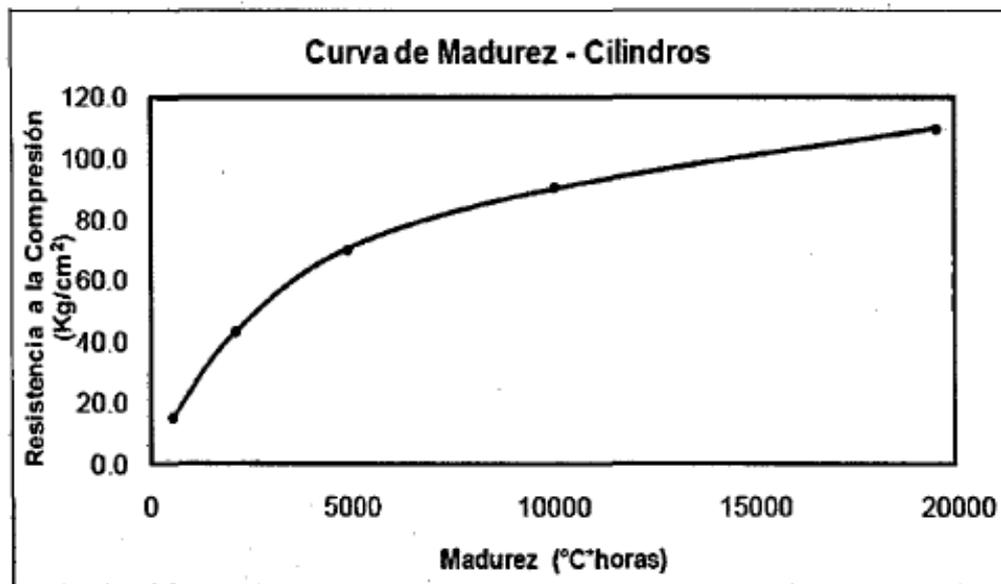
El concreto es la mezcla homogénea de material cementante, arena (agregado fino), piedra (agregado grueso) y agua. También se puede agregar aditivos según se desee propiedades específicas. El concreto cuando se encuentra en estado plástico se encofra, luego pasa por un proceso de fragua y finalmente endurece

hasta adquirir la resistencia deseada. Para conseguir un concreto de alta calidad, no solo es suficiente realizar la mezcla de componentes de buena calidad y en las adecuadas proporciones, sino que se requiere considerar otros factores que pueden afectar sus buenas propiedades, como considerar apropiados procedimientos para la mezcla, transporte, vaciado y curado del concreto. (HARMSEN, 2017)

Entre los muchos variables que afectan la resistencia del concreto independiente de la calidad y tipo de materiales que lo constituyen, se destacan los siguientes: contenido o proporción de cemento, relación agua/cemento, cantidad de aire, granulometría, forma, textura, resistencia y rigidez de las partículas que componen el agregado, tamaño máx. del agregado grueso, velocidad de fraguado, edad del concreto, curado del concreto y temperatura. Respecto a cementos tipos I, la resistencia a los 7 días es de 60 a70% respecto al de 28 días y para los 14 días es de 80-85% (SANCHEZ de Guzman, 1993).

Conociendo la madurez del concreto, variable que toma en cuenta el efecto combinado tiempo-temperatura y que se relaciona con el calor interno que genera el concreto conforme transcurre el tiempo, se puede establecer una curva que grafica el comportamiento de la resistencia vs madurez, curva que permitirá realizar predicciones de la resistencia a una edad determinada, entre las distintas funciones para modelar dicha curva, las más utilizadas son 3 tipos: función exponencial, función logarítmica y función hiperbólica, según publicación hecha por Carino en 1991, The Maturity Method. In Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, citado por (ASPILCUETA Asencios, 2015).

**Figura 1. Madurez vs Resistencia.**



Fuente: (ASPILCUETA Asencios, 2015)

El cemento que más se utiliza mundialmente es el Portland, en el Perú la norma NTP 334.009 establece los requisitos que debe cumplir y se define como un cemento hidráulico que proviene de pulverizar el clinker y enfriado con un porcentaje bajo de sulfato de calcio (yeso), en el rango de 4% y 6%. El clinker se obtiene por la calcinación (1500 °C aproximadamente) de materiales de cal, silicio, arcilla y materiales ferrosos, el cemento está constituido por los siguientes compuestos que cuando se hidratan confieren propiedades específicas al concreto: Silicato tricálcico o alita (C<sub>3</sub>S) resistencias iniciales, Silicato bicálcico o belita (C<sub>2</sub>S) resistencias tardías, responsable del curado del concreto, Aluminato tricálcico o celita (C<sub>3</sub>A) responsables del fraguado., Ferroaluminato tetracálcico o felita (C<sub>4</sub>AF) endurecimiento lento. (SAN JUAN Barrudo, y otros, 2014)

**Tabla 1. Tipos de cemento portland sin adición.**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción de uso y requerimiento de propiedades especiales</b>
I	Uso general que no necesita de propiedades especiales.
IA	Uso general, semejante al tipo I y que requiere inclusión de aire.
II	Uso general y que demanda resistencia a sulfatos moderada o moderado calor de hidratación.
IIA	Uso general que demanda agregar aire.
II (MH)	Uso que necesita resistencia a sales de ácido sulfúrico (sulfatos) y calor de hidratación moderada.
II (MH)A	Uso general + aire incorporado, resistencia a sulfatos y calor de hidratación moderada.
III	Uso que requiere inicialmente alcanzar alta resistencia (ARI).
IIIA	Uso que requiere aire incorporado y alcanzar alta resistencia inicial.
IV	Uso que demanda bajo calor de hidratación y tasa lenta de desarrollo de la resistencia.
V	Uso que necesita resistencia alta a los sulfatos.

*Fuente: Norma ASTM C150.*

Los agregados conforman alrededor del 60% y 75% del concreto en volumen (70% y 85% en masa), por tanto, tienen gran influencia en su comportamiento final, por lo se recomienda que carezcan de materiales nocivos para el concreto como: sustancias orgánicas, partículas blandas y muy finas, limo, arcilla, óxido y sulfuro de hierro, carbón mineral, calizas, cuarzo, dolomíticas, yeso. El agregado fino puede ser la arena en forma natural o piedra triturada, o la mezcla de ambas. Deben estar limpios, ser durables, duros y sin materiales contaminantes como limo, polvo, esquistos, material orgánico, pizarra y álcalis. Se le llama «agregado fino» porque las partículas que lo constituyen, de manera predominante atraviesan el tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidos en el tamiz N° 200 (75 µm) y los requisitos que debe satisfacer su gradación se muestran en la tabla 3 y la cantidad presente en el agregado fino de sustancias nocivas no debe superar los límites definidos en la norma ASTM C33/C33M-16E. El agregado grueso material compuesto de gravas dioríticas, sieníticas o graníticas; puede ser de origen natural, canto rodado o una combinación de piedra natural zarandeada y grava chancada proveniente de cauces de ríos o canteras naturales. El tamaño del agregado grueso se clasifica en

dos grupos de tamaños, un grupo de 37.5 a 19 mm (1½" a ¾") y otro de 19 mm a 4.75 mm (¾" a N° 4). El porcentaje de polvo que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200) no debe superar el 1,5%. El máximo tamaño nominal del agregado grueso viene a ser el tamaño de la criba o tamiz más pequeño por el cual pasa el agregado grueso en un 100%. Para el concreto la granulometría estándar para el agregado grueso, debe cumplir los valores límites indicados en la norma ASTM C33/C33M-16E1 y según norma ASTM C136/C136M-14 se especifica los máximos límites del contenido de sustancias perjudiciales que puede contener el agregado grueso (HARMSEN, 2017).

**Tabla 2.** Propiedades físicas para agregados de peso normal.

Propiedades		Rangos típicos	Métodos
Agregado fino -Modulo de finura (MF)		2.3 a 3.1	C136/C136M-05
Tamaño máx. nominal- agregado grueso		9.5mm a 37.5 mm 3/8" a 1-1/2"	C136
Absorción	Agreg. grueso	0.5% a 4%	C127-15
	Agreg. fino	0.23% a .0.66%	C128-15
Densidad relativa		2.3 a 2.9	C127 y C128
Peso unitario: Agreg. grueso seco y varillado		1280 a 1920 kg/m <sup>3</sup> (80 a 120 lb/pie <sup>3</sup> )	C29/C29M-17
Contenido de humedad superficial	Agreg. grueso	0% a 2%	C566-13
	Agreg. fino	0% a 10%	C566-13 y C70-13

Fuente: Boletín E1 ACI.

**Tabla 3.** Gradación estándar para agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95-100
2.36 mm (N° 8)	80-100
1.18 mm (N° 16)	50-85
600 µm (N° 30)	25-60
300 µm (N° 50)	5-30
150 µm (N° 100)	0-10
75 µm (N° 200)	0-3

Fuente: ASTM C33/C33M-16E1.

El agua tiene la función principal de hidratar el cemento en el concreto, pero a su vez mejora la trabajabilidad de la mezcla. Toda agua natural que es apropiada para el consumo humano o si es agua potable puede utilizarse en la preparación del concreto, no siendo necesario ningún ensayo. El agua tiene que estar limpia, fresca y sin abundantes sedimentos, material orgánico, aceites, sales, álcalis, ácidos y otras impurezas. La composición química del agua deberá cumplir con los límites permitidos para el contenido de sustancias químicas en el agua de mezcla de acuerdo a la norma NTP 339.088. (TORRE Carrillo, 2004).

Los aditivos son componentes químicos que según la norma peruana NTP 339.086 son sustancias que aparte del material aglomerante, agua y agregados, se agregan a la mezcla de concreto, generalmente durante el proceso buscando mejorar algunas propiedades que puede ser tanto en estado fresco como endurecido, existen varios tipos de aditivos, los más comunes son los acelerantes, reductores de agua, incorporadores de aire, aditivos minerales, etc. (TORRE Carrillo, 2004).

Son bastantes las propiedades que interesan del concreto, pero generalmente dos características principales tienen mayor importancia. Una propiedad tiene que ver con la facilidad de fluidez o consistencia del estado fresco del concreto, la otra propiedad se refiere con el nivel de resistencia que puede lograr el concreto en su estado seco. Existen relaciones entre la calidad del concreto y la proporción de sus componentes: una relaciona resistencia vs agua/cemento (Ley de Abrams); y una relación triangular entre trabajabilidad del concreto (Cono de Abrams), razón agua/cemento y dosis de cemento, analíticamente establecida por la fórmula empírica,  $C = kT^n\alpha^m$ , donde: C representa cantidad de cemento (kg/m<sup>3</sup>);  $\alpha$  razón agua/cemento (l/kg) y T revenimiento o asentamiento (cm); k, n, m parámetros, que dependen de parámetros como la calidad del cemento y agregados, inclusión de aditivos y otros. (PORRERO, y otros, 2014)

Generalmente la resistencia mecánica del concreto a la compresión se consigue con la prueba de rotura de probetas de Ø 6" por 12" de altura. Las probetas se cargan axialmente a un ritmo lento de deformación y lograr la máxima deformación entre 2 minutos o 3. De esta prueba se consigue una curva, que relaciona esfuerzo (fuerza de compresión / unidad de área) vs deformación (reducción de longitud /

unidad de longitud), hasta aproximadamente un 40% de la máxima carga la curva es recta y el concreto en esta zona recta se comporta elásticamente y el colapso generalmente se da con una menor carga que la carga máxima. En la prueba de probetas de un concreto convencional, la máxima carga se alcanza cuando la deformación unitaria es aproximadamente 0.002. La resistencia del concreto crece con la edad, con la velocidad de carga y disminuye con la tasa agua/cemento, la esbeltez, la rapidez de deformación, y tamaño de la probeta. (MORALES, 2006)

Para el cálculo del diseño de proporcionamiento o mezcla del concreto, las características físicas que se requiere conocer tanto del agregado grueso y fino son: análisis de granulometría, peso específico, peso unitario suelto y varillado, porcentajes de humedad - absorción, textura y perfil; del cemento se requiere conocer marca, tipo y peso específico. La secuencia para la proporción del diseño de mezcla, se puede resumir como sigue: se elige la resistencia media del concreto  $f'_{cr}$ , asentamiento (slump), máximo tamaño del agregado grueso, calculo estimado del agua y aire, elección de la tasa agua/cemento, estimación del peso de cemento, cálculo de los pesos de agregado fino como grueso, corrección por humedad, corrección por absorción, cálculo de proporciones por peso, volumen y tanda (HUANCA, 2006).

El grafeno es un nuevo material bidimensional nanométrico compuesto de átomos de carbono unidos fuertemente conformando una superficie uniforme y plana, que presenta ondulaciones, del grosor de 01 átomo de carbono (0.1 nm), con una configuración atómica hexagonal de apariencia semejante a una capa de panal de abejas, el grafeno se obtuvo en 2004 del grafito por exfoliación micromecánica, Rodríguez G (2008). El grafeno se puede ver en distintas formas derivados del grafito como: GO (óxido de grafeno), GNP (nano plaquetas de grafeno), GNR (nano cintas de grafeno), rGO (óxido de grafeno reducido), GQD (puntos cuánticos de grafeno) y también elementos potenciados por grafeno como tinta de grafeno, masterbatches de grafeno, etc. Se han desarrollado varios métodos para su síntesis, entre ellos: deposición química de vapor (CVD), escisión mecánica del grafito natural y métodos químicos. El método CVD es muy útil para la producción de grafeno puro y de una sola capa, mientras que el método químico de oxidación-

reducción (método Hummer) es uno de los enfoques más simples y económicos para la producción de grafeno y sus derivados. (TIWARI, y otros, 2020)

El grafeno es casi totalmente transparente y muy denso, que ni el helio lo atraviesa; supera en dureza al diamante y comparado con el acero es 200 veces más resistente, con un módulo de Young de 1 TPa (150.000.000 psi) y una resistencia intrínseca a la tracción de 130,5 GPa; es tan ligero como las fibras de carbono, pero más flexible (GARCIA, 2013).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

##### Tipo de investigación:

La investigación que se desarrolla es básica, puesto que se ha adquirido mediante ensayos experimentales en laboratorio, nuevos conocimientos sobre una propiedad mecánica, la resistencia a compresión del concreto con adición de grafeno.

##### Diseño de investigación:

El diseño utilizado es experimental puro, porque se manipuló intencionalmente la variable independiente (adición de grafeno), bajo un entorno controlado de otros parámetros, para observar su consecuencia en la variable dependiente (resistencia a compresión del concreto).

GE (I):	X	O
GC (I):	-	O

##### Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque desarrolla una serie de procesos de forma secuencial para la prueba de una hipótesis previamente formulada y obtener de manera objetiva nuevo conocimiento sobre una propiedad mecánica del concreto, mediante un proceso deductivo a datos numéricos, recolectados mediante medición utilizando instrumentos estandarizados válidos y confiables y aplicando un análisis con métodos estadísticos.

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

#### **Variable Independiente**

**Adición de grafeno:** Las adiciones son materiales finamente divididos utilizados en el concreto para mejorar ciertas propiedades o para lograr propiedades especiales (BRITISH STANDARD, 2000). Grafeno: Nanomaterial bidimensional de átomos de carbono.

#### **Variable dependiente**

**Resistencia a la compresión del concreto:** Propiedad del concreto referente a resistir un proceso de aplastamiento. (HERNANDEZ, y otros, 2018)

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población**

La población para el actual trabajo de investigación son todas las probetas de concreto que se puedan elaborar adicionando grafeno.

#### **Muestra**

La muestra para cada resistencia de compresión de diseño de concreto está constituida por 9 probetas para el concreto patrón de las cuales 3 han sido curados por 7 días, 3 por 14 días y 3 por 28 días, de forma similar por cada concreto adicionado con grafeno en la proporción de 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08% y 0.10% en peso de cemento, resultando 54 probetas por cada resistencia de diseño, haciendo un total de 162 probetas para las tres resistencias de compresión de diseño.

