



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del
concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con grafeno y
fibras PET, Lima, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Flores Huapaya, Walter Raúl (orcid.org/0000-0002-5157-8668)

Velarde Chuchon, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-6319-7192)

ASESOR:

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (orcid.org/0000-0001-6774-8839)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres por apoyarme siempre de manera incondicional, alentándome a cumplir mis sueños, sosteniéndome en los momentos más difíciles, tanto moral como espiritualmente

-Luis Alberto Velarde Chuchon -

Esta tesis va dedicado a mis señores padres, hermanos, hijos y a mi esposa por darme la fuerza que necesitaba para lograr terminar esta hermosa carrera, acompañándome siempre a todos ellos con todo el amor del mundo.

- Walter Raúl Flores Huapaya -

AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente a Dios por llenarnos de salud y bendiciones al poder realizar el presente trabajo, a nuestro asesor por haber compartido sus conocimientos necesarios para su desarrollo y a todos mis compañeros por su amistad y apoyo absoluto, motivándome a seguir adelante y lograr nuestros objetivos.

Luis Alberto Velarde Chuchon y
Walter Raúl Flores Huapaya

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos | vii |
| Índice de tablas | viii |
| Índice de graficos y figuras..... | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| I.INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III.METODOLOGÍA..... | 13 |
| 3.1 Tipo y Diseño de investigación | 13 |
| 3.2 Variables y su Operacionalización | 13 |
| 3.3 Población, muestra y muestreo | 15 |
| 3.4Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 16 |
| 3.5 Procedimientos | 17 |
| 3.6 Métodos y análisis de datos..... | 17 |
| 3.7 Aspectos éticos | 18 |
| IV.RESULTADOS..... | 19 |
| V. DISCUSIÓN | 34 |
| VI.CONCLUSIONES | 41 |
| VII.RECOMENDACIONES..... | 43 |
| REFERENCIAS | 44 |
| ANEXOS | |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ficha Técnica del Concreto Autocompactante CAC..... | 9 |
| Tabla 2. Propiedades del Grafeno comparándola con diversos materiales. | 11 |
| Tabla 3. Ficha Técnica del PET..... | 12 |
| Tabla 4. Indicadores de proporciones de PET y grafeno..... | 16 |
| Tabla 5. Técnicas e instrumentos a considerar. | 17 |
| Tabla 6. Propiedades físicas del agregado fino..... | 20 |
| Tabla 7. Propiedades físicas del agregado grueso..... | 21 |
| Tabla 8. Concreto diseñado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 22 |
| Tabla 9. Ensayo de contenido de humedad. | 22 |
| Tabla 10. Ensayo de Gravedad específica y Absorción del agregado fino | 23 |
| Tabla 11. Ensayo de Gravedad específica y Absorción del agregado grueso .. | 23 |
| Tabla 12. Peso Unitario del Agregado Fino | 24 |
| Tabla 13. Peso Unitario del Agregado Grueso | 24 |
| Tabla 14. Consistencia de muestras ensayadas | 25 |
| Tabla 15. Cantidad de especímenes para los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado..... | 26 |
| Tabla 16. Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días de curado | 27 |
| Tabla 17. Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días de curado ... | 27 |
| Tabla 18. Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días de curado .. | 28 |
| Tabla 19. Cantidad de especímenes para los ensayos de flexión a los 28 días | 28 |
| Tabla 20. Resultados de los ensayos de flexión a los 28 días de curado | 29 |
| Tabla 21. Cantidad de especímenes para los ensayos de rotura de tracción a los 7, 14 y 28 días | 29 |
| Tabla 22. Resultados de los ensayos de tracción a los 7 días de curado | 30 |
| Tabla 23. Resultados de los ensayos a tracción a los 14 días de curado | 30 |
| Tabla 24. Resultados de los ensayos de tracción a los 28 días de curado | 31 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Asentamientos horizontales de las muestras ensayadas. | 26 |
| Figura 2. Frecuencia de los esfuerzos a la comprensión. | 32 |
| Figura 3. Frecuencia de los esfuerzos a la flexión. | 32 |
| Figura 4. Frecuencia de los esfuerzos a la tracción. | 33 |

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta resultados experimentales en los que se evaluaron los comportamientos de resistencia a compresión, flexibilidad, tracción y de manejabilidad de un concreto autocompactante adicionando grafeno y fibras PET, como opción para mejorar las propiedades en concretos autocompactantes. La investigación presenta un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño experimental, realizándose un muestreo no probabilístico elaborando 48 probetas cilíndricas y 08 probetas prismáticas. Los asentamientos de los especímenes demostraron que el aditivo superplastificante cumple con la extensibilidad del moldeo para su manejabilidad. Todas las mezclas fueron diseñadas con un 0.4% fijo de grafeno y con porcentajes variados de plástico, siendo los mejores resultados de resistencias a la compresión con el 1% del plástico PET, logrando aumentar un 3.62%, y con el 2% del polímero un 8.7% en flexión y de 14.5% en tracción, respecto a la muestra matriz. Concluyendo con la optimización del diseño con la adición de elementos sustentables de relevancia importante, debido a que poseen un gran impacto positivo al reusar materiales contaminantes para el medio ambiente, sociedad y economía, reduciendo la contaminación, con el aumento de la eficiencia de la composición de la mezcla de cemento.

Palabras clave: Concreto autocompactante, grafeno, fibras PET, propiedades físicas y mecánicas.

ABSTRACT

This research work presents experimental results in which the behaviors of compressive strength, flexibility, traction and manageability of a self-compacting concrete were evaluated by adding Graphene and PET fibers, as an option to improve the properties in self-compacting concrete. The research presents a quantitative approach, descriptive level, experimental design, performing a non-probabilistic sampling, making 48 cylindrical test tubes and 08 prismatic test tubes. The settlements of the specimens demonstrated that the superplasticizer additive complies with the extensibility of the molding for its workability. All the mixtures were designed with a fixed 0.4% of graphene and with varied percentages of plastic, with the best results of compressive strength with 1% of PET plastic, managing to increase 3.62%, and with 2% of the polymer a 8.7% in flexion and 14.2% in traction, with respect to the matrix sample. Concluding with the optimization of the design with the addition of sustainable elements of important relevance, because they have a great positive impact by reusing polluting materials for the environment, society and economy, reducing pollution, increasing the efficiency of the composition. of the cement mix.

Keywords: Self-compacting concrete, graphene, PET fibers, physical and mechanical properties.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es el producto de mayor uso en el mundo e importante por el sector de construcción, que aboca a innumerables investigadores, técnicos y profesionales en su elaboración, pero en este hecho se genera una mezcla de sus elementos conformantes donde el principal unificador es el cemento en cuya fabricación se produce CO₂, siendo el responsable generador del 8% de las emisiones mundiales. Esta huella de carbono generaría etapas cruciales como el actual cambio climático (Rodgers, 2018). En este proceso se buscaba contingencias de reemplazarlo total o parcialmente por algún elemento, es donde surge una de las posibilidades de solución con el uso de grafeno, material innovador al aumentar la eficiencia en la composición del hormigón (BBC.Mundo, 2017). Así se presenta un nuevo material denominado grafeno, donde el 0,1 por ciento de grafeno flash en el cemento utilizado para adherir concreto podría disminuir su impacto ambiental en un tercio, presentándose este proceso escalable en la industria (Williams, 2020). En ese contexto se proyecta el hecho que la mezcla posea necesidades específicas, para minimizar errores de adherencia y de cohesión entre sus componentes, proporcionando a su vez resistencia al ser comprimidos, y que por su viscosidad esta puede fluir en encofrados de acceso dificultoso, sin embargo, requiere de superplastificantes que coadyuven a fortalecer ciertas propiedades.

En el Perú la industria de la construcción contamina hasta en un 30% en el uso de materiales como el cemento, frente a esa problemática nació la idea de explorar el desarrollo de materiales de construcción alternativos que garanticen las propiedades físicas y mecánicas, es en ese contexto tenemos las obras de infraestructuras, donde el concreto autocompactante no se desarrolla totalmente, perdiéndose las ventajas de lograr reducir costos y tiempos que generarían condiciones relevantes en la calidad del concreto. Aun así, se han utilizado en las construcciones como la del Banco de la Nación (2015), Centro Comercial Inmobiliaria, Lima (2015), Nuevo Local de Cementos Pacasmayo, Piura (2015), Molino Vertical de Cementos Yura S.A. (2014) (Rodríguez, 2019).

Lima es una metrópoli que crece demográficamente y avanza con construcciones verticales ante las demandas de vivienda, que solicitan construcciones seguras y económicas, en agosto del 2022 el INEI, reportó el incremento del 6.02% del sector constructivo, ante mayores consumos de cemento de hasta 3.49% del consumo interno, ante la ejecución de edificaciones y habilitaciones entre otros. Por lo tanto el medio ambiente se ve afectado debido a la emisión de CO₂ que produce al ejecutar las obras.

Este trabajo de investigación, tiene como finalidad dosificar un concreto con la inclusión de grafeno y fibras polímeras de PET, a fin de analizar su comportamiento autocompactante y flexible, la metodología se establecerá claramente al recopilar la información ya existente para definir los porcentajes adecuados para los ensayos en demostración de su utilidad en la construcción. Las pruebas serán determinadas por los ensayos físicos y mecánicos para mostrar su viabilidad y posterior uso. Estas consistirán en la consistencia, compresión, flexibilidad y tracción. Concluyentemente, el uso de fibras PET, contribuirían en el control de elementos reciclables, mientras por la estructura del grafeno se pretende el generar mayor durabilidad del concreto dada sus propiedades que permiten crear nuevos materiales, promoviendo el desarrollo de las construcciones sostenibles en sus procesos y sustentables en el uso racional de recursos naturales, de forma de reducir el impacto ambiental.