**Tabla 4.** Muestra para  $f'c$  175 kgf/cm<sup>2</sup>

Dosis	Edades			Sub Total
	7 días	14 días	28 días	
Concreto patrón	3	3	3	9
Concreto % 0.02 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.04 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.06 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.08 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.10 grafeno	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>				<b>54</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 5.** Muestra para  $f'c$  210 kgf/cm<sup>2</sup>

Dosis	Edades			Sub Total
	7 días	14 días	28 días	
Concreto patrón	3	3	3	9
Concreto % 0.02 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.04 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.06 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.08 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.10 grafeno	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>				<b>54</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 6.** Muestra para  $f'c$  280 kgf/cm<sup>2</sup>

Dosis	Edades			Sub Total
	7 días	14 días	28 días	
Concreto patrón	3	3	3	9
Concreto % 0.02 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.04 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.06 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.08 grafeno	3	3	3	9
Concreto % 0.10 grafeno	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>				<b>54</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Muestreo**

El muestreo para la realización del trabajo de investigación es del tipo probabilística aleatoria simple.

## **Unidad de análisis**

Probeta de concreto con porcentaje de adición de grafeno

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

La técnica utilizada para el desarrollo de la investigación fue la de observación, porque los datos se obtuvieron realizando diversos ensayos de laboratorio.

Técnica : Observación.

Instrumento : Ficha de observación.

Mediante fichas de observación se registró datos de pruebas de laboratorio de caracterización física del agregado y datos del ensayo para determinar el esfuerzo a la compresión del concreto.

### **3.5. Procedimientos:**

**Primero:** Se adquirió el material necesario para la fabricación del concreto: agregado grueso (piedra chancada) de la cantera “Tres Tomas” y agregado fino de cantera “La Victoria”-Pátapo Chiclayo; importación de grafeno vía internet y compra de cemento en tienda proveedora de material de construcción.

**Segundo:** Se conto con los servicios de la empresa J & C del rubro mecánica de suelos concreto y asfalto, para la ejecución de las pruebas y ensayos al agregado y concreto.

**Tercero:** Realización de pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas del agregado fino y grueso: Porcentaje de humedad, peso específico y absorción, peso unitario y granulometría.

**Cuarto:** Diseño de proporción o mezcla de concreto convencional  $f'c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI.

**Quinto:** Preparación del concreto de acuerdo al diseño de mezcla, utilizando un mezclador eléctrico tipo trompo de 1.14 HP 210 Litros para la mezcla de todos los ingredientes del concreto, el grafeno en polvo primeramente se diluyo en agua mediante una batidora eléctrica de 800 watts, posteriormente se hizo el vaciado en moldes cilíndricos de fierro de 15 x30 cm para la confección de las probetas, que luego del desencofrado se sometieron al curado por 7, 14 y 28 días.

**Sexto:** Realización de la prueba de resistencia axial de compresión de las probetas de concreto para edades 7, 14 y 28 días, utilizando una prensa de compresión hidráulica.

**Séptimo:** Procesamiento, análisis estadístico y presentación de resultados con apoyo de programas informáticos.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

El proceso de análisis de la información se realizó con la ayuda de los programas de computación Excel y SPSS, que permitió el registro ordenado de datos, verificación de validez de datos, elaboración de cuadros y gráficos, análisis estadístico descriptivo mediante el uso de estadísticos de tendencia central y dispersión y análisis de varianza de medias, todo lo cual permitió realizar exitosamente el proceso de análisis de la información como de interpretación de resultados.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Los criterios éticos tomados en consideración, fueron conforme al código de ética para la investigación de la Universidad César Vallejo. Según este código ético de

investigación, los principios generales éticos considerados en el desarrollo del trabajo de investigación son el respeto por las personas tanto en su autonomía, como en su integridad, búsqueda de rigor científico, competencia profesional y científica, bienestar, honestidad, justicia y responsabilidad. Asimismo, se respetó en lo que se refiere a la política anti plagio que dice: los investigadores en su trabajo deben citar correctamente las fuentes de consulta, de acuerdo a los estándares de publicación internacional, conforme a su campo disciplinar o como lo requiera la universidad César Vallejo.

También este proyecto de investigación tuvo en cuenta el código de Ética del Colegio de ingenieros, código que establece los principios: honestidad, responsabilidad, dedicación y profesionalismo que el ingeniero debe aplicar en el entorno social, con colegas, público, cuando ejerza su profesión. Los primeros artículos indican: “Los ingenieros deben estar al servicio social, por lo tanto, tiene el deber de ayudar con el bienestar humano, considerando que la seguridad es de suma importancia y la utilización de los recurso de forma adecuada en el ejercicio de sus trabajos profesionales” y “Los profesiones en ingeniería velaran que el recurso económico, humano, natural y material, se utilicen de forma racional y adecuada, no permitiendo abusos, gasto excesivo, respetando y haciendo cumplir las normas medio ambientales.”

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de agregados

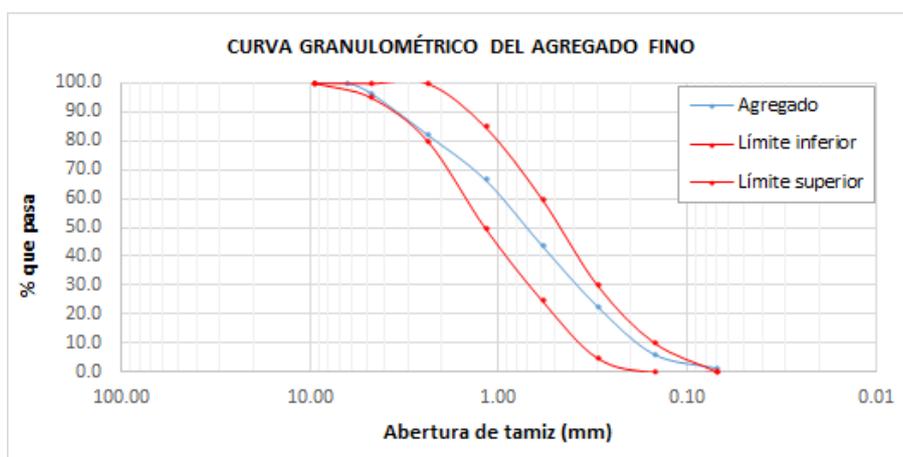
La caracterización física del agregado grueso piedra chancada de la cantera tres tomas y agregado fino arena de la cantera La victoria-Pátapo utilizado para el diseño y elaboración del concreto, se detalla en la Tabla 7 y en las curvas granulométricas ver Figura 2 y Figura 3.

**Tabla 7.** Caracterización del agregado

Propiedad física	Agregado fino	Agregado grueso
Contenido de humedad (%)	1.8	0.20
Absorción (%)	0.9	1.550
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.599	2.618
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1665	1390
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1757	1595
Módulo de fineza	2.82	---
Tamaño máximo nominal (pulgada)	---	3/4

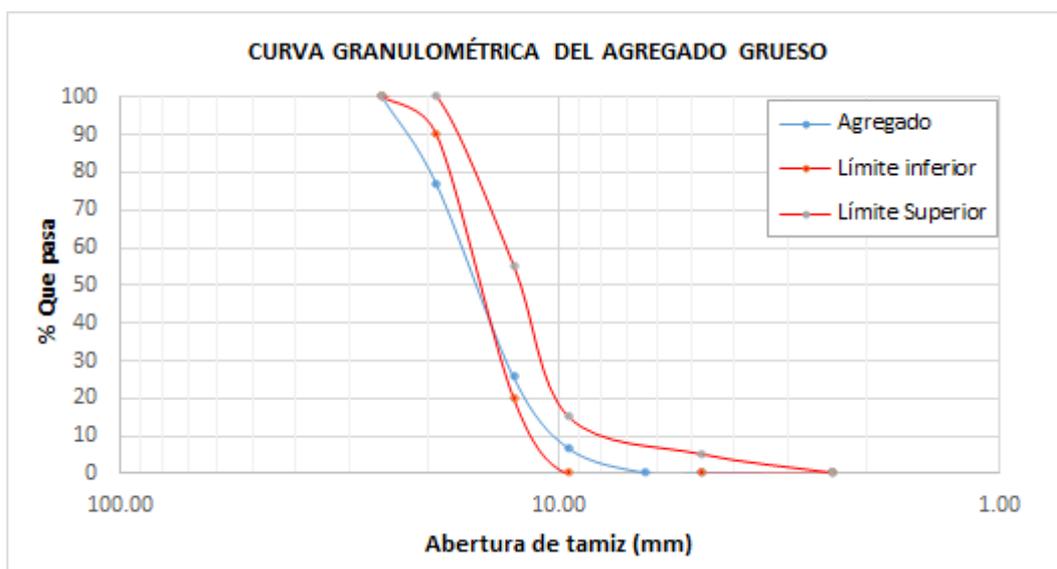
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Curva de granulometría por tamizado del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.** Curva de granulometría por tamizado del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla de concreto se ha realizado utilizando el método ACI, la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10 detallan las proporciones de los materiales a usar para la fabricación de un concreto convencional de diseño  $f'c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup> y concreto con adición de grafeno con porcentaje respecto al cemento de 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.10%.

**Tabla 8.** Concreto  $f'c$  de diseño 175 kgf/cm<sup>2</sup>

Materiales	Und.	Patrón	Adición de grafeno				
			0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%
Cemento	Kg/m <sup>3</sup>	326	325.9	325.8	325.7	325.6	325.5
Agua	L/m <sup>3</sup>	211	211	211	211	211	211
Ag. fino	Kg/m <sup>3</sup>	778	778	778	778	778	778
Ag. grueso	Kg/m <sup>3</sup>	988	988	988	988	988	988
Grafeno	g/m <sup>3</sup>	---	65.2	130.3	195.4	260.5	325.5

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9.** Concreto  $f'c$  de diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>

Materiales	Und.	Patrón	Adición de grafeno				
			0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%
Cemento	Kg/m <sup>3</sup>	367	366.9	366.8	366.7	366.6	366.5
Agua	L/m <sup>3</sup>	212	212	212	212	212	212
Ag. fino	Kg/m <sup>3</sup>	743	743	743	743	743	743
Ag. grueso	Kg/m <sup>3</sup>	988	988	988	988	988	988
Grafeno	g/m <sup>3</sup>	---	73.4	146.7	220	293.3	366.5

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.** Concreto  $f'c$  de diseño 280 kgf/cm<sup>2</sup>

Materiales	Und.	Patrón	Adición de grafeno				
			0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%
Cemento	Kg/m <sup>3</sup>	440	439.9	439.8	439.6	439.5	439.4
Agua	L/m <sup>3</sup>	212	212	212	212	212	212
Ag. fino	Kg/m <sup>3</sup>	683	683	683	683	683	683
Ag. grueso	Kg/m <sup>3</sup>	988	988	988	988	988	988
Grafeno	g/m <sup>3</sup>	---	88	175.9	263.8	351.6	439.4

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Ensayo de resistencia mecánica a compresión

Las pruebas de compresión axial se hicieron a probetas de concreto cilíndricas de 15 x30 cm, elaborados de acuerdo al diseño de mezcla para concreto  $f'c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>, y que fueron curados por el lapso de 7, 14 y 28 días, los datos del ensayo se muestran en la Tabla 11 y los incrementos de resistencia respecto al concreto patrón del concreto con adición de grafeno se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 11.** Resistencia a compresión por edad y adición de grafeno de concretos con diseño  $f'_c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>

Edad días	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )					
	Patrón	0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%
Concreto $f'_c$ 175						
7	231	262	247	200	190	257
14	277	298	281	237	225	288
28	340	344	309	284	258	326
Concreto $f'_c$ 210						
7	265	317	306	323	264	262
14	322	364	360	356	297	301
28	350	404	387	405	367	353
Concreto $f'_c$ 280						
7	303	308	314	323	294	322
14	348	353	345	353	357	363
28	409	417	393	413	404	408

Fuente: Elaboración propia.

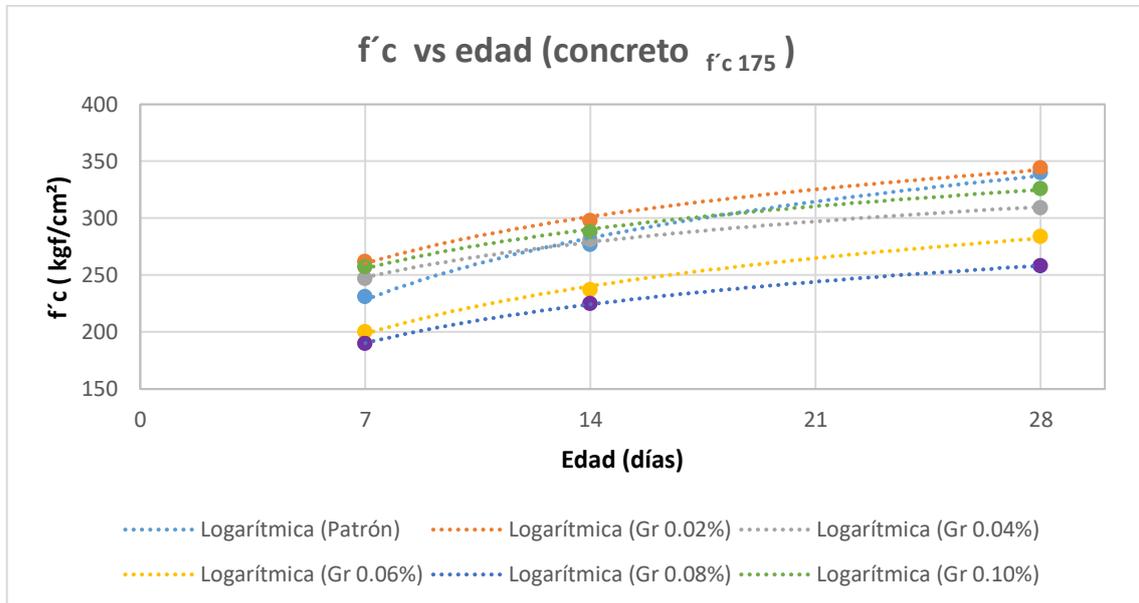
**Tabla 12.** Incremento en la resistencia a compresión respecto al concreto patrón para diferentes porcentajes en peso de cemento de adición de grafeno.

Edad días	Incremento de la resistencia respecto al patrón				
	0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%
Concreto $f'_c$ 175					
7	13	7	-13	-18	11
14	8	1	-14	-19	4
28	1	-9	-16	-24	-4
Concreto $f'_c$ 210					
7	20	15	22	0	-1
14	13	12	11	-8	-7
28	15	11	16	5	1
Concreto $f'_c$ 280					
7	2	4	7	-3	6
14	1	-1	1	3	4
28	2	-4	1	-1	0

Fuente: Elaboración propia.