En la siguiente pregunta se formula el problema de investigación : ¿Cuál es el análisis de las propiedades mecánicas y de cohesión de un concreto autocompactante con adiciones de grafeno y fibras PET recicladas?

De forma más específica: a) ¿Cuál es el comportamiento a la cohesión del concreto con adiciones de grafeno y fibras PET recicladas?, b) ¿Cuál es el comportamiento a la compresión del concreto con añadiduras de grafeno y fibras PET recicladas?, c) ¿Cuál es el comportamiento a la flexión y tracción del concreto incorporando grafeno y fibras PET recicladas?

Este estudio se justifica, metodológicamente la formación de muestras a ensayar nos proporcionará técnicas innovadoras en el uso del grafeno y PET, elementos que ofrecerán mayor resistencia a esta nueva dosificación, optimizando su comportamiento tanto físico como mecánico, tratando de crear un concreto autocompactante y flexible, que controle agrietamientos o fisuras generadas y soporte de mayores cargas axiales. Científicamente, se instauraría nuevos

elementos que reforzarían las características del concreto, que mejorarían su durabilidad.

Objetivo general: Determinar el análisis de las propiedades mecánicas y el comportamiento cohesivo de un concreto Autocompactante, adicionando grafeno y fibras de PET.

Objetivos específicos: a) Determinar el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante con adiciones de grafeno y fibras PET recicladas, b) Evaluar el comportamiento a la compresión de un concreto autocompactante con añadiduras de grafeno y fibras PET recicladas, c) Establecer el comportamiento a la flexión y tracción de un concreto autocompactante incorporando grafeno y fibras PET recicladas. Por lo que se argumentarán la hipótesis general: La incorporación de grafeno y fibras de PET, incidirían en el análisis de las propiedades mecánicas y el comportamiento cohesivo de un concreto autocompactante. Así como se contemplarán subordinadamente Hipótesis específicas: a) La adición de grafeno y fibras PET recicladas, mejorarán el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante, b) La añadidura de grafeno y fibras PET recicladas optimizarían el comportamiento a la compresión de un concreto autocompactante, c) La incorporación de grafeno y fibras PET recicladas, mejorarían el comportamiento a la flexión y tracción de un concreto autocompactante.

II. MARCO TEÓRICO

Al-Bayati, Butrouna, Steffen , Salman y Al-Qaralleh (2020), desde el Congreso de Investigación en Construcción 2020 (Tempe, Estados Unidos), investigaron sobre el efecto del grafito como suplemento cementicio, para el uso del concreto como conductor de electricidad, resistencia al ser comprimido y su trabajabilidad, bajo una metodología cuantitativa prepararon tres mezclas con grafito al 0.5%,1% y 2.5% del peso en cemento, más una mezcla control, realizando los ensayos a los 1, 2, 7 y 28 días del curado de muestras. Donde la mezcla resulto seca, entre 1.5" y 1.25" de asentado, recomendándose el uso de plastificantes, pero en la compresión ofrecieron un excelente nivel con 8223, 8357 y 7418 PSI a los 28 días respectivamente, versus la de control que resulto en 7274 PSI. En la resistencia eléctrica a medida que se aumentaba el grafito más del 1% esta conductividad decaía. Concluyendo que al aumento del 1% de grafito, la conductividad, sube la temperatura del concreto superficial generando un deshielo, que compensaría su asentamiento seco al mantenerlo húmedo, en cuanto a la compresión la suma del 1% de grafito generó un 15% más de resistencia, sin embargo, al 2.5% bajo un 80% respecto a la muestra control. Siendo susceptible que ciertos plastificantes aumentan los poros en el interior del concreto que produciría una mejor conductividad y trabajabilidad.

Bautista (2019), en su obtención para el grado de maestría en ingeniería aplicada, propuso una alternativa para mejorar las propiedades del concreto autocompactable tanto física como mecánicas adicionando óxido de grafeno y fibra de vidrio, siendo el objetivo principal analizar los cambios en las propiedades del concreto autocompactable con distintas dosificaciones, siendo las dosificaciones de 0.3%, 0.5% y 1.0% para la fibra de vidrio y de 0.1%,0.4% y 0.7% para el óxido de grafeno, para los agregados finos se adicionó de acuerdo a la normativa y los agregados gruesos no mayor 12.5 mm. Se realizó ensayos de resistencia a la compresión y flexión los resultados fueron favorables para la dosificación del 0.3% de fibra de vidrio y 0.1% de óxido de grafeno, llegando a superar un 11% en las pruebas de compresión y de 7% en la flexión, con respecto a la muestra matriz. Concluyendo que estos porcentajes añadidos logran sustentar la optimización del concreto.

Lugo y Torres (2019), realizaron su investigación con el objetivo de explicar la conducta mecánica de un concreto simple con adición de fibras poliméricas recicladas PET con curados de 7 y 28 días. Tratando de hallar el porcentaje que mejoraría las propiedades del concreto diseñado a 4000 PSI o 27 MPa de resistencia, en base a las normativas de procedimientos del ACI 211, elaboraron 6 cilindros sin fibras, 6 cilindros al 0.88% equivalente a 2 kg/m³, 6 cilindros al 0.176% a unos 4 kg/m³, y 6 cilindros al 0.264% igual a 6 kg/m³, resultando con un aumento del 12.55% a la rotura por compresión para rangos del 2 y 2.55% de fibras, los ensayos de flexión mostraron un comportamiento proporcional donde a mayor cantidad de fibras, mayores los esfuerzos flexibles en todas las muestras, presentando solo una reducción entre los 100 y 175 kg para luego incrementar su flexibilidad, en la resistencia a la tracción con rangos de 2 a 2.8% de fibras es decir entre 100 a 125 kg fueron lo más óptimo para luego presentar bajas tracciones en adelante. Determinando un rango óptimo de entre 96 y 110 kg de fibras, en relación del cociente entre el peso de las fibras por el peso total del modelo de diseño de mezcla, mejorando su tiempo útil de vida, con un costo bajo de las fibras al disminuir el acero en ciertos procesos.

Acevedo y Posada (2018) en su artículo investigado sobre el polietileno tereftalato (PET) como sustituyente parcial del árido fino en mezclas de concreto, desarrollado para la universidad Eafit Medellín, experimentaron con el retirar una porción de arena y reemplazarla por PET en dosificaciones de 5%, 10%, 15% y 20%, del volumen del agregado, para evaluar su manejabilidad y compresión, por lo cual elaboraron una mezcla patrón de 28 MPa con asentamiento entre 25 y 75 mm, referencial manual del ACI 211. Para cada diseño dosificado procesaron 9 muestras cilíndricas de 10 x 20 cm, realizando sus roturas a los 3, 7, y 28 días, cabe decir 2 probetas por dosificación más la muestra referencial, presentando asentamientos de 75, 70, 90 y 65 mm respectivamente, y en la compresión con descendencias en su resistencia de 4, 12, 14 y 17% al aumentar los porcentajes de PET. Concluyendo con la rescatibilidad de su manejabilidad donde la curva granulométrica se conserva con el 15% como la más apropiada y de resistencias mayores a 21 MPa, pero de disminución al aumentar el PET, siendo la más óptima la de adición del 5%.

Choque (2021), en el logro para optar el grado de doctor como ingeniero civil, publicó su tesis de mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, añadiendo grafeno, cuyo objetivo fue dar a conocer las bondades del nanomaterial con la incorporación de 0.1%, 0.2%, 0.3 %, y 0.4% de grafeno al concreto. Prepararon 90 testigos cilíndricos y 30 prismáticos bajo los procedimientos del método ACI, con pruebas de ensayos de rotura a los 7, 14, y 28 días, registrando resultados positivos donde el porcentaje del 0.4% produjo mejores resistencias, llegando hasta los 28 días con 283.12 kg/cm^2 , sobre un concreto base patrón de 211.28 kg/cm^2 a la compresión y de 44.60 MPa sobre un concreto matriz que dio 39.53 MPa en el esfuerzo a la flexión, entretanto en el esfuerzo a la tracción diametral fue de 46.10 MPa sobre 40.83 MPa de la muestra patrón. Finalizando con la consideración de que la dosificación del 0.4% de grafeno expresa la combinación más adecuada sobre lo investigado por lo que su utilidad es viable superando en un 33.67% en compresión, 12.83 % en flexión y de 12.91% a la tracción, a la muestra básica patrón.

Heredia y Peñaloza (2021), en su trabajo para el grado de maestros, investigaron sobre el uso de un concreto auto consolidante, con uso de aditivo superplastificante y retardante, para mejorar su versatilidad de colocación en encofrados verticales de la edificación Asturias situado en el distrito de Surco, bajo un enfoque cuantitativo de diseño experimental, diseñaron mezclas con dosificaciones de cemento en 8.55 bolsas, con relación a/c de 0.50, y áridos arena/piedra en rangos entre 550 a 750 mm. Los resultados de resistencia ofrecieron de 245 a 300 kg/cm^2 a los 28 días, numéricamente en el costo beneficio se redujo en 13.92 soles el concreto auto consolidante respecto a la producción del concreto convencional, por metro cúbico, respecto a la mano de obra, entretanto los recursos materiales presentan un 11% más de gasto del concreto auto consolidante, colocando en segundo plano el costo alto unitario del material al retribuir con mejores procedimientos de entregas aceptables influyentes en temas como el menor plazo de entrega al no utilizar equipos de vibración y amoladoras en el repicado o correcciones de elementos, llegando a la conclusión que con su uso se preserva el ambiente, agregando un valor a la imagen de corporaciones, aminorando los lapsos de vertimiento del concreto y eliminación de correcciones por resanes en las superficies de los acabados.

Baca, Vela y Chacón (2021), en su artículo desarrollado en el Cuzco, evaluaron de un concreto autocompactante sus propiedades mecánicas, al agregar fibras sintéticas Sikacem, en su proposición metodológica mediante el ACI 237R-07 (2019), dosificaron la mezcla con materiales del medio y aditivo reductor en base a policarboxilato eucoplast 8500HP, más las mencionadas fibras, desde un enfoque cuantitativo, descriptivo y diseño cuasi-experimental con muestreo no probabilístico y muestras de concreto autocompactante sin adición de fibras (patrón) y con fibras de 100 gr y 200 gr por bolsa de cemento, obteniendo los resultados de 271.3 kg/cm², 289.3kg/cm² y 302.1 kg/cm² respectivamente. Concluyeron que la adición de las fibras optima ligeramente las características mecánicas hasta un 4.54%, 11.39% en peso unitario, mientras los ensayos de resistencia comprimida llegaron a 11.39%, en el módulo de rotura de 12.47% y 12.08% en el módulo de elasticidad, por lo que es factible su utilización.

Quenta (2020), en su artículo sobre el estudio de los efectos resistentes del concreto con el uso de botellas PET recicladas, desarrollado en la Universidad del Altiplano, con una metodología experimental elaboraron muestras de concreto con la adición de fibras de 0 al 8 por ciento respecto al peso del cemento, desarrollaron pruebas de compresión y flexión, en los resultados de esfuerzos de compresión, fueron para la añadidura del 2% de PET llega a un 2.6% más que la muestra básica y con el 4% de PET disminuye en un 6.3%, sin embargo logra superar el $f'c$ de 210 kg/cm², respecto a los ensayos a flexión la mezcla del 4% de PET incrementa en 24% . Concluyendo que la muestra del 4% de PET presenta una mejor resistencia apropiada del concreto, siendo de utilidad en la solución de su reúso en mejora del cuidado del fragmentado entorno ambiental.

Del concreto autocompactante (CAC)

Según de la Peña (2000), es un hormigón de fluidez significativa y gran resistencia a la segregación durante su transporte, instalación y distribución en los encofrados y áreas con refuerzo de acero denso, sin vibrado de la mezcla. El comité ACI 237.R, precisa como una mezcla de alto desempeño que se instala cómodamente en el interior de un encofrado compactándose por su propio peso, sin uso de equipos externos con segregación casi nula.

Composición del Concreto Autocompactante

La norma ASTM C 494, establece que está compuesto por cemento, agua, agregados y aditivo, donde sus características principales son de fluidez, resistencia a la segregación y viscosidad plástica. A continuación, se describen los componentes usuales con los que se dosifica un concreto autocompactante. Como principal material tenemos al cemento, el cual adhiere y cohesiona la combinación de piedra caliza con arcillas calcinadas y trituradas, constituyendo una sólida pasta que ofrece capacidad de resistencia y durabilidad apropiadas (Nilson, 2000, p. 28), el otro elemento es el agua cuya determinada calidad en el concreto se desempeña como agua de amasado y de curado (Quiroz, 2006, p. 65). Conformante a la mezcla están los agregados, también conocidos como áridos que son materiales inertes que al mezclarse con aglomerantes y agua forma el concreto (Abanto F. , 2017, p. 87), entre los cuales se reconoce a la arena o agregado fino, el cual es un elemento inactivo del concreto que no excederá del 5% de arcilla o limos, ni más del 1.5% de orgánicas materias (Harmsen, 2002, p. 12). El otro es la piedra o agregado grueso, que son rocas que pueden utilizarse como piedra partida producida en chancadora o piedra zarandeada proveniente de los ríos o de cerros (Harmsen, 2002, p. 13). Por otro lado, están los aditivos su uso dependerán de ciertos requerimientos, lo cuales son elementos que se usan para mejorar el comportamiento de una mezcla, existiendo para acelerar o retardar el fraguado y su fortaleza (Nilson, 2000, p. 36). Entre ellos tenemos al plastificante Sikacem 4, que es una sustancia superplastificante que permite reducir el agua de mezclado, aumentando la resistencia (Sika Perú), regidas por la NTP 339.086.

Ensayos del Concreto Autocompactante

Desarrollada por Duft Abrams y asumida en 1921 por la ASTM, se evaluarán con el ensayo de consistencia Slump test, el cual radica en consolidar un ejemplar de concreto fresco vertiéndolo en un molde troncocónico, para luego retirar el molde y pasar a medir el asiento de la mezcla (ASTM C 143).

Ensayo de fluidez: aquel que se en el cual se coloca el concreto en el cono sin ninguna compactación, siendo el diámetro de su extensión la medida principal a registrar, sumado al tiempo en que demora la muestra alcanzar un diámetro de 500 mm, desde el retiro del cono y del lapso de tiempo que se extiende hasta el flujo se detiene (EFNARC, 2002, pág. 19).

Existiendo además los ensayos de anillo en J que evalúa la habilidad de fluir y de pasar entre barras de la armadura del anillo; Ensayo de caja L cuya finalidad es hallar valores de bloqueo y fluidez de la mezcla; Ensayo de caja en U el cual determina su capacidad de pasar y destreza para el relleno, y el ensayo de embudo V que observa la capacidad resistente a la segregación y bloqueo.

Tabla 1. Ficha técnica del concreto autocompactante CAC.

| Especificación | Valor | Observaciones |
|--|--|---|
| Manejabilidad | 650 mm +/- 50 mm | Según norma ASTM C 1611 |
| Flujo libre | 4 6 seg | |
| Viscosidad Relativa T50 | | |
| Resistencia a compresión | | Según norma ASTM C 39 |
| Tamaño nominal máximo del agregado mm (pulg) | 12.5 mm (1/2") | Según fuentes de suministros disponibles de cada región |
| Tiempo de fraguado | Inicial 6 horas +/- 2h Final 9 horas +/- 2h | Según norma ASTM C 403 |
| Especificaciones adicionales | Permeabilidad al agua | Según requerimientos del cliente a medida de sus necesidades y viabilidad técnica |
| | Resistencia a la penetración del ion cloruro | En temperatura: Mínimo 90°F (32°C), Máximo 95°F (35°C), Temperatura del concreto habitual Máximo 90°F (36°C), |

Fuente: Argos-Especificaciones del concreto autocompactante

Grafeno

La investigadora Paz (2018), muestra que es un material de estructura bidimensional, de forma alotrópica, fuertemente cohesionados de un átomo de espesor, como si fuera un panel de abejas, por su presentación hexagonal. derivado del carbono, aparece en diversas formas físicamente, con diferentes propiedades físicas y químicas según la agrupación de sus átomos, con una estructura de cristal bidimensional como red hexagonal.

El analista Abanto (2017), informaba que por el 2004, los ilustrados rusos trabajadores del centro estudiantil de Manchester, Andrei Gueim y Konstantin Novosólev (premiados con el Premio Nobel de Física 2010), lograron perfilar el carbono al dividir el grafito al cual se le denomina grafeno, cuyos átomos presentan una agrupación de moléculas constituidas hexagonalmente, como una lámina de grosor finísimo, respecto de un átomo, como si fuese un panel de abejas. El elemento se presenta como 100 veces más duro que el acero (otros afirman mayor a 200), más duro que el diamante, más liviano que el aluminio, tan dócil como un pétalo de papel, de trasluz casi general y superior al cobre por su transferencia de electricidad.

Granulometría del Grafeno

Según Navarro y Horacio (2017), es de forma tubular con diámetro del orden nanométrico, con contenido de carbono en medidas de una parte de la billonésima de un metro 1×10^{-9} mm". En cuanto a su peso un metro cuadrado de lámina de grafeno pesa 0.77 miligramos.

Propiedades del Grafeno:

Según Geim, (2009), presenta características electrónicas, mecánicas químicas y térmicas como son la dureza al ser resistente al desgaste; Elasticidad por tener poca factibilidad de quebrarse; Flexibilidad al ser moldeable; Conductividad calorífica por acceder al paso calorífico; Conductividad eléctrica con el menor uso de electricidad para trasladar energía; Transparente y ligera lo que permite la fabricación de pantallas ligeras plegables y enrollables; Resistente a la radiación por su durabilidad al desgaste; Densidad al ser elemento muy denso es impenetrable por otros átomos como el helio, al permitir el paso del agua; Antibacterial por el efecto de comportamiento del grafeno al verificar que las bacterias no se crean en su estructura (Infografeno, 2015). Presentamos en la tabla 2 las propiedades del material.

Tabla 2. *Propiedades del grafeno comparándola con diversos materiales.*

| Material | Módulo de Young (TPa) | Resistividad $\square.m$ (CN) | Conductividad térmica (W/m.K) | Densidad (g/cm ³) |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Grafeno | ~1.00 | 1×10^{-8} | 5000 | $< 18 \times 10^{-5}$ |
| Acero inoxidable | ~0.20 | 72×10^{-8} | 16.3 | 7.93 |
| Cobre | 0.124 | $\sim 1.68 \times 10^{-8}$ | 29 | 3.98 |
| Hormigón/cemento | ~0.05 | 104 | 1.8 | 2.3 |
| Oro | 0.082 | 2.21×10^4 | 314 | 19.32 |
| Poliestireno | ~0.03 | 106 | 0.13 | 1.05 |
| Polipropileno | ~0.0009 | 1015 | 0.22 | 0.9 |
| Vidrio | 0.069 | 1014 | 1.16 | 2.7 |
| Diamante | | 2.7 | 2000 - 2500 | 3.51 |

Fuente: Alloy Wire International (2021), Rodríguez Villalón (2016) y López-Polín (2016).