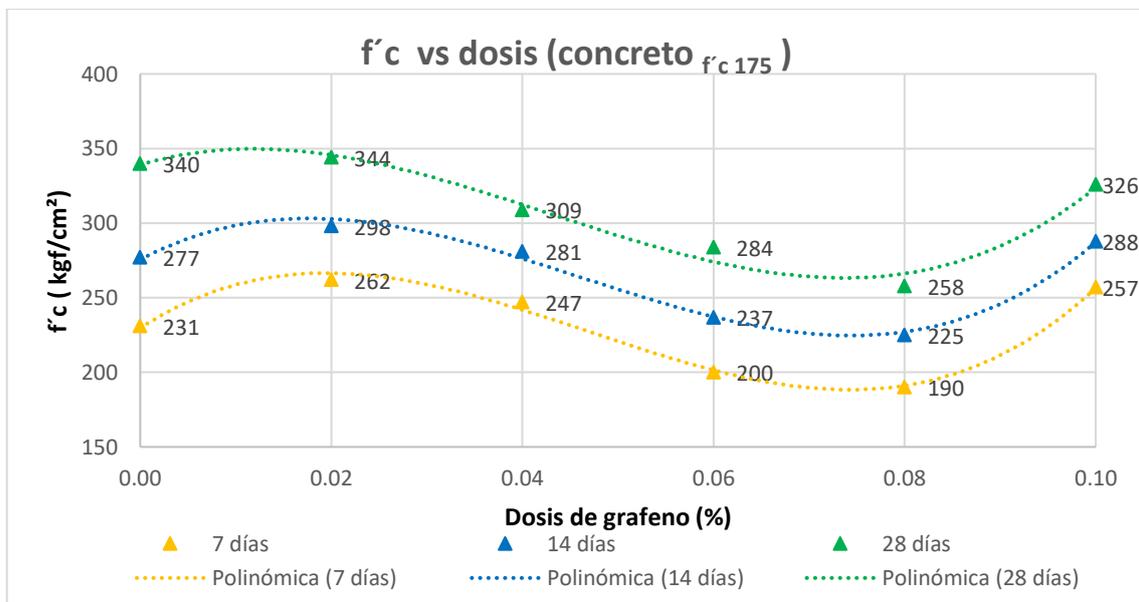
#### 4.3.1. Concreto de diseño $f'c$ 175 Kgf/cm<sup>2</sup>

**Figura 4.** Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para  $f'c$  diseño 175 kgf/cm<sup>2</sup>.



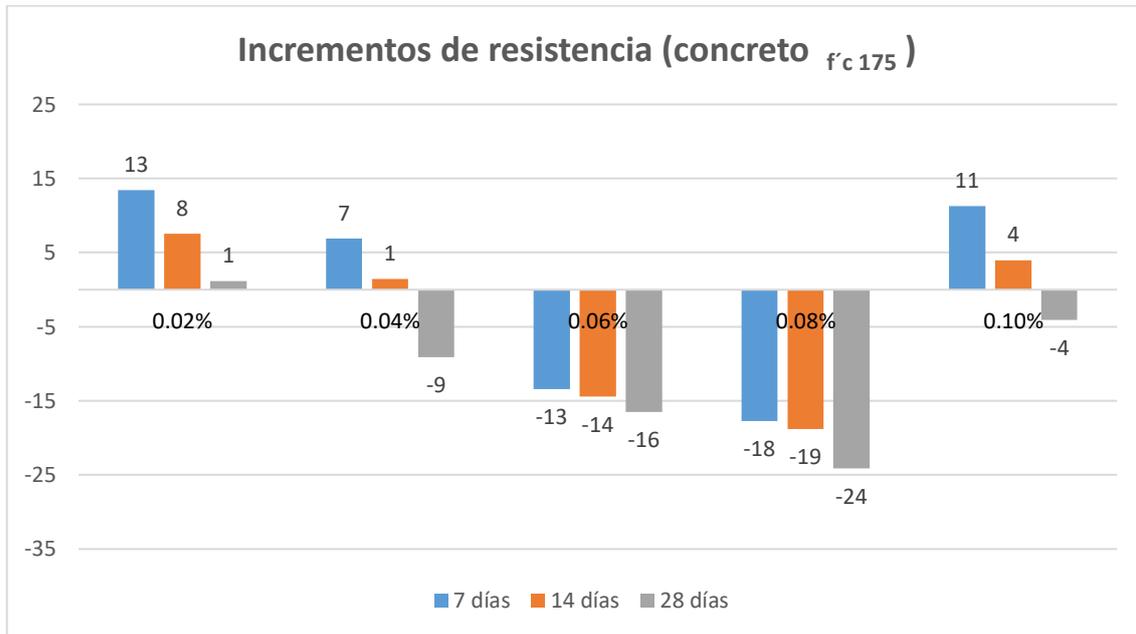
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5.** Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con  $f'c$  diseño 175 kgf/cm<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

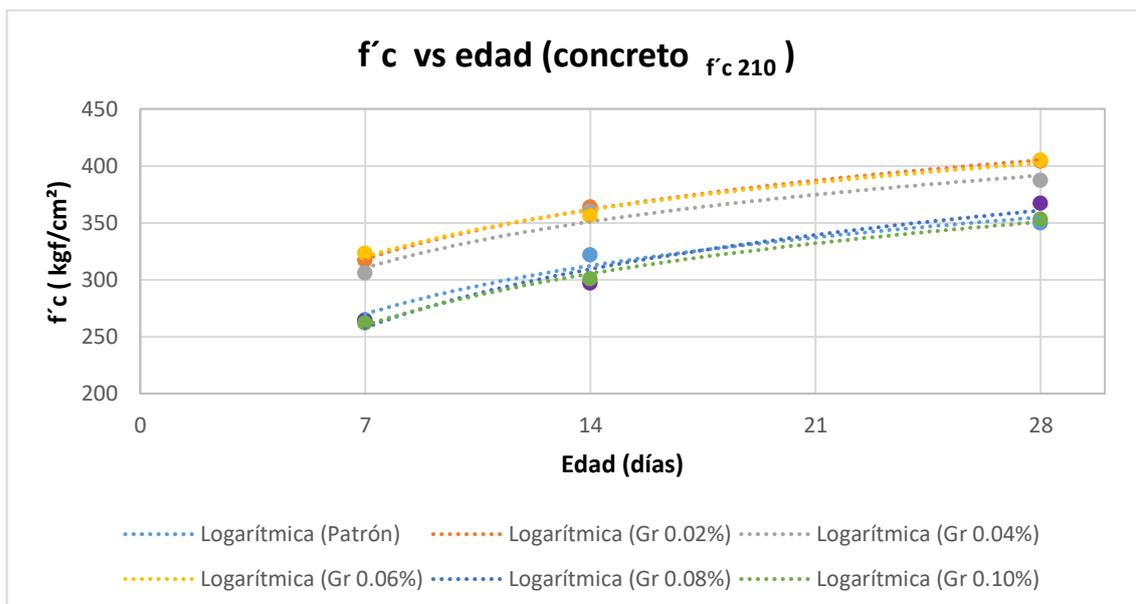
**Figura 6.** Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con  $f'_c$  diseño 175 kgf/cm<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

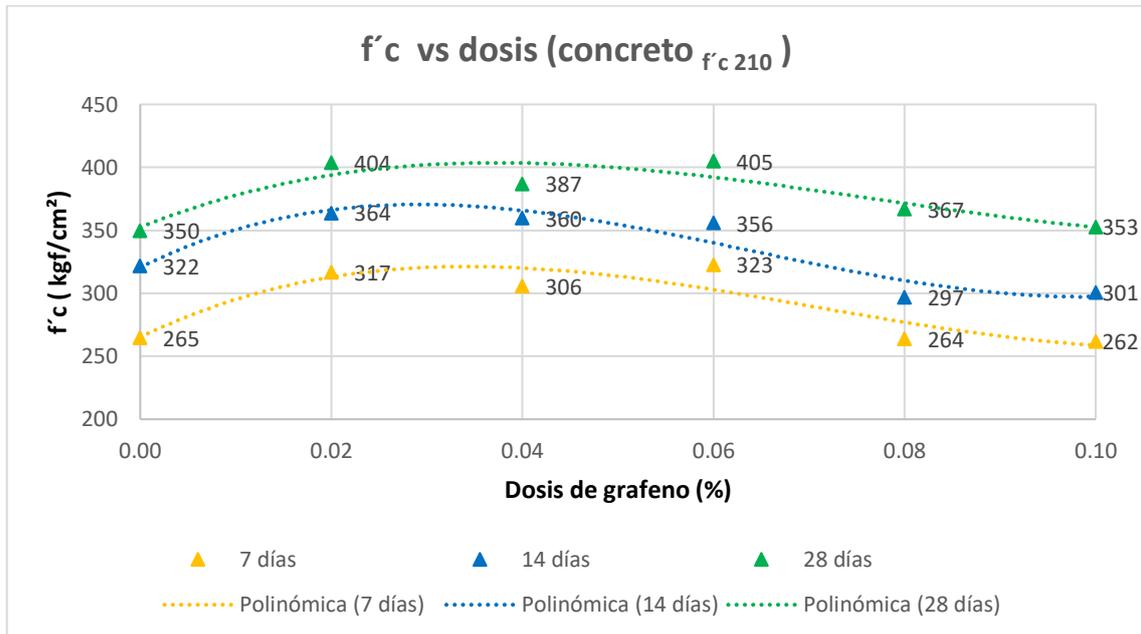
#### 4.3.2. Concreto de diseño $f'_c$ 210 Kgf/cm<sup>2</sup>

**Figura 7.** Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para  $f'_c$  diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>.



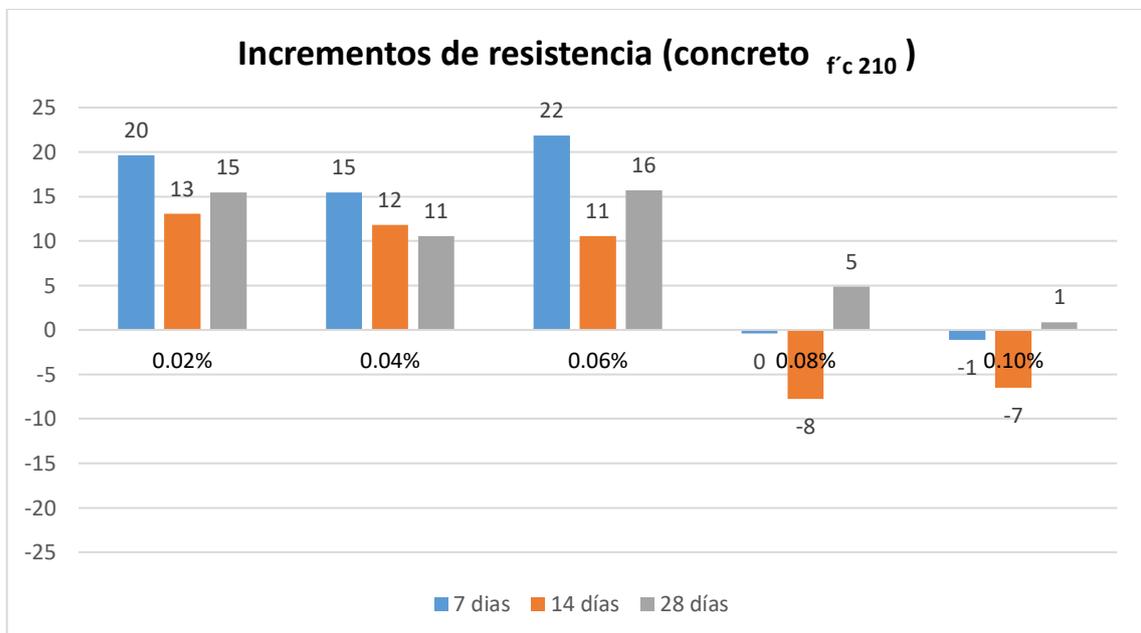
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8.** Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con  $f'_c$  diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

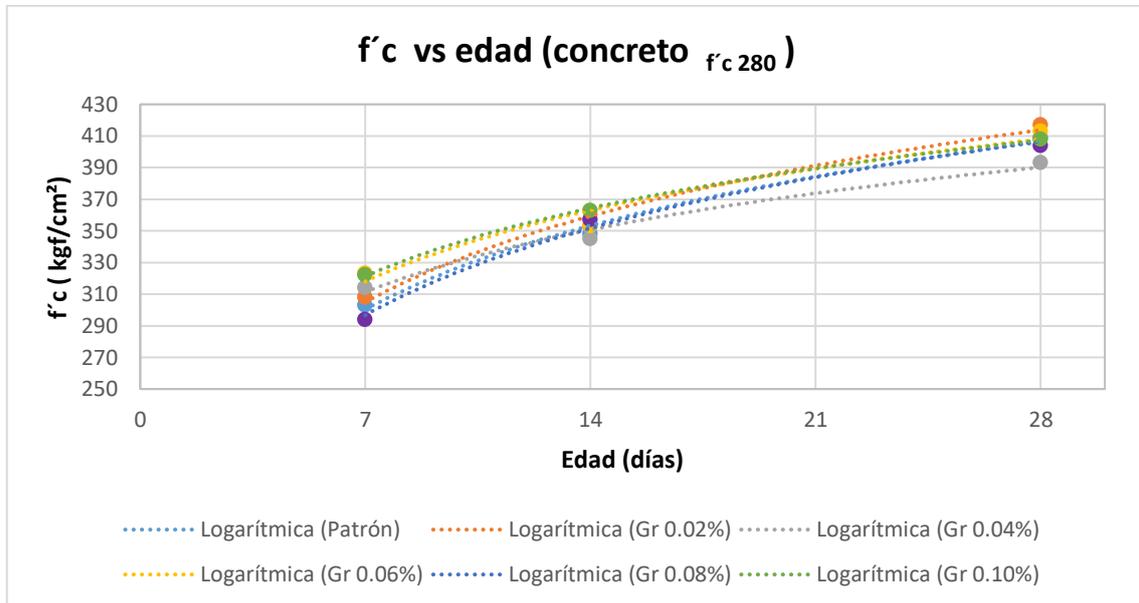
**Figura 9.** Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con  $f'_c$  diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

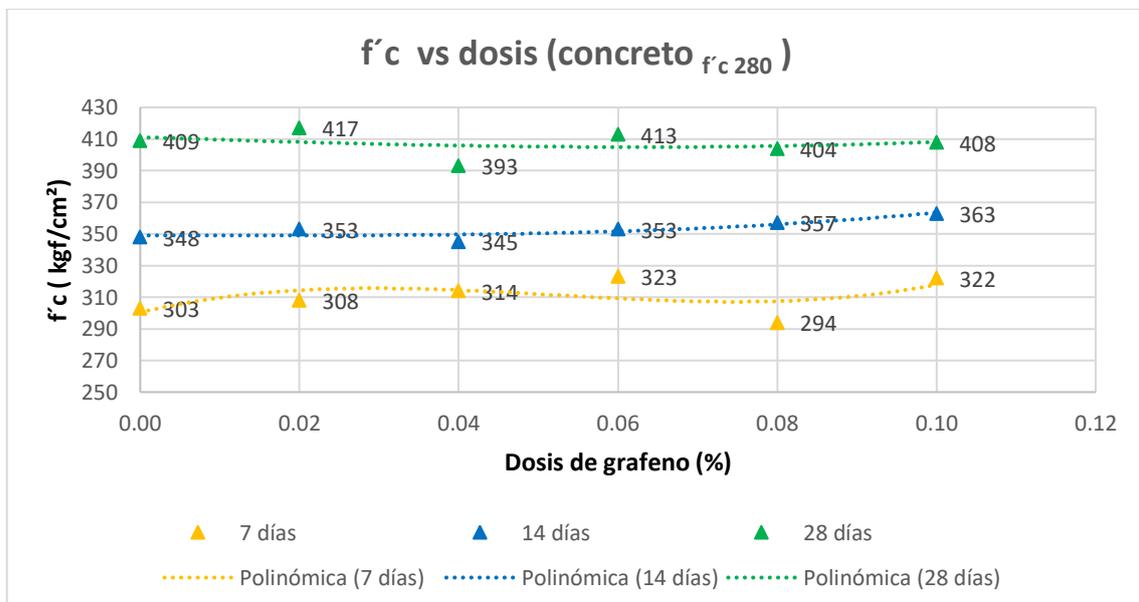
### 4.3.3. Concreto de diseño $f'_c$ 280 Kgf/cm<sup>2</sup>

**Figura 10.** Resistencia de compresión vs edad del concreto convencional (patrón) y con adición de grafeno para  $f'_c$  diseño 280 kgf/cm<sup>2</sup>.



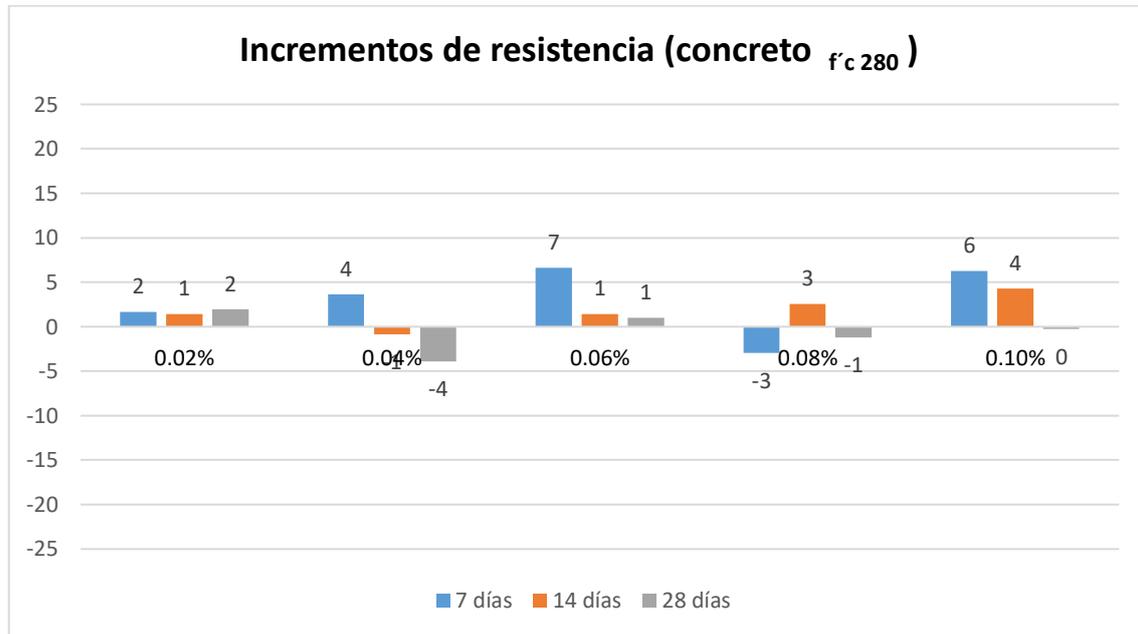
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11.** Resistencia de compresión vs porcentaje de dosificación de grafeno a concreto con  $f'_c$  diseño 280 kgf/cm<sup>2</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12.** Incremento que presenta la resistencia a la compresión de concreto adicionado con grafeno respecto al concreto patrón con  $f'c$  diseño 280 kgf/cm<sup>2</sup>.

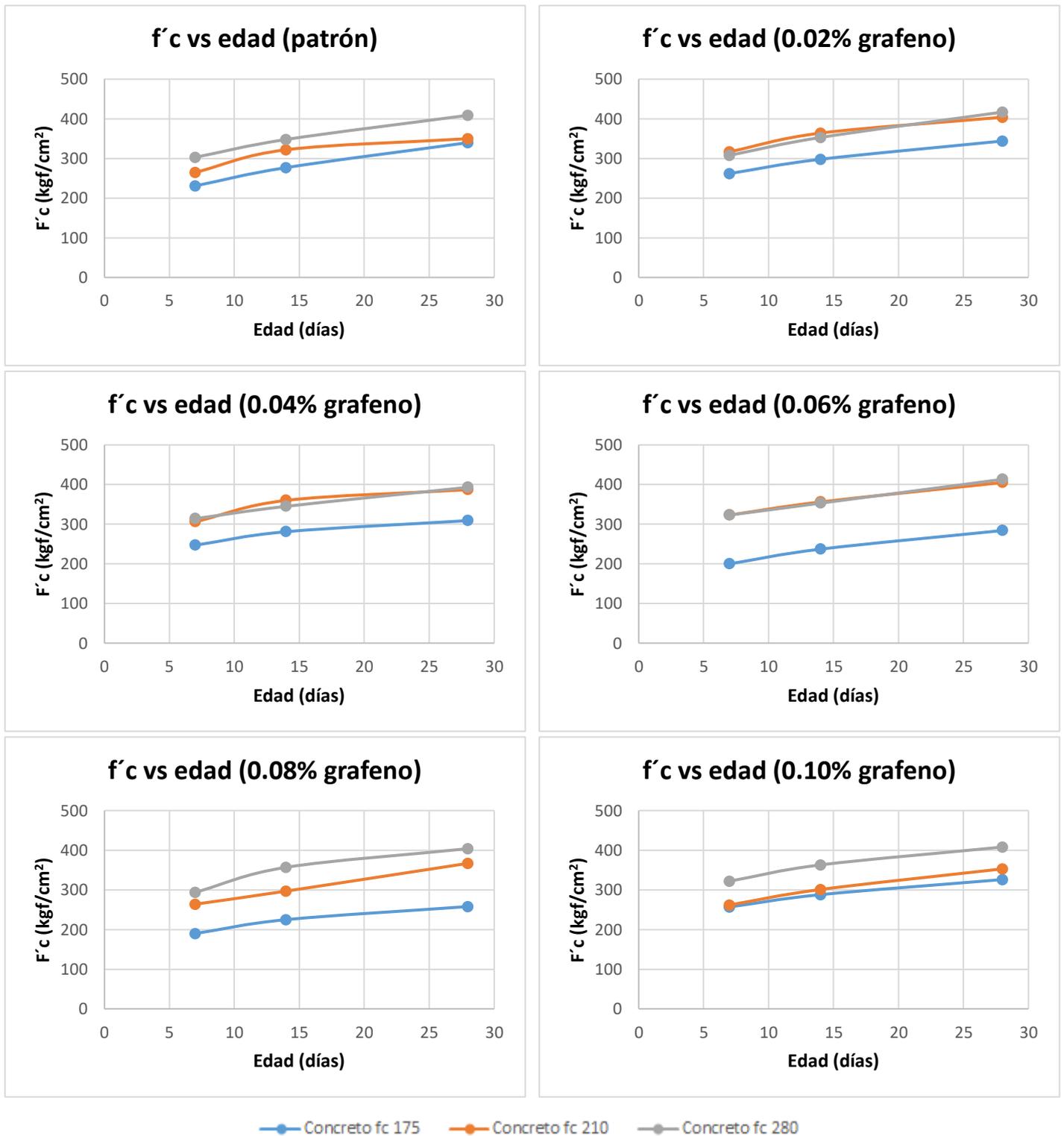


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Comparación entre las resistencias a compresión obtenidos de los ensayos a concretos de diseño 175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>

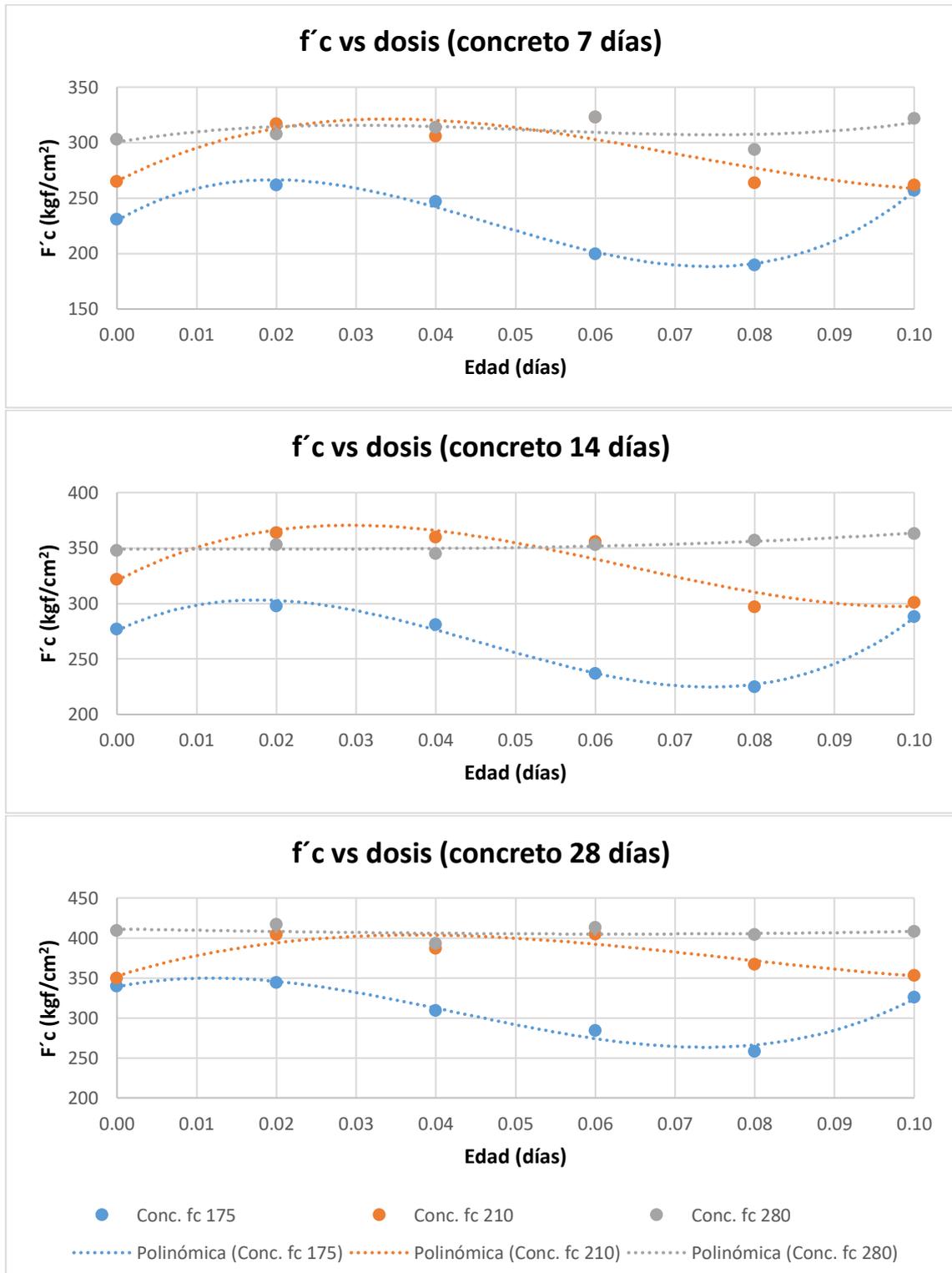
Utilizando los valores obtenidos de las pruebas a compresión y que se ha consolidado en la Tabla 11, se ha elaborado las curvas resistencia vs edad, ver Figura 13 y las curvas resistencia vs dosis de grafeno ver Figura 14, con el objetivo de visualizar de manera conjunta el comportamiento en la resistencia de compresión por la adición de grafeno para concreto con diseño  $f'c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 13.** Gráfico de la evolución con el tiempo (edad) de la resistencia a compresión de concretos con diseño  $f'c$  175, 210 y 280  $\text{kgf/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.** Gráfico de resistencia de compresión de concretos con diseño 175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>, para diferentes dosis de grafeno.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Análisis estadístico de la resistencia de compresión

##### 4.4.1. Prueba de normalidad

Hipótesis

H0: La curva resistencia vs edad es del tipo normal ( $p > 0.05$ )

H1: La curva resistencia vs edad no es del tipo normal ( $p < 0.05$ )

Nivel de significancia: 0.05

Si Sig. > 0,05 H0 se acepta

Si Sig. < 0,05 H0 se rechaza

**Tabla 13.** Prueba de normalidad de resistencia a compresión a los 28 días

Dosificación de grafeno		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión Concreto f'c175	0.00%	.897	3	.375
	0.02%	.839	3	.211
	0.04%	1.000	3	.976
	0.06%	.793	3	.098
	0.08%	1.000	3	.995
	0.10%	.948	3	.559
Resistencia a la compresión Concreto f'c210	0.00%	.876	3	.312
	0.02%	.927	3	.478
	0.04%	.811	3	.142
	0.06%	.979	3	.720
	0.08%	.789	3	.089
	0.10%	.949	3	.566
Resistencia a la compresión Concreto f'c280	0.00%	.767	3	.037
	0.02%	.994	3	.853
	0.04%	.974	3	.690
	0.06%	.974	3	.689
	0.08%	1.000	3	.989
	0.10%	.882	3	.329

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que el nivel de significancia de la Tabla 13, es mayor en todos los casos a 0.05, excepto para el concreto patrón f'c 280 kgf/cm<sup>2</sup>, se puede generalizar que las curvas de resistencia vs dosis de grafeno, presentan una distribución normal a los 28 días.

#### 4.4.2. Prueba de homocedasticidad

Hipótesis

H0: La curva resistencia vs edad presenta homocedasticidad ( $p > 0.05$ )

H1: La curva resistencia vs edad no presenta homocedasticidad ( $p < 0.05$ )

Nivel de significancia: 0.05

Si Sig.  $> 0,05$  H0 se acepta

Si Sig.  $< 0,05$  H0 se rechaza

**Tabla 14.** Test de homogeneidad de las varianzas de la resistencia de compresión del concreto con edad de 28 días.

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a la compresión Concreto f'c 175	2.205	5	12	.122
Resistencia a la compresión Concreto f'c 210	3.466	5	12	.036
Resistencia a la compresión Concreto f'c 280	3.218	5	12	.045

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de significancia de la Tabla 14, solo es mayor a 0.05 para el concreto f'c 175 kgf/cm<sup>2</sup>, por lo que los valores de la resistencia de compresión de concreto de 28 días para el diseño de f'c 175 presentan una distribución homogénea en sus varianzas para cada dosis de grafeno, no así para f'c 210 y 280, por lo tanto, se analizara para que grupos de dosis se presenta diferencia en la resistencia a compresión del concreto f'c 175.

#### 4.4.3. Prueba eta cuadrada

Eta cuadrada: 0.01 pequeña, 0.06 mediana, 0.14 grande

**Tabla 15.** Prueba de eta cuadrada

Medidas de asociación		
	Eta	Eta cuadrada
Resistencia a la compresión Concreto f'c175 * Dosificación de grafeno	.950	.903

*Fuente: Elaboración propia.*

Como eta cuadrada es mayor que 0.14, para el concreto f'c 175, entonces existe diferencias grandes entre la resistencia a compresión de concreto y la dosis de grafeno, por lo que se procede a realizar la prueba de ANOVA para ver con que dosis se presentan las diferencias estadísticamente significativas.

#### 4.4.4. Prueba ANOVA

Hipótesis

H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia de compresión y el % de dosis de grafeno.

H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia de compresión y el % de dosis de grafeno.

Nivel de significancia: 0.05

Si Sig. > 0,05 H0 se acepta

Si Sig. < 0,05 H0 se rechaza

**Tabla 16.** Prueba ANOVA para la resistencia de compresión de concreto de edad 28 días

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión Concreto f'c 175	Entre grupos	17100.833	5	3420.167	22.372	.000
	Dentro de grupos	1834.538	12	152.878		
	Total	18935.371	17			

*Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo al test ANOVA se verifica que el nivel de significancia para un concreto  $f'c$  175 kgf/cm<sup>2</sup> es menor a 0.05, entonces se concluye que para este tipo de concreto existen diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia de compresión y el % de dosis de grafeno, por lo que se realizara la siguiente prueba para determinar que grupos (dosis) presentan diferencias en la resistencia a compresión.

#### **4.4.5. Prueba de tukey**

Hipótesis

- H0: No existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo X y el grupo Y.
- H1: Si existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo X y el grupo Y.