Polietilen tereftalato (PET)

Según QUIMINET (2017), tipo de plástico, cristalino y termoplástico, que se adapta a ser transformado, extremadamente duro y resistente al desgaste. Este polímero puede ser fabricado en diferentes formas, transformándose en distintos procesos de extrusión e inyección por termo formación. Una de sus mejores características es la cristalinidad y transparencia.

Propiedades del PET

Identificado por su alta pureza, firmeza y tenacidad y por su disposición es particularmente transparente y presenta resistencia química. Siendo por su composición un plástico reciclable totalmente, según Tecnologías de Plásticos (2017) el polímero presenta las propiedades procesables y consecuentes, como por soplado, inyección, extrusión y Liviano. Competente para crear botellas, películas, láminas y piezas. Trasluz y brillo con efecto de aumento de dimensiones de objetos. Ascendente resistencia al deterioro. Excelente factor de deslizamiento. Buena tenacidad química y térmica. Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad. Excelentes características mecánicas. Concordante relación costo / performance.

Aplicaciones del PET

Se destacan en algunos objetos y materiales elaborados a partir de este reciclable termoplástico, como los envases de botellas, textiles, fabricación de maquinarias, artículos de iluminación y otros elementos de publicidad (Servei Estació). La siguiente tabla 3 presenta una ficha del PET.

Tabla 3. Ficha técnica del PET.

| Propiedades | Método de prueba | Unidad | Valor Típico |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Densidad | ISO 1183 | g/cm ³ | 1.40 |
| Temperatura de servicio | ----- | °C | +40+110 |
| Temperatura máxima de Servicio en periodos breves | ----- | °C | ≤ 160 |
| Esfuerzo en el punto de fluencia | ISO 527 | MPa | 80 |
| % Elongación en el punto de ruptura | ISO 527 | % | 20 |
| Módulo de elasticidad a la Tensión | ISO 527 | MPa | 3200 |
| Resistencia al impacto | ISO 179/IeU | KJ/m ² | 82 |
| Dureza | ISO 13000-2 | Shore D | 81 |
| Tiempo límite de rendimiento 1/1000 (23°C/50% RH 100°C) | ISO 899 | MPa | 12 |
| Temperatura de distorsión térmica (Método A/B) | ISO 75 | °C | 67 (A) 165 (B) |
| Punto de fusión (A) | ISO 3146 | °C | 255 |
| Coefficiente de Expansión Lineal Térmica | DIN 53752 | 1/K 10 ⁻⁵ | 6 |
| Constante Dieléctrica (1 MHz) | IEC 250 | ----- | 3.3 |
| Factor de disipación (1 MHz) | IEC 250 | ----- | 0.02 |
| Resistencia Dieléctrica | IEC 245 | KV/mm | 98 |
| Resistencia Volumétrica | IEC 243 | Ohm*cm | 10 ¹⁶ |
| Absorción de Humedad a 23°C, 50% RH | ISO 62 | % | 0.23 |
| Absorción de Agua a 23°C, | ISO 62 | % | -0.5 |

Fuente: Multimarc

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018), indicaron que en las exploraciones cuasi-experimentales no es factible el controlar completamente a las variables intervinientes y manejar con facilidad las variables experimentales o variables independientes (p. 135). Nuestras indagaciones han mostrado variabilidad al incluir diferentes porcentajes de PET y grafeno, en afán de mejorar la durabilidad del concreto modificado.

Tipo de Investigación

Es aplicada, cuya finalidad es emplear medios o estrategias en el logro de encontrar la respuesta más eficaz y eficiente al problema que se analizará (Ñaupas et al., 2018, p. 408). Por lo que, basándonos en los resultados de nuestra investigación, trataremos de resolver el problema esbozado.

Enfoque de investigación

Caracterizado por el uso de métodos cuantitativos medibles técnicamente (Ñaupas et al., 2018, p. 140). De enfoque cuantitativo experimental dada las mediciones se realizarán a través de los ensayos de las muestras, recopilando datos y analizándolos en comprobación de la hipótesis.

Nivel de investigación

Descriptivo-explicativo, al desarrollar las preguntas sobre las características del hecho en búsqueda de las causas (Ñaupas et al., 2018, p. 208-209), dado que indagaremos en el tiempo, la correlación entre las variables y factores característicos de su finalidad.

3.2 Variables y su Operacionalización

3.2.1 Variable dependiente

X: Concreto Autocompactante

Definición conceptual: Silva (2020), tipo de concreto con capacidad de fluir altamente, que no requiere vibración para su consolidación en un elemento moldeable, facilitando específicamente su llenado en lugares de acceso limitado.

Definición operacional: Los elementos de diseño del concreto autocompactante poseen ciertas características en estado fresco por el flujo de su trabajabilidad, y endurecido con el esfuerzo a la rotura, presentando flexibilidad y tracción a probarse en los ensayos del laboratorio.

Dimensiones: Propiedades en estado fresco y en estado endurecido del concreto autocompactante.

Indicadores: Ensayo de consistencia, ensayo de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la flexión y el ensayo de resistencia a la tracción.

3.2.2 Variables independientes

Y1: Grafeno

Definición conceptual: Disposición de átomos de carbono, obtenida de la oxidación y exfoliación del grafito, este elemento se dispersa en agua lo cual facilita su mezclado con otros materiales (Ramos, 2017, pág. 39).

Definición operacional: La inclusión de grafeno al concreto indican una mejora sustancial en las propiedades mecánicas y físicas, donde además por su disolución en el agua, se considera su peso molecular y porcentaje de adición en la factibilidad de su mezclado en el hormigón.

Dimensiones: Se basará en las participaciones de los elementos del concreto con la dosificación del grafeno, identificando las mejoras de sus propiedades físicas y mecánicas.

Indicadores: de acuerdo a las dimensiones se referirán las características, que reconocerán como medirlas, analizar su granulometría y manifestación de resultados con la complementación del 0.4% de grafeno por proporción del cemento.

Escala de medición: de razón

Y2: FIBRAS PET

Definición conceptual: Elementos longitudinales constituidas por Tereftalato de polietileno, es una fibra de poliéster (polímero sintético), comúnmente conocido como plástico de bajo peso molecular, con aptitudes de reciclado, se obtiene por la polimerización del etileno, su función amenguar la fisuración del concreto al reducir la contracción plástica (Lugo y Torres, 2019. p. 27)

Definición operacional: Se cortarán longitudinalmente botellas de PET, cuyo elemento es de gran impacto por ser material reutilizable, el cual brinda ciertos comportamientos físicos y mecánicos al concreto en su estado fresco y endurecido.

Dimensiones: efectos de la fibra en la inclusión del concreto en sus estados fresco y endurecido.

Indicadores: según las dimensiones se enumerarán las características, que permitirán medirlas, como son su geometría y su exposición según las dosificaciones que se añadirán en porcentajes del PET, por proporción del cemento.

Escala de medición: de razón

Operacionalización de variables: Este proceso de transformación de variables llegando a apreciar sus dimensiones, indicadores, escalas e instrumentos, se expresa mediante una matriz de operacionalización (Ñaupas et al., 2018, pág. 261). Presentamos en anexos 1 una descomposición deductiva de las variables.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Tamayo (1999), cuantificación total de un fenómeno de investigación (pág. 111) nuestro caso será asumido por el concreto autocompactante.

Criterios de inclusión: Las características del concreto autocompactable, se vierten en las dosificaciones a emplear con resistencias de $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$, con características específicas en estado fresco de, trabajabilidad, de cohesión y en estado endurecido de resistencia, durable y de apariencia.

Criterios de exclusión: se excluye los ensayos de concretos con $f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$.

Muestra: Fragmento específico de la población (Tamayo, 1999, pág. 111). Tomaremos un subgrupo de la población como es el desarrollo de un hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Muestreo: Se tomarán 48 probetas cilíndricas y 8 prismáticas para los ensayos respectivos de compresión, tracción y flexión.

Unidad de análisis: Teniendo en cuenta la bibliografía, se tomarían las diferentes dosificaciones que se detallan, en la tabla 4. La tabla 4 muestra porcentajes de investigaciones que preceden a este estudio.

Tabla 4. *Indicadores de proporciones de PET y grafeno.*

| Investigador/ad iciones | Grafeno y Fibra de vidrio adicionado | Grafeno agregado al volumen | Fibras poliméricas sobre el peso de la muestra | Polietileno tereftalato en reemplazo del árido |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|
| Choque (2021) | | 0.1%-0.2%- 0.3%-0.4% | | |
| Montañez (2020) | | 0.5% - 1% | | |
| Saucedo, Atoche y Muñoz (2020) | | | | 1% - 0.75% |
| Lugo y Torres (2019), | | | 96 kg y 110 kg | |
| Lujano y Torres (2019), | | 0.09% - 0.19% | | |
| Bautista (2019) | 0.3% VM + 0.1% grafeno | | | |
| Acevedo y Posada (2018) | | | | 5%-10%-15%- 20% |

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se ha asumido un valor fijo para el grafeno de 0.4% y del PET con valores oscilantes del 1%, 2% y 3%, así se definen las siguientes dosificaciones:
M1: Mezcla de concreto autocompactante matriz de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, más el 0.4% de grafeno.

M2: Concreto autocompactante matriz con la añadidura de grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%, del peso del cemento.

M3: Concreto autocompactante matriz con la añadidura de grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%, del peso del cemento.

M4: Concreto autocompactante matriz con la añadidura de grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%, del peso del cemento.