Nivel de significancia: 0.05

Si Sig. > 0,05 H0 se acepta

Si Sig. < 0,05 H0 se rechaza

**Tabla 17. Prueba de Tukey para concreto f'c 175 kgf/cm2**

Variable dependiente	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
Resistencia a la compresión Concreto f'c175	0.00% 0.02%	-3.51000	10.09548	.999	-37.4199	30.3999
	0.04%	31.19333	10.09548	.078	-2.7166	65.1033
	0.06%	56.29667*	10.09548	.001	22.3867	90.2066
	0.08%	82.39000*	10.09548	.000	48.4801	116.2999
	0.10%	14.51333	10.09548	.706	-19.3966	48.4233
	0.02% 0.00%	3.51000	10.09548	.999	-30.3999	37.4199
	0.04%	34.70333*	10.09548	.044	.7934	68.6133
	0.06%	59.80667*	10.09548	.001	25.8967	93.7166
	0.08%	85.90000*	10.09548	.000	51.9901	119.8099
	0.10%	18.02333	10.09548	.508	-15.8866	51.9333
	0.04% 0.00%	-31.19333	10.09548	.078	-65.1033	2.7166
	0.02%	-34.70333*	10.09548	.044	-68.6133	-.7934
	0.06%	25.10333	10.09548	.202	-8.8066	59.0133
	0.08%	51.19667*	10.09548	.003	17.2867	85.1066
	0.10%	-16.68000	10.09548	.583	-50.5899	17.2299
	0.06% 0.00%	-56.29667*	10.09548	.001	-90.2066	-22.3867
	0.02%	-59.80667*	10.09548	.001	-93.7166	-25.8967
	0.04%	-25.10333	10.09548	.202	-59.0133	8.8066
	0.08%	26.09333	10.09548	.175	-7.8166	60.0033
	0.10%	-41.78333*	10.09548	.013	-75.6933	-7.8734
0.08% 0.00%	-82.39000*	10.09548	.000	-116.2999	-48.4801	
0.02%	-85.90000*	10.09548	.000	-119.8099	-51.9901	
0.04%	-51.19667*	10.09548	.003	-85.1066	-17.2867	
0.06%	-26.09333	10.09548	.175	-60.0033	7.8166	
0.10%	-67.87667*	10.09548	.000	-101.7866	-33.9667	
0.10% 0.00%	-14.51333	10.09548	.706	-48.4233	19.3966	
0.02%	-18.02333	10.09548	.508	-51.9333	15.8866	
0.04%	16.68000	10.09548	.583	-17.2299	50.5899	
0.06%	41.78333*	10.09548	.013	7.8734	75.6933	
0.08%	67.87667*	10.09548	.000	33.9667	101.7866	

Fuente: Elaboración propia.

De la prueba de tukey se observa que las diferencias de la resistencia de compresión para un concreto f'c 175 kgf/cm2, se da entre: patrón y con dosis 0.06 y 0.08%, entre concreto con dosis 0.02% y dosis 0.04%, 0.06%, 0.08 %, entre dosis 0.04% y dosis 0.02% y 0.08 %, entre dosis 0.06% y 0.10% y entre dosis 0.08% y 0.10%.

## V. DISCUSIÓN

- Las propiedades físicas del agregado grueso y fino utilizado, presentan valores del orden de magnitud que cumplen con las normas técnicas sobre agregados y el grafeno utilizado en el proyecto corresponde al tipo industrial, grafeno de características similares al utilizado por CHOQUE (2021).
- La adición de grafeno al 0.04, 0.06 y 0.08% en peso de cemento al concreto de diseño 175 kgf/cm<sup>2</sup>, no mejora la resistencia del concreto patrón, lo que está en contradicción con lo que concluye Devi (2018), en su trabajo de investigación con adición de óxido de grafeno en el concreto, afirmando que la inclusión de GO con dosis 0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08% en peso de cemento, mejora significativamente la resistencia a la compresión.
- Se ha encontrado que para un concreto de diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>, la resistencia del concreto adicionado con grafeno en la proporción 0.02% mejora la resistencia del concreto convencional, lo que concuerda con MOKHTAR (2016) que concluye que la concentración de nano plaquetas de óxido de grafeno (GONP) al 0,02% aumentaron la resistencia mecánica a la compresión en aproximadamente un 13%.
- La resistencia de compresión para concreto con diseño  $f'c$  280 kgf/cm<sup>2</sup> y con adición de grafeno al 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08% y 0.10% en peso de cemento, casi no presenta incrementos significativos respecto al concreto patrón, lo que significa una excepción a la regla observada en los diferentes trabajos de investigación con grafeno que siempre indican que existen incrementos significativos en la resistencia a compresión.

## VI. CONCLUSIONES

- De acuerdo a lo investigado en este trabajo, se puede concluir de forma general que la adición de grafeno en el concreto, no siempre tiene una influencia positiva en mejorar la resistencia a compresión, sino que también se presenta que, para algunas proporciones de adición de grafeno, la resistencia a compresión decrece. Solamente se aprecia para una proporción de grafeno 0.02% una constante influencia positiva en el incremento de resistencia para los diseños de concreto  $f'c$  175, 210 y 280 kgf/cm<sup>2</sup> y para las edades de 7, 14 y 28 días.
- La caracterización física del agregado fino y grueso utilizado en este trabajo de investigación, presentan para el contenido de humedad, absorción, peso específico y pesos unitarios suelto y compactado, valores aceptables para la elaboración de concreto según normas técnicas, por lo que su influencia en la resistencia a compresión del concreto está dentro de lo estándar, los valores encontrados para el agregado fino son humedad 1.80% , absorción 0.90%, peso específico 2.599 g/cm<sup>3</sup>, PUS 1665 kg/m<sup>3</sup>, PUC 1757 kg/m<sup>3</sup>, módulo de fineza 2.82; para el agregado grueso humedad 0.20%, absorción 1.55%, peso específico 2.618 g/cm<sup>3</sup>, PUS 1390 kg/m<sup>3</sup> y PUC 1595 kg/m<sup>3</sup> y TMN  $\frac{3}{4}$ ".
- Para un concreto de diseño  $f'c$  175 kgf/cm<sup>2</sup>, para un porcentaje de grafeno de 0.02, se da un incremento porcentual en la resistencia de compresión, de 13 % para una edad de 7 días, luego disminuye con el aumento de la edad del concreto llegando al 1 % para 28 días. La resistencia a compresión, para un porcentaje de grafeno 0.04, presenta incrementos a las edades de 7 y 14 días, pero luego presenta un descenso de 9% para la edad de 28 días. Para un porcentaje de grafeno de 0.06 y 0.08 la resistencia siempre decae para las edades de 7, 14 y 28 días, siendo el valor del descenso para 28 días de 16% y 24% respectivamente. Para un porcentaje de grafeno de 0.10 la resistencia a compresión se incrementa para las edades de 7 y 14 días, decayendo para la edad de 28 días, obteniendo el valor de 4%.

- Para un concreto de diseño  $f'c$  210 kgf/cm<sup>2</sup>, el incremento porcentual en la resistencia de compresión, presenta un comportamiento aproximadamente igual para los porcentajes de grafeno 0.02%, 0.04% y 0.06% para las edades de 7, 14 y 28 días, obteniéndose para la edad de 28 días los incrementos de 15, 11 y 16 respectivamente, mientras que para los porcentajes de grafeno 0.08 y 0.10 se presenta un descenso en la resistencia a compresión para las edades de 7 y 14 días, mejorando positivamente para la edad de 28 días, obteniéndose los incrementos de 5% y 1% respectivamente.
- Para un concreto de diseño  $f'c$  280 kgf/cm<sup>2</sup>, se aprecia que la adición de grafeno poco influye en la resistencia a compresión del concreto convencional, es así que para un porcentaje de grafeno de 0.02 se presenta leves mejoras en la resistencia, siendo el incremento de 2% para una edad de 28 días, para los demás porcentajes de grafeno se puede decir que no existe influencia significativa en la resistencia de compresión.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar mejorar la incorporación del grafeno en el agua de mezcla del concreto, buscando alguna técnica o haciendo uso de un diluyente que mejore la distribución uniforme y adherencia del polvo de grafeno en el agua, para evitar precipitaciones y conseguir una mezcla de concreto homogénea con adición de grafeno.
- Es recomendable realizar trabajos de investigación adicionando grafeno a un concreto  $f'c$  175 kgf/cm<sup>2</sup>, con el objetivo de determinar el comportamiento de la resistencia a compresión con adición de grafeno entre 0.04 y 0.08% en peso de cemento.
- Para una resistencia de diseño de  $f'c$  210 kgf/cm<sup>2</sup>, es necesario se investigue la influencia del grafeno en la resistencia de compresión del concreto para la proporción de 0.10%, en donde se observa una tendencia al descenso de la resistencia.
- Para una resistencia de diseño  $f'c$  280 kgf/cm<sup>2</sup>, sería recomendable realizar más investigación con porcentajes de grafeno mayores a 0.10, para ver si se presenta cambios significativos en la resistencia a compresión adicionando grafeno.
- También sería recomendable realizar mayor número de probetas por edad para cada dosis de grafeno adicionado, para cada una las resistencias de diseño 175, 210 y 280 para que los valores medios sean más representativos.

## REFERENCIAS

1. **ACI. 2018.** *ACI CT-18, ACI Concrete Terminology.* s.l. : American Concrete Institute, 2018.
2. **AL-TABBAA, Abir. 2016.** *The concrete that heals its own cracks.* 2016. World Economic Forum.
3. **Aspilcueta Asencios, Manuel Uriel. 2015.** *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto estimada a partir de la utilización del método de madurez.* Lima : UNI, 2015.
4. **BARTRA, David Enrique. 2019.** *Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> Tarapoto, 2018.* Tarapoto : Universidad Cesar Vallejo, 2019.
5. **British Standard. 2000.** *BS EN 206-1:2000 Concrete Part 1: Specification, performance,.* Brussels : EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2000. ISBN 0 580 36882 3.
6. **CCOPA, Heber. 2017.** *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
7. **CHOQUE, Leopoldo. 2021.** *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, agregando grafeno.* Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021.
8. **CHUAH, Samuel, y otros. 2014.** *Nano reinforced cement and concrete composites and new perspective from graphene oxide.* s.l. : Construction and Building Materials, Elsevier, 2014.
9. **DE WOLF, Catherine, y otros. 2018.** *A sustainable future for the european cement and concrete industry.* 2018.
10. **DGEE. 2019.** *Industrias cementeras.* s.l. : MINEM, Dirección General de Eficiencia Energética, 2019.
11. **DIMOV, Dimitar, y otros. 2018.** *Ultrahigh Performance Nanoengineered Graphene–Concrete Composites for Multifunctional Applications.* s.l. : Journal of Avanced Functional Materials, 2018.
12. *Effect of graphene oxide on mechanical and durability performance.* **DEVI, S.C. y KHAN, R.A. 2018.** s.l. : Journal of Building Engineering, 2018, Vol. 27.
13. **EL PERUANO. 2021.** IGP: la mala calidad del suelo o de la construcción puede hacer más daño que un sismo. 19 de Setiembre de 2021.
14. **GARCIA, M. Vanessa. 2013.** *Estudio de la estabilidad del óxido de grafeno con el tiempo.* s.l. : Universidad de Oviedo, 2013.
15. **HARMSSEN, Teodoro E. 2017.** *Diseño de estructuras de concreto armado.* Quinta. Lima : Fondo Editorial PUCP, 2017.

16. **HERNANDEZ, Luis David, y otros. 2018.** *Resistencia a la compresión.* s.l. : Researchgate, 2018.
17. **HINESTROZA, Jorge y URREGO, Mateo. 2021.** *Análisis del oxido de grafeno usado como aditivo para el concreto.* Pereira, Colombia : s.n., 2021.
18. **HUANCA, Samuel Laura. 2006.** *Diseño de Mezclas de Concreto.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2006.
19. **MAESTRO. 2019.** [En línea] 30 de Diciembre de 2019. [Citado el: 18 de Septiembre de 2021.] <https://www.construyebien.com/blog/cemento-andino-antisalitre/>.
20. **MOKHTAR, M.M., y otros. 2016.** *Mechanical performance, pore structure and micro-structural characteristics of graphene oxide nano platelets reinforced cement.* 2016.
21. **MORALES, Roberto. 2006.** *Diseño en concreto armado.* Lima : Fondo editorial ICG, 2006.
22. **PORRERO, Joaquin, y otros. 2014.** *Manual del concreto estructural.* Caracas : s.n., 2014.
23. **RODRIGUEZ, Claramaría y VASILIEVAN, Oxana. 2008.** *Propiedades y aplicaciones del grafeno.* s.l. : Ingenierias, 2008.
24. **San Juan Barrudo, Miguel Angel y Chinchón Yepes, Servando. 2014.** *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland.* Alicante, España : Universidad de Alicante, 2014. 978-84-9717-305-6.
25. **Sánchez de Gusmán, Diego. 1993.** *Tecnología del concreto y mortero.* Bogotá : Biblioteca de la construcción, 1993. 9589247040.
26. **SANCHEZ, N. 2011.** *El modelo de gestión y su incidencia en la provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado en la municipalidad de tena.* Ambato,ecuador : s.n., 2011.
27. **TIWARI, Santosh, y otros. 2020.** *Graphene research and their outputs: Status and prospect.* s.l. : Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 2020.
28. **Torre Carrillo, Ana. 2004.** *Curso básico de tecnología del concreto.* Lima : UNI, 2004.
29. **UNE EN 206-I. 2000.** *Concreto, parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad.* 2000.
30. **UNEP. 2020.** *2020 GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION.* s.l. : United Nations Environment Programme, 2020.
31. *Uso de nanomateriales en la producción del concreto: Revisión lietraria.* **Muñoz, Sócrates, y otros. 2021.** 3, Pimentel : Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2021, Vol. 6.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Grafeno (Variable Independiente)	Material finamente dividido utilizados en el concreto para mejorar ciertas propiedades o para lograr propiedades especiales (Norma Europea EN 206-I, 2000)	Nanomaterial utilizado en el concreto en dosificación de porcentaje en peso para mejorar las propiedades del concreto.	Dosificación de grafeno	Porcentaje en peso 0.02%, 0.04%,0.06%, 0.08%, 0.10%	<b>Razón</b>
Resistencia a la compresión del concreto. (Variable dependiente)	Es la capacidad del concreto a resistir un fenómeno de aplastamiento. (Hernández Pérez, y otros, 2018).	Mediante el ensayo a la resistencia a compresión consistente en la utilización de una prensa hidráulica de rotura de probetas de concreto se analizará la variación de la resistencia a la compresión del concreto producto de un diseño de mezcla, en base a las características físicas de los agregados.	Características físicas de los agregados	Porcentaje de humedad (%) Porcentaje de absorción (%) Peso específico(g/cm <sup>3</sup> ) Peso unitario suelto y compactado (kg/m <sup>3</sup> ) Granulometría Tamaño máximo nominal (pulg) Módulo de fineza	<b>Razón</b>
			Diseño de mezcla concreto	Dosificación	<b>Razón</b>
			Ensayo a la resistencia a compresión	Fuerza axial de compresión (kgf) Área de sección transversal (cm <sup>2</sup> )	<b>Razón</b>

## ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos

GUÍA DE OBSERVACIÓN					
Resistencia a la compresión de probetas de concreto					
Proyecto :					
Ubicación :					
Cantera :					
Fecha:					
<b>Objetivo</b>	Determinar la resistencia a la compresión de probetas de concreto de acuerdo a norma NTP 339.034 y ASTM C 39.				
<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir el diámetro de las probetas en ambos extremos para obtener un diámetro promedio.</li> <li>• Para realizar los ensayos utilizar dos placas limpias y adaptadas con neopreno, limpiar los extremos del testigo de prueba, luego colocar las placas sobre la parte superior e inferior de la probeta según dirección del eje donde se aplicará la carga axial de la compresora.</li> <li>• Antes de ensayar la probeta, verificar que este en cero el indicador de carga.</li> <li>• Aplicar la carga axial de forma continua, a una velocidad de 0,25 MPa/s.</li> <li>• Continuar con la carga hasta que se produzca sobre el testigo la falla de ruptura.</li> <li>• Registrar la máxima carga alcanzada por la probeta.</li> </ul>				
<b>Presentación y calculo de datos.</b>					
Probetas:	Cilindricas 15 x 30 cm				

Resultado de ensayo de resistencia a compresión de concreto, f'c diseño ___ kgf/cm <sup>2</sup>					
Nro Probeta	Edad dias	Diámetro cm	Carga rotura kgf	f'c kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Patrón (0.00%)</b>					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					

0.02%					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					
0.04%					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					
0.06%					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					
0.08%					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					
0.10%					
1	7				
2					
3					
1	14				
2					
3					
1	28				
2					
3					

# ANEXO 3: Caracterización física de agregados

## Análisis granulométrico

	<b>SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.</b> ESTUDIO DE SUELOS – CONCRETO – ASFALTO – ENSAYO DE MATERIALES Calle: Rivadeneyra Mz. "B" – Lt. 14 – Jesús Nazareno – Lambayeque. #990181143 RESOLUCION N° 012351-2018/DS – INDECOPI REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819
---	---

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

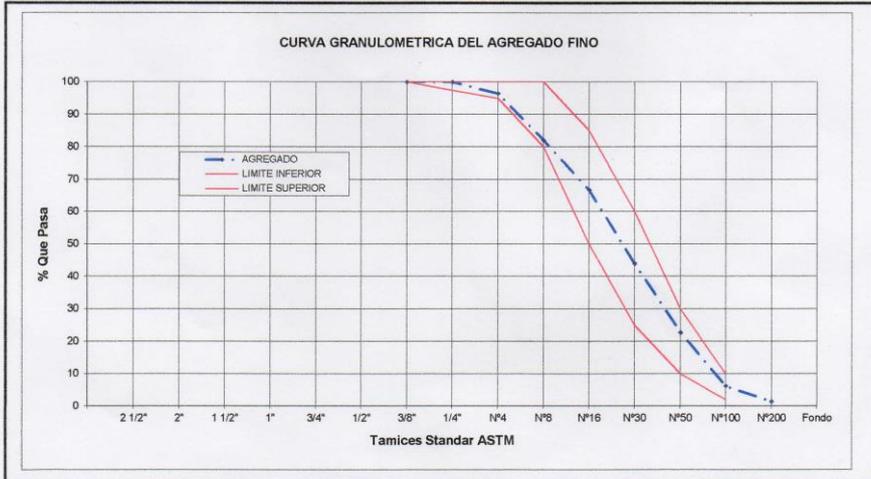
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM C33 - MTC E 204

ESTRUCTURA :	CONCRETO	N° DE REGISTRO :	J&C - 0350
CANTERA :	LA VICTORIA - PATAPO	FECHA :	02/11/2021
MATERIAL :	AGREGADO FINO	REALIZADO POR :	J&C
MUESTRA :	ARENA GRUESA		

GRANULOMETRIA						PROPIEDADES FISICAS		
MALLA ASTM	PESO RETEN.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA	ASTM C33 Agreg. Fino			
2 1/2"						PESO INICIAL	1000.0	grs.
2"						Modulo De Fineza	2.82	%
1 1/2"						Tamaño Max. Nom.		
1"						Pesp Especifico		kg/m <sup>3</sup>
3/4"						Peso Vol. Compactado		kg/m <sup>3</sup>
1/2"						Peso Vol. Suelto		kg/m <sup>3</sup>
3/8"				100.0	100	% Absorción		%
1/4"				100.0		% Humedad	1.80	%
N° 4	35.00	3.5	3.5	96.5	95 - 100	% < Malla Nro. 200	1.4	%
N° 8	144.00	14.4	17.9	82.1	80 - 100			
N° 16	154.00	15.4	33.3	66.7	50 - 85			
N° 30	228.00	22.8	56.1	43.9	25 - 60			
N° 50	211.00	21.1	77.2	22.8	10 - 30			
N° 100	166.00	16.6	93.8	6.2	2 - 10			
N° 200	48	4.8	98.6	1.4				
FONDO	14.00	1.4	100.0					
TOTAL:								

#### OBSERVACIONES



J&C SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
*Juan B. Coronado Bances*  
GERENTE GENERAL



*Marco Abraham Mero Sifuentes*  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 169313

## Contenido de humedad de grava



**SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.**  
**ESTUDIO DE SUELOS – CONCRETO – ASFALTO – ENSAYO DE MATERIALES**  
 CA: Rivadeneyra Mz. "B" – Lt. 14 – Jesús Nazareno – Lambayeque. RPM: #990181143  
**RESOLUCION N° 012351-2018/DS – INDECOPI**  
**REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819**

**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS - ASTM D-2216**  
 NORMA ASTM D 2216

SOLICITADO : WILMER CHOEZ DE LA CRUZ  
 OBRA : "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE GRAFENO, CHICLAYO, 2021".  
 LUGAR : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.  
 MATERIAL : GRAVA  
 CANTERA : TRES TOMAS  
 FECHA : 02/11/2021 N° REGISTRO : J&C - 0350

DESCRIPCION	UND.	MTRA. - 1	MTRA. - 2	MTRA. - 3	MTRA. - 4	PROMEDIO
RECIPIENTE	N°					
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	gr.	477.51	449.76			
RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.	476.57	448.45			
PESO DEL RECIPIENTE	gr.					
PESO DEL AGUA	gr.	223.00	223.00			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	476.57	448.45			
% DE HUMEDAD	%	0.2	0.3			0.2

OBSERVACIONES:

J&C SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
 Juan B. Coronado Bances  
 GERENTE GENERAL



Marco Abraham Mera Sifuentes  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 169313

## Contenido de humedad de arena



### SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.

ESTUDIO DE SUELOS – CONCRETO – ASFALTO – ENSAYO DE MATERIALES

CA: Rivadeneyra Mz. "B" – Lt. 14 – Jesús Nazareno – Lambayeque. RPM: #990181143

RESOLUCION N° 012351-2018/DS – INDECOPI

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS - ASTM D-2216

NORMA ASTM D 2216

SOLICITADO : WILMER CHOEZ DE LA CRUZ  
 OBRA : "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE GRAFENO, CHICLAYO, 2021".  
 LUGAR : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.  
 MATERIAL : ARENA  
 CANTERA : LA VICTORIA - PATAPO  
 FECHA : 02/11/2021 N° REGISTRO : J&C - 0350

DESCRIPCION	UND.	MTRA. - 1	MTRA. - 2	MTRA. - 3	MTRA. - 4	PROMEDIO
RECIPIENTE	N°					
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	gr.	452.30	455.75			
RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.	445.00	447.27			
PESO DEL RECIPIENTE	gr.					
PESO DEL AGUA	gr.	223.00	223.00			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	445.00	447.27			
% DE HUMEDAD	%	1.6	1.9			1.8

OBSERVACIONES:

J&C SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
*Juan B. Coronado Bances*  
 GERENTE GENERAL



*Marco Abraham Mera Sifuentes*  
 Marco Abraham Mera Sifuentes  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 169313

## Gravedad específica de la arena

	<p><b>SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L</b>  <b>ESTUDIO DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO - ENSAYO DE MATERIALES</b>                  Ca. Rivadeneira Cdra 06 Mz "B" Lt. 14 - TLF. 074-285586 - CEL. 990181143 - Lambayeque  <b>RESOLUCION N° 012351 -2018/DSD - INDECOPI</b>  <b>REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819</b></p>
---	--

<p><b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b>  <b>MTC E - 205, MTC E-206</b></p>
--

OBRA	: "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE GRAFENO, CHICLAYO, 2021".		
SOLICITADO	: WILMER CHOEZ DE LA CRUZ		
UBICACIÓN	: LA VICTORIA - PATAPO	TEC. RESP. : J.B.C.B	
MATERIAL	: ARENA		
MUESTRA	: MEZCLA DE AGREGADO	FECHA : 03/11/2021	

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS MTC E - 206**  
 Agregado Fino de La Mezcla < N°4 - 0

IDENTIFICACION	1	2	3	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)			
C	Vol de masas + Vol de vacios = A-B			
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)			
E	Vol de masas = C-(A-D)			
Pe Bulk (Base Seca) = D/C				
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C				
Pe Aparente (Base Seca) = D/E				
% de Absorción = ((A-D)/D)*100				

**GRAVEDAD ESPECIFICA - ABSORCION DE AGREGADOS MTC E - 205**  
 Agregado Fino de la Mezcla N° 4 - 0

IDENTIFICACION	1	2		Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)			
B	Peso frasco + H <sub>2</sub> O			
C	Peso frasco + H <sub>2</sub> O + (A)*(A+B)			
D	Peso de Mat. + H <sub>2</sub> O en el frasco			
E	Vol de masas + Vol de vacios = C-D			
F	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)			
G	Vol de masas = E-(A-F)			
Pe Bulk (Base Seca) = F/E				
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E				
Pe Aparente (Base Seca) = F/G				
% de Absorción = ((A-F)/F)*100				

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

J&C SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
  
 Juan B. Coronado Bances  
 GERENTE GENERAL



  
 Marco Abraham Mera Sifuentes  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 169313

# Gravedad específica de la grava



## SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.

ESTUDIO DE SUELOS – CONCRETO – ASFALTO – ENSAYO DE MATERIALES  
CA: Rivadeneyra Mz. "B" – Lt. 14 – Jesús Nazareno – Lambayeque. RPM: #990181143

**RESOLUCION N° 012351-2018/DS – INDECOPI**  
**REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819**

### GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS

NORMA ASTM C 127

ESTRUCTURA : CONCRETO  
CANTERA : TRES TOMAS  
SOLICITADO : WILMER CHOEZ DE LA CRUZ  
PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE GRAFENO, CHICLAYO, 2021".  
LUGAR : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.  
FECHA : 04/11/2021

N° DE REGISTRO: J&C - 0350

AGREGADO GRUESO		1	2	Promedio	Unidad
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1472.0	1426.5		gr
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	1571.8	804.6	1722.87	gr
C	Vol. de masa + vol de vacios = A-B (gr)	667.4	470.8		gr
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1458.6	1396.0		gr
E	Vol. de masa = C - ( A - D ) (gr)	654	440.3		gr
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.185	2.965	2.575	gr/cm3
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.206	3.030	2.618	gr/cm3
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.230	3.170	2.700	gr/cm3
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.919	2.185	1.55	%
	Peso de Canastilla en Agua	767.2	767.2		
GRAVEDAD ESPECIFICA DE ARENA (ASTM C 128)					
AGREGADO FINO				Promedio	Unidad
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)				gr
B	Peso Frasco + agua				gr
C	Peso Frasco + agua + A (gr)				gr
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				gr
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)				gr
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)				gr
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)				gr
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E				gr/cm3
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E				gr/cm3
	% de absorción = (( A - F ) / F ) * 100				%
PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS (Gs)					
					PESO BULK (BASE SECA)
					gr/cm3
					PESO BULK (BASE SATURADA)
					gr/cm3
					PESO APARENTE (BASE SECA)
					gr/cm3
					PORCENTAJE DE ABSORCIÓN
					%

OBSERVACIONES: Gravedad Especifica de la grava > 3/4"

J&C SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
*Juan B. Coronado Bances*  
GERENTE GENERAL



*Marco Abraham Mera Sifuentes*  
MARCO ABRAHAM MERA SIFUENTES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 169313

## Peso específico y absorción del agregado fino



**SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.**  
**ESTUDIO DE SUELOS – CONCRETO – ASFALTO – ENSAYO DE MATERIALES**  
 CA: Rivadeneyra Mz. "B" – Lt. 14 – Jesús Nazareno – Lambayeque. RPM: #990181143  
**RESOLUCION N° 012351-2018/DS – INDECOPI**  
**REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES N° S1298819**

### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C 029, MTC E 203)

ESTRUCTURA : DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETO  
 DESCRIPCIÓN : AGREGADO FINO PARA CONCRETO  
 CANTERA : LA VICTORIA - PATAPO  
 SOLICITADO : WILMER CHOEZ DE LA CRUZ  
 PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE GRAFENO, CHICLAYO, 2021".  
 LUGAR : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.  
 FECHA : 05/11/2021 N° DE REGISTRO : J&C - 0350

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra SSS	B		g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C		g
Peso de la muestra seca	A		g

1. Peso Especifico real de la Masa ( $g/cm^3$ )  $S_d = A/(B-C) =$
2. Peso Especifico real de Masa Saturada Superficialmente Seca (SSS) ( $g/cm^3$ )  $S_s = B/(B-C) =$
3. Peso Especifico Aparente ( $g/cm^3$ )  $S_a = A/(A-C) =$
4. Porcentaje de Absorción (%)  $A = 100 \times (B-A)/A =$

### PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C029

Peso Unitario Suelto					
Descripción	SIMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		9361	9389	9404	kg
Peso del recipiente		5866	5866	5866	kg
Peso de la muestra suelta	Ws	3495	3523	3538	kg
Factor de volumen del recipiente	f	2113	2113	2113	$m^3$
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>1.654</b>	<b>1.667</b>	<b>1.674</b>	<b><math>kg/m^3</math></b>
<b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO</b>		<b>1.665</b>			<b><math>kg/m^3</math></b>
$f = 100/Wa$					
$PUS = f \times Ws$					
Peso Unitario Compactado					
Descripción	SIMBOLO	Símbolo			Unidad
Peso de la muestra compactada mas recipiente		9584	9593	9560	kg
Peso del recipiente		5866	5866	5866	kg
Peso de la muestra compactada	Ws	3718	3727	3694	kg
Factor de volumen del recipiente	f	2113	2113	2113	$m^3$
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>1.760</b>	<b>1.764</b>	<b>1.748</b>	<b><math>kg/m^3</math></b>
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO</b>	<b>PUC</b>	<b>1.757</b>			<b><math>kg/m^3</math></b>

J&C SERVICIOS DE MECÁNICA DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.  
*Juan B. Coronado Bances*  
 GERENTE GENERAL



*Marco Abraham Mera Sifuentes*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 169313

## ANEXO 04: Certificados de calibración de equipos

### Certificado de calibración de la prensa de compresión hidráulica

 <b>PERUTEST S.A.C.</b> EQUIPOS E INSTRUMENTOS		<b>PERUTEST S.A.C.</b> CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA RUC N° 20602182721	
<b>Área de Metrología</b> Laboratorio de Fuerza		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>PT - LF - 039 - 2019</b>	
		Página 1 de 3	
<b>1. Expediente</b>	085-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
<b>2. Solicitante</b>	<b>J&amp;C SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L</b>	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
<b>3. Dirección</b>	Calle Rivadeneyra Cuadra 6 Mz. B Lt. 14 - Jesus Nazareno - Lambayeque	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
<b>4. Equipo</b>	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
<b>Capacidad</b>	120000 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
<b>Marca</b>	PERUTEST		
<b>Modelo</b>	PT-003		
<b>Número de Serie</b>	'007		
<b>Procedencia</b>	PERU		
<b>Identificación</b>	NO INDICA		
<b>Indicación</b>	DIGITAL		
<b>Marca</b>	WEIGH		
<b>Modelo</b>	315-X6		
<b>Número de Serie</b>	NO INDICA		
<b>Resolución</b>	0.01 kgf		
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2019-05-08		
<b>Fecha de Emisión</b>	2019-05-08	<b>Jefe del Laboratorio de Metrología</b>	<b>Sello</b>
		 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	
<b>Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustin - Comas - Lima</b> <b>email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158</b>			



# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA-QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 039 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos, Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24.0 °C	24.0 °C
Humedad Relativa	60 % HR	60 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-272-18