Las cuales totalizan 56 muestras.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El proceso de recogida de datos envuelve tres acciones enlazadas precisamente entre sí: Seleccionamiento del instrumento, aplicación del instrumento en la muestra y análisis de la sintética información (Borja, 2012 p. 33). En la tabla 5 enumeraremos estos procesos de técnicas, que nos permitirán establecer las relaciones entre los objetos de estudio, así como las herramientas mostradas utilizadas en la obtención de la información y comprensión.

Tabla 5. Técnicas e instrumentos a considerar.

| Técnicas a constituir | instrumentos entregables | Normas |
|--|--|------------------|
| Análisis granulométricos del material por tamizado | Ficha o formato de registros | ASTM D-422 |
| Método ACI-211 | Ficha de la dosificación de la mezcla | |
| Proporciones del grafeno en la mezcla | Formatos y fichas de registro | |
| Tipologías del concreto en estado plástico | Formato de ensayos de revenimiento | |
| | Formatos de registros de ensayos a la compresión | ASTM C39 – 2004) |
| Tipologías del concreto endurecido | Formatos de registros de ensayos a la flexión | ASTM-C-1399 |
| | Formatos de registros de ensayos a la tracción | ASTM-C-1399 |

Fuente: Elaboración propia

Validez y confiabilidad

Para las validaciones de los documentos como los formatos y fichas entregables, del procedimiento metodológico y de los ensayos, serán a través de la confiabilidad del juicio de ingenieros expertos, quienes los ratificarán. Cabe indicar que las pruebas serán realizadas en un Laboratorio con equipamiento certificado por INACAL.

3.5 Procedimientos

La investigación es de tipo experimental, por lo que las técnicas a emplear se sustentarán en cada procedimiento desarrollado en los ensayos del laboratorio, iniciando con los áridos conformantes de la mezcla, para continuar con las adiciones que se incorporarán en el logro de optimizar sus propiedades. Se estará cumpliendo con los parámetros, normativas, manuales y especificaciones emitidas para el buen control de diseño, por lo que en cada ensayo se controlarán la aptitud de las variables en las combinaciones propuestas,

3.6 Métodos y análisis de datos

El desarrollo se valorará en cinco fases secuenciales metódicamente, según los objetivos propuestos.

1ra. Fase: se recopilará toda la información requerida para la definición de los porcentajes de dosificación de diseño del concreto autocompactante, que se proyecten con resultados óptimos.

2da. Fase: se obtendrán los materiales como los polímeros que se habilitarán de forma de fibras de 1 x 50 mm, y de grafeno material de exportación, para luego desarrollar los análisis granulométricos de los agregados con los que se dosificarán y diseñarán la mezcla matriz.

3ra. Fase: ejecución de los ensayos iniciales de trabajabilidad con la cohesión de sus componentes, con el equipo del cono de Abrams para muestra de su consistencia, sin ningún tipo de consolidación, midiéndose los tres diámetros en la obtención de su manejabilidad.

4ta. Fase: Luego de moldeado y curado de las probetas se realizarán los ensayos de compresión y flexotracción para observar sus valores.

5ta. Fase: análisis de las expuestas pruebas identificándolas por proporciones, para posteriormente pasar a compararlas con los resultados de otras investigaciones, a fin de llegar a concluir con el aporte logrado y ofrecer las recomendaciones que hubiere.

3.7 Aspectos éticos

El vigente estudio, se realizará con los valores y moral del estudiante, demostrando de manera eficaz y con veracidad los resultados logrados, así como se citarán a los investigadores que han antecedido esta tesis, cuya información ha sido base de sustento, respetando el derecho de autoría, registrándolas en las referencias bibliográficas.

IV. RESULTADOS

Para la fiabilidad de la investigación se ha desarrollado diversos ensayos a las unidades de análisis, evaluando los resultados con el software SPSS de forma de dilucidar la relación entre las variables. En anexos se describe la tabla donde se establece los rangos de confiabilidad según lo instituido por Lee Cronbach en 1951 con su coeficiente de alfa.

Resultados según objetivo general:

Análisis de las propiedades mecánicas y el comportamiento cohesivo de un concreto Autocompactante, adicionando grafeno y fibras de PET.

Es relevante el proceso de mezclado en la elaboración de muestras, para observar la distribución uniforme de las fibras ya que estas producen un efecto de retracción en el fraguado, por lo que se ha visto que el creciente contenido de PET, no afecta en demasía el revenimiento diametral del concreto que es de 9” en promedio, posiblemente ante el uso del aditivo superplastificante. Siendo indiscutible el asentamiento fluido presentado por las diferentes muestras de concreto que a medida de su extensibilidad relacionada a su propiedad física, se mantiene cohesiva, efecto que es observado en los esfuerzos de tracción indirecta, donde los resultados de las diferentes muestras superan a la muestra matriz. En cuanto a los valores resultantes de la resistividad de las probetas al ser comprimidas indican una baja al aumentar su porcentaje de dosificación en la mezcla adicionada comparada con la matriz, salvo la dosificación con el 1% de plástico reciclado que la supera 3.62%, y como era de esperarse el comportamiento al esfuerzo de flexión su tendencia a medida que se aglomera el plástico, los ensayos proporcionaron un creciente aumento de su resistencia flexible, llegando hasta un 8.7% más que la matriz tipo viga ensayada con el 2% de PET. En los procesos de rotura a tracción diametral las muestras supera hasta un 14.2% el ejemplar matriz con la adición del 2% del polímero PET, a los 28 días de curado para su evaluación.

4.1 Ensayos de granulometría de los áridos

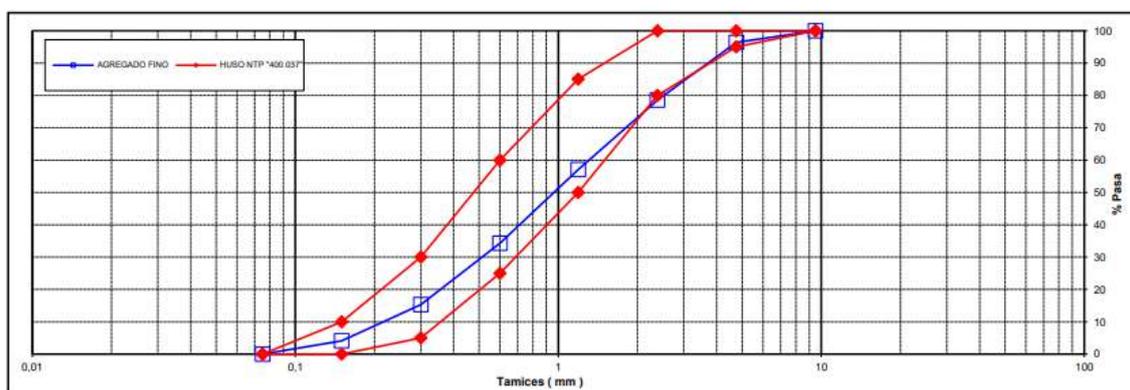
Se han realizado según las normas ASTM-136 2011, por lo que se presentan las siguientes tablas 6 y 7.

Tabla 6. Propiedades físicas del agregado fino.

| CRIBA | | Pesos en gramos | Porcentaje retenido | Porcentaje acumulado retenido | Porcentaje que pasa | Huso NTP 400.037 |
|----------|------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|
| Pulgadas | Milímetros | | | | | |
| 1" | 25 | | | | | |
| 3/4" | 19 | | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | | |
| 3/8" | 9.5 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100-100 |
| N°4 | 4.75 | 17.7 | 3.6 | 3.6 | 96.4 | 95-100 |
| N°8 | 2.38 | 87.0 | 17.8 | 21.5 | 78.5 | 80-100 |
| N°16 | 1.19 | 104.7 | 21.5 | 42.9 | 57.1 | 50-85 |
| N°30 | 0.60 | 111.3 | 22.8 | 65.7 | 34.3 | 25-60 |
| N°50 | 0.30 | 92.6 | 19.0 | 84.7 | 15.3 | 5-30 |
| N°100 | 0.15 | 54.5 | 11.2 | 95.9 | 4.1 | 0-10 |
| FONDO | | 20.0 | 4.1 | 100.0 | 0.0 | 0-0 |

Nota. Arena gruesa procedente de la cantera la Molina.

Curva granulométrica



Propiedades físicas

| | |
|---|-------|
| Módulo de fineza | 3.21 |
| Peso unitario suelto (Kg/m ³) | 1.368 |
| Peso unitario compactado (Kg/m ³) | 1.511 |
| Peso específico | 2.61 |
| Contenido de humedad (%) | 1.79 |
| Porcentaje de absorción (%) | 2.46 |

Observaciones

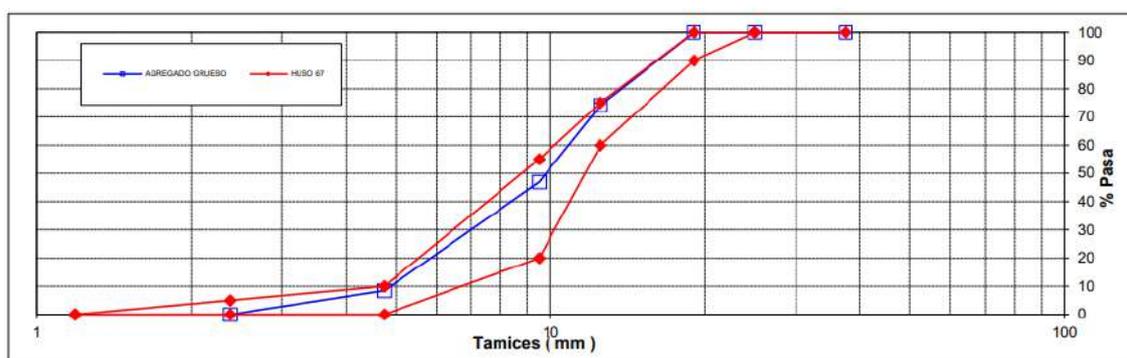
Se aprecia en la granulometría de la arena provista de la cantera Molina, que la muestra se encuentra dentro de los márgenes establecidos en la norma, con la determinación de un módulo de finura de 3.21.