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 3.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima  
email: [ventasperutest@gmail.com](mailto:ventasperutest@gmail.com) celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 039 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)				$F_{Promedio}$ (kN)
%	$F_i$ (kN)	Patrón de Referencia				
		$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)		
10	10000	10021.0	10021.0	10021.0	10021.0	
20	20000	20360.4	20360.4	20360.4	20360.4	
30	30000	30647.1	30647.1	30647.1	30647.1	
40	40000	40961.9	40961.9	40961.9	40961.9	
50	50000	51143.8	51143.8	51143.8	51143.8	
60	60000	61283.7	61283.7	61283.7	61283.7	
70	70000	71491.3	71491.3	71491.3	71491.3	
80	80000	81646.4	81646.4	81646.4	81646.4	
90	90000	91729.4	91729.4	91729.4	91729.4	
100	100000	101859.2	101859.2	101859.2	101859.2	
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición			Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000	-0.21	0.00	0.00	0.34
20000	-1.77	0.00	0.00	0.34
30000	-2.11	0.00	0.00	0.34
40000	-2.35	0.00	0.00	0.34
50000	-2.24	0.00	0.00	0.34
60000	-2.09	0.00	0.00	0.34
70000	-2.09	0.00	0.00	0.34
80000	-2.02	0.00	0.00	0.34
90000	-1.89	0.00	0.00	0.34
100000	-1.83	0.00	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima  
email: [ventasperutest@gmail.com](mailto:ventasperutest@gmail.com) celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

# Certificado de calibración de Balanza electrónica

	<b>CALIBRATEC S.A.C.</b> LABORATORIO DE METROLOGIA	<b>CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b> RUC: 20606479680
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>CA - LM - 0260 - 2021</b>		
Área de Metrología Laboratorio de Masas		
Página 1 de 4		
<b>1. Expediente</b>	<b>02921-2021</b>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>2. Solicitante</b>	<b>J &amp; C SERVICIOS DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Cal. Rivadeneyra Mza. B Lote. 14 Jesus de Nazareno - Lambayeque - Lambayeque</b>	
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRONICA</b>	
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>620 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>0.01 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0.01 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>NV622ZH</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>8342157613</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0.2 g</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>CHINA</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2021-10-28</b>	
<b>Fecha de Emisión</b>	<b>2021-10-28</b>	<b>Sello</b>
 <b>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</b>		
<hr/>		
<b>913 028 621 - 913 028 622</b> <b>913 028 623 - 913 028 624</b>	<b>Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima</b> <b>ventas@calibratec@gmail.com</b> <b>CALIBRATEC SAC</b>	

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0260 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

En el laboratorio de Masa de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	56%	56%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROII	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0689-2021

### 10. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

(\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0260 - 2021

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

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

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300.00	5	0	599.99	3	-8
2	300.01	8	7	600.00	6	-1
3	300.00	6	-1	600.00	5	0
4	300.00	7	-2	600.00	6	-1
5	299.99	3	8	600.00	6	-1
6	300.00	5	0	600.00	5	0
7	300.00	7	-2	600.00	4	1
8	300.00	5	0	600.00	6	-1
9	300.00	4	1	600.00	4	1
10	300.01	9	6	600.01	8	7
	Diferencia Máxima		15	Diferencia Máxima		15
	Error Máximo Permisible		30	Error Máximo Permisible		30

#### ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.5 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1		0.10	5	0	200.00	5	0	0	0
2		0.10	6	-1	200.00	4	1	1	2
3	0.10	0.10	6	-1	200.00	200.00	6	-1	0
4		0.10	5	0	200.00	5	0	0	0
5		0.11	7	8	200.01	8	7	7	-1
		Error máximo permisible							30

\* Valor entre 0 y 10e

913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@calibratec@gmail.com  
CALIBRATEC SAC



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 0260 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Inicial	Final
Temperatura 20,4 °C	20,4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				E <sub>c</sub> (mg)	DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)		ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)		
0.10	0.10	6	-1	0	0.20	5	0	1	10	
0.20	0.20	5	0	1	60.00	5	0	1	20	
60.00	60.00	6	-1	0	120.00	4	1	2	20	
120.00	120.00	7	-2	-1	150.00	5	0	1	20	
150.00	150.00	6	-1	0	200.00	6	-1	0	30	
200.00	200.00	5	0	1	250.00	5	0	1	30	
250.00	250.00	6	-1	0	300.00	5	0	1	30	
300.00	300.00	6	-1	0	400.00	6	-1	0	30	
400.00	400.00	4	1	2	500.00	6	-1	0	30	
500.00	499.99	2	-7	-6	600.00	7	8	9	30	
600.00	600.01	8	7	8						

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E<sub>o</sub>: Error en cero.  
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(0.000037 \text{ g}^2 + 0.0000000002 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida  $R_{CORREGIDA} = R + 0.0000030 \text{ R}$



12. 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, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

913 028 621 - 913 028 622  
913 028 623 - 913 028 624

Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
ventas@calibratec@gmail.com  
CALIBRATEC SAC

## Molde cilíndrico para probetas de concreto



**PERUTEST S.A.C.**

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE FABRICACION MOLDE CILINDRICO PARA CONCRETO

MANUFACTURADO POR

**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS DE LABORATORIO

Diámetro	150 ± 2.00 mm
Altura	300 ± 6.00 mm
Espesor	4.00 mm
Serie	0678

El molde cilíndrico para concreto ha sido fabricado  
examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con  
las especificaciones de las normas:

Norma de ensayo: ASTM C - 39 / ASTM C-470  
MTC E - 702

Lima, 02 de Noviembre del 2021

Aprobado:

PERUTEST S.A.C.

ALEJANDRO FLORES MINAYA  
DEP. TÉCNICO Y METROLOGÍA



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC

## ANEXO 05: Ensayo de resistencia a la compresión

Resultado de ensayo de resistencia a compresión de concreto, f'c diseño 175 kgf/cm <sup>2</sup>					
Nro Probeta	Edad días	Diámetro cm	Carga rotura kgf	f'c kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Patrón (0.00%)</b>					
1	7	15	39860	225.56	231
2		15	45588	257.98	
3		15	36876	208.68	
1	14	15	54887	310.60	277
2		15	41879	236.99	
3		15	50150	283.79	
1	28	15	58220	329.46	340
2		15	59193	334.96	
3		15	62938	356.16	
<b>0.02%</b>					
1	7	15	45368	256.73	262
2		15	49159	278.18	
3		15	44266	250.49	
1	14	15	49076	277.71	298
2		15	56136	317.66	
3		15	52684	298.13	
1	28	15	58495	331.01	344
2		15	61644	348.83	
3		15	62075	351.27	
<b>0.04%</b>					
1	7	15	43552	246.45	247
2		15	44321	250.81	
3		15	43073	243.74	
1	14	15	49725	281.39	281
2		15	49471	279.95	
3		15	49774	281.66	
1	28	15	53015	300.00	309
2		15	56218	318.13	
3		15	54582	308.87	
<b>0.06%</b>					
1	7	15	36252	205.14	200
2		15	36041	203.95	
3		15	33571	189.97	
1	14	15	46001	260.31	237
2		15	39254	222.13	
3		15	40539	229.40	
1	28	15	48388	273.82	284
2		15	54079	306.02	
3		15	48039	271.85	
<b>0.08%</b>					
1	7	15	33513	189.64	190
2		15	33645	190.39	
3		15	33571	189.97	
1	14	15	33195	187.85	225
2		15	48792	276.11	
3		15	37555	212.52	
1	28	15	43458	245.92	258
2		15	45551	257.77	
3		15	47663	269.72	
<b>0.10%</b>					
1	7	15	47002	265.98	257
2		15	45634	258.24	
3		15	43412	245.66	
1	14	15	50903	288.05	288
2		15	51647	292.26	
3		15	50059	283.28	
1	28	15	57862	327.43	326
2		15	57146	323.38	
3		15	57650	326.23	

**Resultado de ensayo de resistencia a compresión de concreto, f'c  
diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup>**

Nro Probeta	Edad días	Diámetro cm	Carga rotura kgf	f'c kgf/cm <sup>2</sup>	f'c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Patrón (0.00 %)</b>					
1	7	15	44246	250.38	265
2		15	50508	285.82	
3		15	45808	259.22	
1	14	15	63047	356.77	322
2		15	44965	254.45	
3		15	62633	354.43	
1	28	15	61543	348.26	350
2		15	61653	348.88	
3		15	62174	351.83	
<b>0.02%</b>					
1	7	15	59598	337.26	317
2		15	55461	313.85	
3		15	53221	301.17	
1	14	15	62104	351.44	364
2		15	64954	367.56	
3		15	65653	371.52	
1	28	15	73793	417.58	404
2		15	70754	400.39	
3		15	69701	394.43	
<b>0.04%</b>					
1	7	15	53871	304.85	306
2		15	51524	291.57	
3		15	56940	322.21	
1	14	15	61985	350.76	360
2		15	64292	363.82	
3		15	64683	366.03	
1	28	15	66750	377.73	387
2		15	69448	393.00	
3		15	69227	391.74	
<b>0.06%</b>					
1	7	15	58896	333.28	323
2		15	56168	317.85	
3		15	55927	316.48	
1	14	15	59889	338.90	356
2		15	66038	373.70	
3		15	62805	355.40	
1	28	15	74172	419.73	405
2		15	69378	392.60	
3		15	71163	402.70	
<b>0.08%</b>					
1	7	15	46469	262.96	264
2		15	45346	256.61	
3		15	48124	272.33	
1	14	15	56399	319.15	297
2		15	50190	284.02	
3		15	50942	288.27	
1	28	15	67803	383.69	367
2		15	67361	381.19	
3		15	59408	336.18	
<b>0.10%</b>					
1	7	15	46352	262.30	262
2		15	47643	269.60	
3		15	44854	253.82	
1	14	15	49438	279.76	301
2		15	54052	305.87	
3		15	56238	318.24	
1	28	15	66118	374.15	353
2		15	57412	324.89	
3		15	63510	359.39	

**Resultado de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón, f' c  
diseño 280 kgf/cm<sup>2</sup>**

Nro Probeta	Edad días	Diámetro cm	Carga rotura kgf	f' c kgf/cm <sup>2</sup>	f' c Prom. kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Patrón (0.00 %)</b>					
1	7	15	50188	284.01	303
2		15	55414	313.58	
3		15	55061	311.58	
1	14	15	62431	353.29	348
2		15	62466	353.49	
3		15	59357	335.89	
1	28	15	71868	406.69	409
2		15	73030	413.27	
3		15	71842	406.54	
<b>0.02%</b>					
1	7	15	54683	309.44	308
2		15	54709	309.59	
3		15	53812	304.51	
1	14	15	62490	353.62	353
2		15	59491	336.65	
3		15	65160	368.73	
1	28	15	73027	413.25	417
2		15	73731	417.23	
3		15	74267	420.27	
<b>0.04%</b>					
1	7	15	54683	309.44	314
2		15	53162	300.84	
3		15	58418	330.58	
1	14	15	61671	348.99	345
2		15	60994	345.16	
3		15	60088	340.03	
1	28	15	68826	389.48	393
2		15	73599	416.49	
3		15	66162	374.40	
<b>0.06%</b>					
1	7	15	56265	318.39	323
2		15	60546	342.62	
3		15	54507	308.45	
1	14	15	63640	360.13	353
2		15	56819	321.53	
3		15	66584	376.79	
1	28	15	72289	409.07	413
2		15	73493	415.89	
3		15	73062	413.45	
<b>0.08%</b>					
1	7	15	50745	287.16	294
2		15	49945	282.63	
3		15	55219	312.48	
1	14	15	63253	357.94	357
2		15	61996	350.83	
3		15	64149	363.01	
1	28	15	69968	395.94	404
2		15	72685	411.31	
3		15	71340	403.70	
<b>0.10%</b>					
1	7	15	58119	328.89	322
2		15	53030	300.09	
3		15	59754	338.14	
1	14	15	64048	362.44	363
2		15	63033	356.69	
3		15	65362	369.87	
1	28	15	73019	413.20	408
2		15	69670	394.25	
3		15	73766	417.43	

## ANEXO 6: Diseño de mezcla

### DISEÑO DE MEZCLA N° 01

NOMBRE : Wilmer Choez de La Cruz  
PROYECTO : Determinación de la resistencia a compresión del concreto con adición de grafeno, Chiclayo, 2021.  
FECHA : 15 de noviembre de 2021

#### REQUERIMIENTOS

- Resistencia especificada : 175 kgf/cm<sup>2</sup>
- Cemento portland tipo : Tipo I
- Uso : Varios
- Condición de exposición : Sin aire incorporado
- Condiciones específicas : Sin condición especial
- Concreto expuesto a soluciones de sulfatos : no
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso : 3/4

#### MATERIALES

- Cemento : Qhuna Portland tipo I (Pacasmayo)
- Peso específico del cemento : 3.14 g/cm<sup>3</sup>
- Agua : Potable
- Agregado
- Piedra cantera : Tres tomas
- Arena cantera : Pátapo La Victoria
  
- Características
- Humedad natural : Arena 1.8 % Piedra 0.20 %
- Absorción : 0.9 % 1.550 %
- Peso específico : 2.599 g/cm<sup>3</sup> 2.618 g/cm<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto : 1665 kg/m<sup>3</sup> 1390 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado : 1757 kg/m<sup>3</sup> 1595 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de fineza : 2.82 --
- Tamaño max. de agregado : -- 3/4

#### DESARROLLO

**Determinación de la resistencia promedio:** se ha utilizado la siguiente tabla.

Tabla 1. Resistencia a la compresión promedio.

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'_c < 210$	$f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_c + 84$
$f'_c > 350$	$f'_c + 98$

La resistencia promedio será:  $175 + 70 = 245$  kg/cm<sup>2</sup>

### Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

De acuerdo a los requerimientos y a la granulometría del agregado grueso le corresponde un tamaño máximo nominal de ½".

### Selección del Asentamiento

Se busca un concreto de consistencia plástica, por lo que el asentamiento de acuerdo a la siguiente tabla es de: 3" a 4".

Tabla 2. Asentamiento vs tipo de consistencia

Consistencia	Asentamiento
Seca	0 " a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

### Selección del volumen unitario del agua de diseño

Tomando como entradas en la siguiente tabla, el valor de asentamiento seleccionado en el ítem anterior y el tamaño máximo nominal del agregado grueso se obtiene el volumen unitario de agua o agua de diseño necesario para la mezcla de concreto: 205 l/m<sup>3</sup>.

Tabla 3. Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximo nominales del agregado grueso y consistencias indicadas.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	199	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

### Selección del contenido de aire

Puesto que el concreto a elaborar no va a estar expuesto a condiciones de intemperismo severo, no se considera necesario incorporar aire a la mezcla. Tomando como entrada el tamaño máximo nominal del agregado grueso en la siguiente tabla, se determina que el contenido de aire atrapado para el agregado grueso es: 2.0 %

Tabla 4. Contenido de aire atrapado por TMN de agregado grueso

TNN Agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

#### Selección de la relación agua cemento A/C

Al no existir problemas de intemperismo ni de ataques por sulfatos, u otro tipo de acciones que pudieran dañar al concreto, se seleccionará la relación agua-cemento únicamente por resistencia.

Para la selección de la relación agua cemento, se hará uso de las siguientes tablas:

Tabla 5. Relación agua/cemento por resistencia

F'cr 28 días	Relación agua cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Tabla 6. Relación agua/cemento por durabilidad.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo como SO <sub>4</sub> % en peso	Sulfato en agua, como SO <sub>4</sub> ppm	Cemento Tipo	Relación a/c máx, en peso en concretos en agregados de peso normal.
Despreciable	0.00-0.10	0-150	-	-
Moderada	0.10-0.20	150-1500	II-IP-IPM	0.5
Severa	0.20-2.00	1500-10000	V	0.45
Muy severa	sobre 2.00	sobre 10000	V+puzolana	0.45

Puesto que se trata de un concreto no expuesto a soluciones de sulfato, solo se tomará en cuenta la tabla de relación agua / cemento por resistencia.