Tabla 7. Propiedades físicas del agregado grueso.

| CRIBA | | Pesos en gramos | Porcentaje retenido | Porcentaje acumulado retenido | Porcentaje que pasa | Huso NTP 400.037 |
|----------|------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|
| Pulgadas | Milímetros | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100-100 |
| 1" | 25 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100-100 |
| 3/4" | 19 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 90-100 |
| 1/2" | 12.5 | 985.6 | 25.9 | 25.9 | 74.1 | 60-75 |
| 3/8" | 9.5 | 1034 | 27.1 | 53.0 | 47.0 | 20-55 |
| N°4 | 4.75 | 1469 | 38.6 | 91.6 | 8.4 | 0-10 |
| N°8 | 2.38 | 320 | 8.4 | 100.0 | 0.0 | 0-5 |
| N°16 | 1.19 | | | | | |
| N°30 | 0.60 | | | | | |
| N°50 | 0.30 | | | | | |
| N°100 | 0.15 | | | | | |
| FONDO | | | | | | |

Nota. Piedra chancada procedente de la cantera la Gloria.

Curva granulométrica



Propiedades físicas

| | |
|---|-------|
| Tamaño nominal máximo | 1/2" |
| Módulo de fineza | 6.45 |
| Peso unitario suelto (Kg/m ³) | 1.459 |
| Peso unitario compactado (Kg/m ³) | 1.595 |
| Peso específico | 2.76 |
| Contenido de humedad (%) | 8.49 |
| Porcentaje de absorción (%) | 0.65 |

Observaciones

La evaluación de la piedra chancada proveniente de la cantera Gloria, muestra una granulometría bajo los parámetros de la NTP 400.037 de Huso 67, siendo apto para su dosificación en el concreto.

4.2 Diseño del concreto

Abanto (2017), indicaba que estas proporciones del diseño de mezcla deberán ser seleccionados los materiales a fin de que brinden trabajabilidad, resistencia y durabilidad requerida para el trabajo específico (p. 59)., esta investigación diseñara un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la siguiente tabla 8 se expresa las cantidades requeridas, basadas en el método del ACI 211. 1 y ACI 237.R.

Por lo que se han desarrollado: Granulometría, finura de la arena, tamaño de grava máxima, densidad aparente de los áridos, absorción de la arena y la grava, masa unitaria de la grava compactada y humedad contenida de áridos.

Tabla 8. Concreto diseñado de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

| Concreto por m ³ | $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Componentes | Muestra patrón | PET 1.0% | PET 2.0% | PET 3.0% |
| Cemento Sol tipo I | 359 kg | 359 kg | 359 kg | 359 kg |
| Arena | 719 kg | 719 kg | 719 kg | 719 kg |
| Piedra | 995 kg | 995 kg | 995 kg | 995 kg |
| Agua | 225 lt | 225 lt | 225 lt | 225 lt |
| Grafeno 0.4% | 1.44 kg | 1.44 kg | 1.44 kg | 1.44 kg |
| PET | ----- | 3.59 kg | 7.18 kg | 10.77 kg |
| Densidad | 2252 kg/cm ³ | 2207 kg/cm ³ | 2193 kg/cm ³ | 2179 kg/cm ³ |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022). Dosificaciones de los componentes de las muestras.

Observación

Las densidades presentan una disminución, donde la referencial ofreció 2252 kg/cm³ y la dosificación más alta con 3% de PET tuvo una densidad de 2179 kg/cm³ donde la máxima reducción de densidad fue del -3.35%.

Tabla 9. Ensayo de contenido de humedad.

| Recipiente N° | Unidades | Arena (La Molina) | Piedra (La Gloria) |
|------------------------------|----------|-------------------|--------------------|
| Peso húmedo del suelo + tara | gr | 612.2 | 2524.3 |
| Peso seco del suelo + tara | gr | 602.5 | 2512.5 |
| Peso de la tara | gr | 63.9 | 115.9 |
| Peso del agua | gr | 9.6 | 11.8 |
| Peso del suelo seco | gr | 538.6 | 2396.6 |
| Contenido de agua | % | 1.79 | 0.49 |
| Contenido de humedad | % | 1.79 | 0.49 |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022).

Observación

Se verifica la cantidad de humedad en los materiales como la arena con el 1.79% y de la grava, con 0.49%.

Tabla 10. *Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino.*

| Muestra N° | Unidades | 1 |
|---|-----------------|----------|
| Peso de material suelo saturado superficial seco (en aire) | gr | 500.0 |
| Peso de frasco + H ₂ O | gr | 648.4 |
| Peso de frasco + H ₂ O + A.F. | gr | 1148.4 |
| Peso del material + H ₂ O en el frasco | gr | 961.1 |
| Volumen de la masa + Volumen de vacío | m ³ | 187.3 |
| Peso de material seco en estufa | gr | 488 |
| Volumen de masa | cm ³ | 175.3 |
| Peso específico BULK (Base seca) | gr | 2.605 |
| Peso específico BULK (Base saturada) | gr | 2.670 |
| Peso específico aparente (Base seca) | gr | 2.748 |
| Porcentaje de absorción | % | 2.46 |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022).

Tabla 11. *Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.*

| Muestra N° | Unidades | 1 |
|--|-----------------|----------|
| Peso de material suelo saturado superficial seco en aire | gr | 1081.0 |
| Peso de material suelo saturado superficial seco en agua | gr | 692.0 |
| Volumen de la masa + Volumen de vacío | cm ³ | 389.0 |
| Peso del material seco (105°C) | gr | 1074.0 |
| Volumen de masa | cm ³ | 382.0 |
| Peso BULK (Base seca) | gr | 2.761 |
| Peso BULK (Base saturada) | gr | 2.779 |
| Peso aparente (Base seca) | gr | 2.812 |
| Porcentaje de absorción | % | 0.65 |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022).

El peso unitario del agregado fino presentó las siguientes características que se describen en la tabla 12.

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Peso unitario varillado | : 1.511 gr/cm ³ |
| Peso unitario suelto | : 1.368 gr/cm ³ |
| Peso del molde | : 1070 gr |
| Volumen del molde | : 3009 cm ³ |

Tabla 12. *Peso unitario del agregado fino.*

| Muestra N° | P.U.C. (gr) | Densidades (gr/cm³) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Peso del molde + agregado (1) | 5598 | 1.505 |
| Peso del molde + agregado (2) | 5630 | 1.515 |
| Peso del molde + agregado (3) | 5618 | 1.511 |
| | P.U.S. (gr) | Densidades (gr/cm³) |
| Peso del molde + agregado (1) | 5186 | 1.368 |
| Peso del molde + agregado (2) | 5190 | 1.369 |
| Peso del molde + agregado (3) | 5185 | 1.368 |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022).

El peso unitario del agregado grueso presentó las siguientes características que se describen en la tabla 13.

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Peso unitario varillado | : 1.595 gr/cm ³ |
| Peso unitario suelto | : 1.459 gr/cm ³ |
| Peso del molde | : 2253 gr |
| Volumen del molde | : 9421.0 cm ³ |

Tabla 13. *Peso unitario del agregado grueso.*

| Muestra N° | P.U.C. (gr) | Densidades (gr/cm³) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Peso del molde + agregado (1) | 17207 | 1.587 |
| Peso del molde + agregado (2) | 17331 | 1.600 |
| Peso del molde + agregado (3) | 17287 | 1.596 |
| | P.U.S. (gr) | Densidades (gr/cm³) |
| Peso del molde + agregado (1) | 15952 | 1.454 |
| Peso del molde + agregado (2) | 15981 | 1.457 |
| Peso del molde + agregado (3) | 16050 | 1.464 |

Fuente: Laboratorio JCH SAC (2022).

Resultados según objetivo específico 1:

El comportamiento cohesivo de las mezclas básica patrón como adicionadas fueron a través del ensayo de flujo libre donde se observaron las consistencias utilizando el equipo del cono de Abrams, los cuales se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. *Consistencia de muestras ensayadas.*

| Especímenes | Slump test |
|---|-------------------|
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno | 8.5" |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET | 9" |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET | 9.5" |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET | 8.5" |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los ensayos realizados a los diferentes especímenes en su estado fresco, fueron efectuados en el molde del cono de Abrams, estas manifestaron asentamientos con medidas muy similares que reflejan un estado sumamente fluido, que llega hasta un revenimiento de 9.5".

Medidas de la extensibilidad en los ensayos de flujo libre

Para la observación de su asentado diametral se realizó a través del cono de Abrams su ensayo de extensibilidad o de flujo libre tomado de la NTC 5222, efectuado en una base plana horizontal humedecida, pero sin agua libre aplicado también al interior del cono rellenándolo luego sin ningún varillado o compactación, enrasándolo hasta el borde, para luego en el lapso de un minuto retirar el cono observando cómo se extendía el pastón sobre la base hasta llegar a su estabilidad, para la toma de medidas, que se observa en la figura 4.