200 ---- 0.70  
 245 ---- x  
 250 ---- 0.62

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

$$x = 0.70 + (0.62 - 0.70) \frac{245 - 200}{250 - 200}$$

Por lo que la relación de agua/cemento será:  $x = 0.628$

#### Factor cemento

$$\text{factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relacion agua cemento}}$$

Factor cemento =  $205/0.628 = 326.43 \text{ kg/m}^3$

Factor cemento =  $326.43/42.5 = 7.68 \text{ bolsas/m}^3$

#### Contenido de agregado grueso

Para la selección del contenido de agregado grueso, se utilizó la siguiente tabla, tomando como entrada el tamaño máximo del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino (2.82).

Tabla 7. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/bo).			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

2.80 ---- 0.62  
 2.82 ---- x  
 3.00 ---- 0.60

$$\frac{2.82 - 2.80}{3.00 - 2.80} = \frac{x - 0.62}{0.60 - 0.62}$$

$$x = 0.62 + (0.60 - 0.62) \frac{2.82 - 2.80}{3.00 - 2.80}$$

Volumen agregado grueso seco compactado:  $x = 0.618$

$$\text{Peso agregado grueso} = \text{PU seco compactado Ag. grueso} \times \text{volumen}$$

$$\text{Peso del agregado grueso seco} = 1595 \times 0.618 = 985.71 \text{ kg/m}^3$$

#### Cálculo de volúmenes absolutos

Conociendo los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos de estos ingredientes:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso específico cemento}} = 326.43 / (3.14 \times 1000) = 0.104 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Volumen Unitario de agua}}{\text{Peso específico agua}} = 205 / (1 \times 1000) = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2/100 = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{Peso agregado grueso seco}}{\text{Peso específico agregado grueso}}$$

$$\text{Agregado grueso} = 985.71 / (2.618 \times 1000) = 0.377 \text{ m}^3$$

$$\text{Suma de volúmenes absolutos conocidos} = 0.104 + 0.205 + 0.020 + 0.377 = 0.706 \text{ m}^3$$

#### Contenido de agregado fino

Volumen absoluto de agregado fino = 1 - suma de volúmenes absolutos conocidos.

$$\text{Volumen absoluto agregado fino} = 1 - 0.706 = 0.294 \text{ m}^3$$

Peso agregado fino seco = Volumen absoluto agregado fino x peso específico

$$\text{Peso agregado fino seco} = 0.294 \times 2.599 \times 1000 = 764.11 \text{ kg}$$

#### Resumen de materiales por metro cúbico

$$\text{Cemento} = 326.43 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 205.00 \text{ L/m}^3$$

$$\text{Agregado fino seco} = 764.11 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso seco} = 985.71 \text{ kg/m}^3$$

#### Corrección por humedad de los agregados

Las proporciones de los materiales que conforman la unidad cúbica de concreto, debe ser corregida en base a la humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

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

Agregado fino

$$\text{Contenido de humedad} = 1.8 \%$$

Peso húmedo agregado fino =  $764.11 \cdot (1 + 1.8\%) = 777.864 \text{ kg/m}^3$

Agregado grueso

Contenido de humedad = 0.2 %

Peso húmedo agregado grueso =  $985.71 \cdot (1 + 0.2\%) = 987.681 \text{ kg/m}^3$

Aporte de agua a la mezcla de los agregados

$$\text{Aporte agua} = \frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$$

Humedad superficial de los agregados

Humedad superficial del agregado fino:  $1.8\% - 0.9\% = 0.9\%$

Humedad superficial del agregado grueso:  $0.2\% - 1.55\% = -1.35\%$

Aporte de humedad de los agregados

Aporte de humedad del agregado fino:  $764.11 \times (0.9\%) = 6.877 \text{ L/m}^3$

Aporte de humedad del agregado grueso:  $985.71 \times (-1.35\%) = -13.307 \text{ L/m}^3$

Aporte de humedad de los agregados:  $-6.430 \text{ L/m}^3$

Agua efectiva

Agua efectiva =  $205 - (-6.43) = 211.430 \text{ L/m}^3$

**Resumen de materiales corregidos por humedad del agregado**

Cemento =  $326.43 \text{ kg/m}^3 = 326 \text{ kg/m}^3$

Agua efectiva =  $211.430 \text{ L/m}^3 = 211 \text{ L/m}^3$

Agregado fino húmedo =  $777.86 \text{ kg/m}^3 = 778 \text{ kg/m}^3$

Agregado grueso húmedo =  $987.681 \text{ kg/m}^3 = 988 \text{ kg/m}^3$

**Proporción en peso**

Cemento	AG. Fino	AG. Grueso	Agua
326/326	778/326	988/326	211/7.68
1	2.39	3.03	27.5 lt/bolsa

Relación agua-cemento de diseño =  $205/326 = 0.628$

Relación agua-cemento efectiva =  $211/326 = 0.647$

**Proporción en volumen**

Cemento	AG. Fino	AG. Grueso	Agua
0.104/0.104	0.299/0.104	0.377/0.104	0.211/0.104
1	2.88	3.63	2.03

## ANEXO 7: Hojas técnicas

	<b>FICHA TÉCNICA DE PRENSA DE COMPRESIÓN HIDRÁULICA</b>
---	---

MARCA	PERUTEST	
TIPO	COLUMNA	
MODELO	PT-003	
SERIE	007	
PROCEDENCIA	PERÚ	
Capacidad	120,000 kgf	

**DESCRIPCIÓN:** Prensa para rotura de concretos, bloques; hidráulica tipo vertical en acero inoxidable; realiza roturas a compresión. La prensa de 120 toneladas está diseñada para realizar los ensayos más exigentes del mercado nacional. Con su estructura robusta y el sistema digital, hacen de este equipo el ideal para los laboratorios. También imprime el valor de rotura pudiendo así conservar y guardar el dato.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Rango de medición: 0 -120 000 kgf	
Precisión: 1	
Transductor de 70 MPa.	
Bomba eléctrica.	
Base Metálica.	
Sistema de lectura digital ADR.	
Motor trifásico de 2 HP.	
Control de velocidad electrónico.	
Lector digital de fuerza con impresora.	

Dirección: Av. Chillon Lte 50B, Chacracerro, Comas, Lima  
Teléfonos: 01-764-5730, 913028621, 913028622, 913028623, 913028624  
EMAIL: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
<http://perutest.com.pe/>

## Balanza de electrónica



**NAVIGATOR**<sup>®</sup>  
Balanzas portátiles



### **Balanzas robustas y multifunción para una amplia variedad de aplicaciones de pesaje**

OHAUS eleva la relación precio-rendimiento con el nuevo diseño de la Serie Navigator, la cual es perfecta para aplicaciones en el laboratorio, la industria y la educación. De construcción robusta y multifuncional, la Navigator es una balanza potente capaz de manejar una amplia variedad de aplicaciones de pesaje con características tales como un tiempo de estabilización rápido, protección contra sobrecargas a cuatro veces su capacidad nominal y fácil operación.

#### **Características estándar:**

- **Diseñada para brindar exactitud y repetibilidad en aplicaciones de pesaje esenciales**  
Diseñada para una amplia variedad de aplicaciones de pesaje esenciales, la Navigator brinda exactitud y repetibilidad a un precio competitivo, lo que la convierte en una herramienta valiosa en entornos de laboratorio, industria y educación
- **Productividad mejorada con un rápido tiempo de estabilización**  
La serie Navigator está diseñada para estabilizarse con precisión en menos de un segundo para proporcionar resultados de pesaje rápidos y exactos, lo que mejora la eficiencia, la productividad y el rendimiento del operador.
- **La protección mecánica contra sobrecargas protege la balanza y aumenta la durabilidad**  
Un sistema de protección contra sobrecargas que puede soportar cargas de hasta cuatro veces la capacidad nominal protege la balanza. Un bloqueo para el transporte integrado protege la celda de carga durante el transporte/almacenamiento.
- **Sensor sin contacto para mayor comodidad y eficiencia**  
El sensor sin contacto de la Navigator libera sus manos para manipular muestras. Los usuarios pueden utilizar las funciones de poner a cero, imprimir, tara o cambiar las funciones sin tocar la balanza y mantener los residuos de la muestra fuera del teclado.

# Balanzas portátiles NAVIGATOR®

Modelo	NV222	NV422	NV622	NV221	NV621	NV1201	NV2201	NVT2201	NVT4201	NVT6201	NVT2200	NVT6200	NVT12000	NVT22000
Capacidad (g)	220	420	620	220	620	1200	2200	2200	4200	6200	2200	6200	12000	22000
Sensibilidad (g)	0,01			0,1						1				
Masa de calibración de extensión (no incluida)	200		300	200	300	500	1000		2000	5000	1000	5000		10000
Masa para calibración lineal	100, 200 g	200, 400 g	300, 600 g	100, 200 g	300, 600 g	500 g, 1 kg	1 kg, 2 kg	1 kg, 2 kg	2 kg, 4 kg	3 kg, 6 kg	1 kg, 2 kg	3 kg, 6 kg	5 kg, 10 kg	10 kg, 20 kg
Tiempo de estabilización	1	1,5		1			1,5		1					
Construcción	Carcasa de ABS y plato de acero inoxidable													
Calibración	Calibración externa, Span o Lineal seleccionables por el usuario / digital con peso externo													
Alcance de tara	Capacidad total por sustracción													
Unidades de pesaje	g, kg, N, oz, ozt, dwt, lb, lb:oz, ct, grano													
Modos de aplicación	Pesaje, conteo de piezas, pesaje porcentual, chequeo de peso													
Alimentación eléctrica	Adaptador de AC (incluido) o 4 pilas C (no incluidas)													
Duración de la batería	270 horas													
Temperatura de operación	10°C/50°F a 40°C/104°F entre 10 % y 85 % de humedad relativa, sin condensación													
Condiciones de almacenamiento	-20°C/-4°F a 55°C/131°F entre 10 % y 90 % de humedad relativa, sin condensación													
Comunicación	RS232, USB o Ethernet (disponible como accesorios)													
Tipo de pantalla	Pantalla de cristal líquido (LCD) con luz de fondo													
Tamaño de pantalla	Dígitos de 0,78 in/20 mm													
Tamaño del plato (An x P)	Ø 5,7 in/Ø 145 mm			7,5 x 5,7 in/190 x 144 mm				9,1 x 6,9 in/230 x 174 mm						
Dimensiones de la balanza (An x L x Alt)	8 x 9,1 x 2,8 in / 204 x 230 x 70 mm						9,5 x 9,8 x 2,9 in / 240 x 250 x 74 mm							
Dimensiones de empaque (An x L x Alt)	11,8 x 9,8 x 5,3 in/300 x 250 x 134 mm						15,2 x 13,2 x 6,7 in/385 x 335 x 170 mm							
Peso neto	2,2 lb/1 kg						3,3 lb / 1,5 kg							
Peso con empaque	3,3 lb / 1,5 kg						5,1 lb/2,3 kg							

## Otras características estándar

Carcasa de ABS, plato de acero inoxidable, bloqueo de transporte, interruptor de menú y de bloqueo para la calibración, patas antideslizantes y ajustables, burbuja de nivelación, protección mecánica y de software para sobrecarga y carga inferior, indicador de estabilidad, indicador de pilas bajas, apagado automático, opciones de impresión seleccionables por el usuario, configuración de comunicaciones seleccionable por el usuario

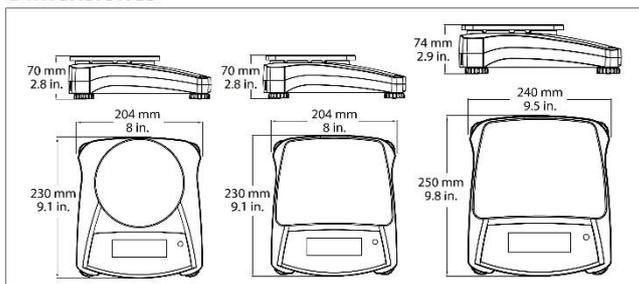
## Cumplimiento

- Seguridad del producto: IEC/EN 61010-1
- Compatibilidad electromagnética: IEC/EN 61326-1 clase B, entornos básicos; FCC Parte 15 Clase B; Canadá ICES-003 Clase B
- Marcas de conformidad: CE; MCR

## Accesorios

Interface USB .....	83032108	Maletín de transporte .....	30467963
Interface RS232 .....	83032107	Adaptador con enchufes .....	30467987
Interface Ethernet .....	83032109	Impresora, SF40A, AM .....	30064203
Kit de batería recargable .....	83032106		

## Dimensiones



80775653 20181109 © Copyright OHAUS Corporation

**OHAUS LATINOAMÉRICA**  
 Ohaus de México, S.A. de C.V.  
 Managua No. 697-404,  
 Col. Lindavista,  
 México, D.F. 07300

Correo electrónico:  
 ohausmex@ohaus.com  
 Tel.: +(52 55) 5586-4905

[www.ohaus.com](http://www.ohaus.com)

El sistema de gestión que rige  
 la fabricación de este producto  
 está certificado por la norma  
 ISO 9001:2015.



# Especificaciones técnicas del grafeno



Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., Ltd

## XFQ024 – Thin Layers Graphene Nanoplates

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

### Technical Parameters

<b>Product name</b>	Thin layers graphene nanoplates
<b>Conductivity</b>	800-1100 S/cm
<b>Apparent density</b>	0.07-0.11 g/cm <sup>3</sup>
<b>Tap density</b>	0.14-0.18 g/cm <sup>3</sup>
<b>Appearance</b>	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.

10/19/2018 Ed.2

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

**Zip1** for 210033  
**Tel:** 025-69657069  
<http://www.xfnano.com>

## Especificaciones técnicas del cemento

### CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS



Cemento Portland TIPO I, es un cemento de uso general, fabricado mediante la molienda de clinker y yeso en adecuadas proporciones, asegurando de esa manera un producto de calidad, para construcciones donde se requieran propiedades de avance y durabilidad en obra. Cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

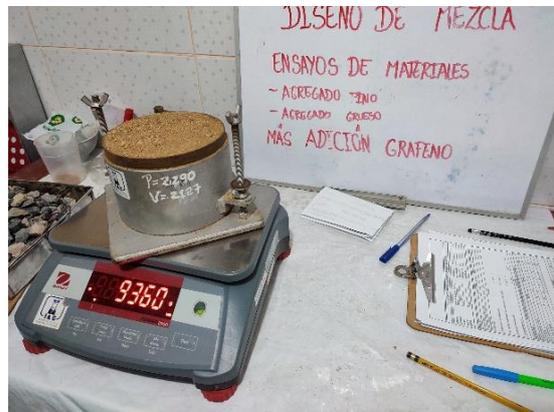
#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	CEMENTO QHUNA TIPO 1	REQUISITO DE NORMA 334.009 - ASTM C 150
Superficie Específica ( $\text{cm}^2 / \text{gr}$ )	3620	Mínimo 2800
Retenido 45 $\mu\text{m}$ ( % )	8.4	No Específica
Contenido de Aire ( % )	6.0	Máx. 12.0
Densidad ( $\text{g/ml}$ )	3.14	No Específica
Pérdida Por Ignición ( % )	2.47	Máx. 3.5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
1 DÍA Mpa ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )	10.0 ( 102 )	NE
3 DÍAS Mpa ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )	20.2 ( 206 )	12.0 ( 122 )
7 DÍAS Mpa ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )	27.9 ( 285 )	19.0 ( 194 )
28 DÍAS Mpa ( $\text{kg} / \text{cm}^2$ )	47.7 ( 487 )	28.0 ( 286 )
TIEMPO DE FRAGUADO		
Fraguado Inicial ( Minutos )	122'	Mínimo 45'
Fraguado Final ( Minutos )	245'	Máximo 375'

#### CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



## ANEXO 8: Panel fotográfico



Ensayos para caracterizar las propiedades físicas de los agregados.



Preparación del grafeno en polvo tipo industrial



Preparación de la mezcla



Encofrado de probetas



Curado de probetas



Ensayo de resistencia a la compresión