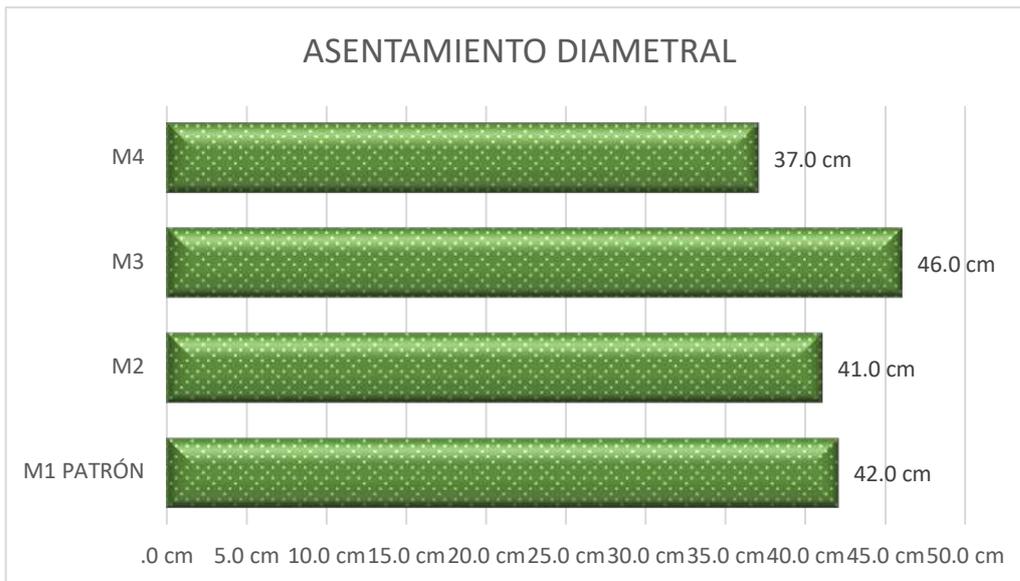


Figura 1. Asentamientos horizontales de las muestras ensayadas.

Interpretación

Asimismo, al tomar las medidas del asentamiento diametral, en la fluidez libre del concreto la muestra M3 es la que presenta mayor extensibilidad con 46 cm comparado con la del concreto de muestra patrón con 42 cm, lo cual indica la facilidad de colocación de la mezcla en el encofrado.

Resultados según objetivo específico 2:

En los ensayos del esfuerzo a la compresión se ha procedido inicialmente a la preparación de los especímenes en la cantidad descrita en la tabla 15.

Tabla 15. Cantidad de especímenes para los ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

| Descripción | Unidades | 7 días | 14 días | 28 días | Total |
|---|----------|--------|---------|---------|-----------|
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Total de especímenes | | | | | 24 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días de curado.

| Descripción | Unidad | 7 días | 7 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno(M1) | kg/cm ² | 198 | 197 | 197.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | kg/cm ² | 196 | 204 | 200 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | kg/cm ² | 196 | 192 | 194 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | kg/cm ² | 196 | 190 | 193 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Las medidas de los esfuerzos resultantes suscriben una disminución de la resistencia de compresión a medida que se aumenta la dosificación del PET, en la rotura a 7 días de curado, que en comparación con la mezcla matriz presentan diferencias de +1.27%, -1.17% y -2.28% en relación a los añadidos del 1,2 y 3 % de PET.

Tabla 17. Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días de curado.

| Descripción | Unidades | 14 días | 14 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno (M1) | Kg/cm ² | 223 | 221 | 222 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 224 | 227 | 225.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 224 | 217 | 220.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 218 | 214 | 216 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los resultados del CAC endurecido a los 14 días, continuaron con diferencias en porcentajes del +1.58%, -0.68%, -2.7% con el 1, 2 y 3% de PET, respectivamente con la tendencia a disminuir el esfuerzo de resistividad de compresión a medida que se aumenta la dosificación del PET.

Tabla 18. Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días de curado.

| Descripción | Unidades | 28 días | 28 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno (M1) | Kg/cm ² | 248 | 249 | 248.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 257 | 258 | 257.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 241 | 254 | 247.5 |
| Concreto autocompactante muestra patrón + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 240 | 247 | 243.5 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Los valores de resistencias desarrolladas a los 28 días son mayores a $f'c=210$ kg/cm², pero con diferencias de +3.62%, -0.40% y -2.01%, con el 1,2 y 3% del añadido de PET respecto a la muestra matriz, por lo que la única muestra que supera al diseño matriz es la M2 con el 1% del polímero PET.

Resultados según objetivo específico 3:

El comportamiento a la flexión y tracción de un concreto autocompactante incorporando grafeno y fibras PET recicladas, se observan en las tablas 19 y 20.

Tabla 19. Cantidad de especímenes para los ensayos de flexión a los 28 días.

| Descripción | Unidades | 28 días | Total |
|---|----------|---------|----------|
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno | Und | 2 | 2 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET | Und | 2 | 2 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET | Und | 2 | 2 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET | Und | 2 | 2 |
| Total | | | 8 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Resultados de los ensayos de flexión a los 28 días de curado.

| Descripción | Unidades | 28 días | 28 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno (M1) | Kg/cm ² | 22.6 | 25.9 | 24.25 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 25.8 | 25.9 | 25.85 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 27.0 | 25.7 | 26.35 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 23.5 | 24.2 | 23.85 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

De la tabla 20, se visualiza el comportamiento a flexión de muestras donde a mayor cantidad de fibras de plástico, se reducen sus esfuerzos, pero en todas las muestras ensayadas superan la resistencia de la muestra matriz, siendo la de mayor resistencia la M3 con el 2% de PET, superándolas en un 8.7 %, este es un indicativo que las fibras mejoran sustancialmente los esfuerzos de flexión en el concreto.

Tabla 21. Cantidad de especímenes para los ensayos de rotura de tracción a los 7, 14 y 28 días

| Descripción | Unidades | 7 días | 14 días | 28 días | Total |
|---|----------|--------|---------|---------|-----------|
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET | Und | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Total de especímenes | | | | | 24 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Resultados de los ensayos de tracción a los 7 días de curado.

| Descripción | Unidades | 7 días | 7 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno (M1) | Kg/cm ² | 17.6 | 16.7 | 17.15 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 19.2 | 17.8 | 18.5 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 18.8 | 21.0 | 19.9 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 18.9 | 19.7 | 19.3 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

De la tabla 22, se visualiza el comportamiento de resistencia inicial a los siete días de curados los especímenes, donde la tendencia preliminar muestra resultados de mejora de resistencia con el 2% del polímero, elevándose 19.9 Kg/cm² que representa un 16.03% comparándola con la muestra matriz.

Tabla 23. Resultados de los ensayos a tracción a los 14 días de curado.

| Descripción | Unidades | 14 días | 14 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno (M1) | Kg/cm ² | 20.2 | 20.5 | 20.35 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 21.0 | 21.3 | 21.15 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 22.5 | 23.1 | 22.8 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 22.0 | 20.9 | 21.45 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

De la tabla 23, se representa el proceder anterior a los catorce días de rotura de los moldes, donde la tendencia de las muestras presenta resultados de mejora de resistencia con el 2% de plástico llegando a 22.8 Kg/cm² que representa un 12.03% comparándola con la muestra matriz.

Tabla 24. Resultados de los ensayos de tracción a los 28 días de curado.

| Descripción | Unidades | 28 días | 28 días | Esfuerzos en promedio |
|--|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| | | 1ra probeta | 2da probeta | |
| Concreto autocompactante matriz (+ 0.4% de grafeno M1) | Kg/cm ² | 21.5 | 20.8 | 21.2 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 1% de PET (M2) | Kg/cm ² | 23.3 | 22.7 | 23.0 |
| Concreto autocompactante matriz+ 0.4% de grafeno + 2% de PET (M3) | Kg/cm ² | 23.6 | 25.7 | 24.7 |
| Concreto autocompactante matriz + 0.4% de grafeno + 3% de PET (M4) | Kg/cm ² | 23.8 | 22.0 | 22.9 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Se observa el comportamiento de los especímenes a esfuerzos a tracción diametral, donde si bien es cierto son menores a la resistencia a compresión, pero si mejoran todas las combinaciones en el comparativo respecto al resultado de la rotura de la muestra matriz, en 8.50%, 14.5% y 8.0% con el 1%, 2% y 3% de añadido del polímero.

Grado de confiabilidad en los resultados de ensayos

Estos se a realizado a través del programa SPSS que se desarrollan a continuación, en los anexos se registra los rangos y categorías.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,792 | 2 |

Interpretación

Los procedimientos de análisis de fiabilidad del SPSS, demuestran una medida de 0.792, que refleja una excelente confiabilidad para los resultados de resistencia a la compresión.

En el procesamiento de sus resultados de resistividad a los diversos esfuerzos, se observa en las gráficas la secuencia de resistencias obtenidas.

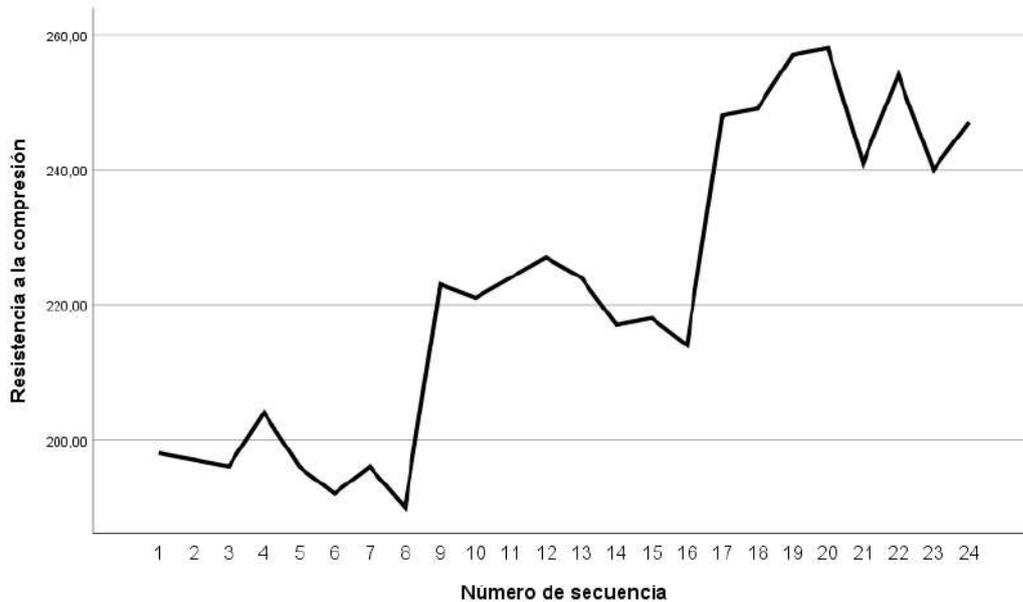


Figura 2. Frecuencia de los esfuerzos a la compresión.

En la figura 2 se representa la relación entre las cantidades secuenciales de roturas de probetas y las resistencias obtenidas en su esfuerzo a la compresión, donde los índices se elevan del 16 al 24 con resistencia máximas a los 28 días entre 240 a 260 Kg/cm².

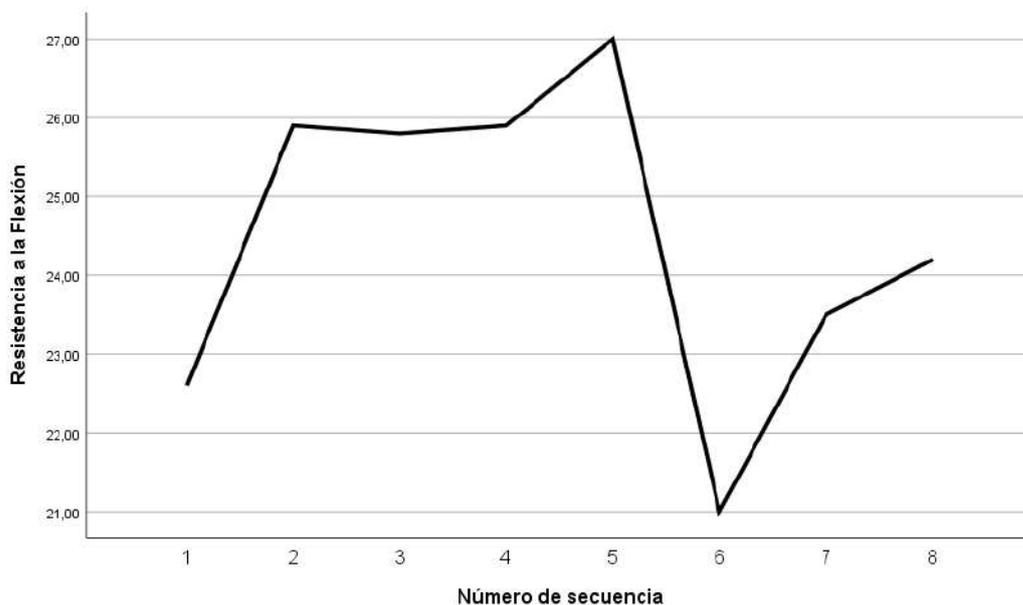


Figura 3. Frecuencia de los esfuerzos a la flexión.

En la figura 3 se simboliza la relación entre las cantidades secuenciales de fracturas de los moldes y las resistencias conseguidas en su esfuerzo a la flexión, donde los resultados de resistencia fueron oscilantes entre 21 a 27 Kg/cm².

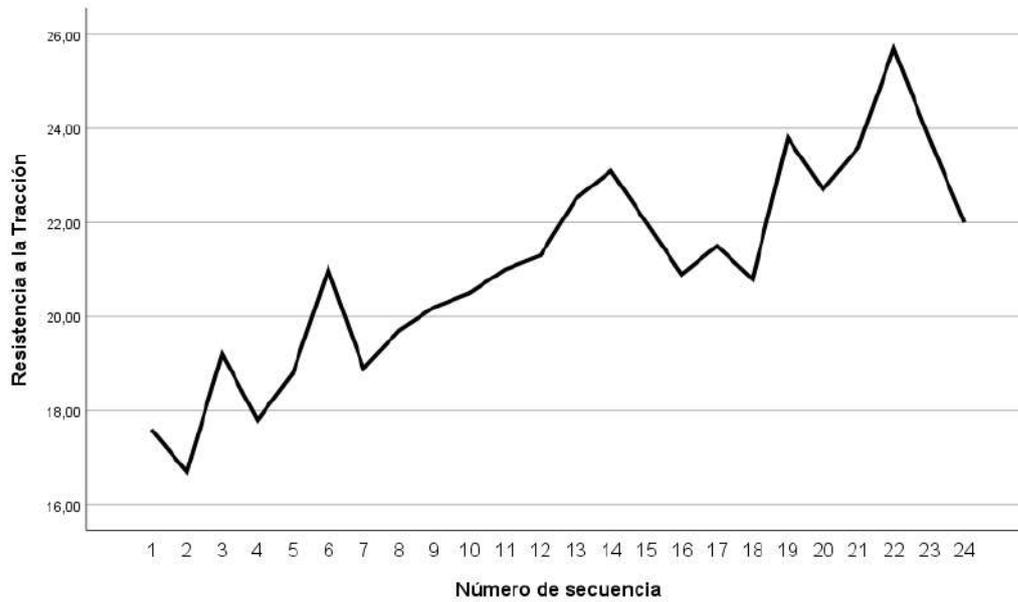


Figura 4. Frecuencia de los esfuerzos a la tracción.

En la figura 4 se constituye una consistencia entre las cantidades secuenciales de roturas de especímenes y las resistencias obtenidas, observándose la tendencia de elevación en sus esfuerzos a la tracción, reflejándose índices de 17 a 25 Kg/cm².

V. DISCUSIÓN

Objetivo general:

Los resultados obtenidos en los ensayos de las propiedades físicas sobre el comportamiento cohesivo de la dosificación de un concreto autocompactante con la adición del 0.4%, de grafeno indican una trabajabilidad sustancial al agregarse un aditivo superplastificante que mejoró la compactación de la mezcla no presentando segregación entre sus elementos conformantes, respecto a las propiedades mecánicas las dosificaciones con el 1% de fibras plásticas mejoraron la resistencia a la compresión en 3.62% para luego disminuir a medida del aumento del polímero, en la flexibilidad las muestras del 1% y 2% superaron la muestra matriz para luego reducirse su esfuerzo y en la tracción el 2% fue la más óptima con el 14.2% contra la muestra básica.

Objetivo específico 1: En los ensayos de flujo libre, efectuados del asentamiento de las muestras indican una consistencia fluida que va disminuyendo a medida que se adiciona mayor plástico, situación poco similar con los resultados obtenidos por Albayati et al. quienes obtuvieron mezclas más secas a medida que aumentaba el grafito, mientras Acevedo y Posada con la adición de PET presentaron resultados fluctuantes de 1 a 3 pulgadas de revenimiento a medida que sumaba mayor cantidad del plástico, resultados discordantes con nuestras muestras que presentaron una extensibilidad diametral que osciló entre 14 a 16 pulgadas y verticalmente entre 8.5 a 9.5 pulgadas, observándose el buen grado de unión de sus partículas que se evidenciaron con las pruebas de resistencia a la tracción. Por otro lado, el uso de un aditivo plastificante coadyuva la posibilidad de controlar la segregación de los elementos componentes de la mezcla, así como su manejabilidad en su estado fresco. Mientras Baca, Vela y Chacón en el flujo de asentamientos de sus pruebas de concreto autocompactante osciló en 6.56 a 6.4 cm, en su índice de estabilidad visual presento particularidades de consistencia y cohesividad deseadas, si bien es cierto su revenimiento difiere del hallado en nuestras muestras que fueron de 21.59 a 24.13 cm, resultados desbordantes en comparación, pero controlados en su desplazamiento horizontal al presentar un comportamiento cohesivo entre sus elementos con extensibilidad de promedio 41.5 cm en las muestras ensayadas.

Objetivo específico 2: El comportamiento a la compresión de un concreto autocompactante con añadiduras de grafeno y fibras PET recicladas, resultaron en desmejora de su resistencia al aumento del PET en los ensayos de rotura tanto a los 7 y 14 días, caso similar a lo investigado por Albayati et al., que hallaron la disminución del esfuerzo de las dosificaciones a medida que adicionaba grafito pero que, si superaban la resistencia del concreto básico, resultados no coincidentes con nuestras muestras. Mientras Lugo y Torres mostraron resultados aceptables al incrementar PET hasta el 2.55% no coincidente con nuestros estudios donde el aumento de PET al 3% bajaba su resistencia en los ensayos a los 7 y 14 días. En tanto para Lugo y Torres, lograron aumentar la resistencia del concreto al sumar PET entre el 2 y 2.55% que comparados con los expuestos en nuestras pruebas no coincidieron, pues la mayor resistencia se obtuvo con la agregación del 1% del PET.

Consistentemente, Acevedo y Posada llegaron a conclusiones sobre las disminuciones de la resistencia con la mayor adición de PET de hasta el -17%, resultados que se asemejaron con nuestros resultados al agregar mayor plástico a nuestras probetas, pero con depreciaciones ligeras del -2%.

Coincidentemente con el Dr. Choque el uso del 0.4% de grafeno es la proporción con la que se han efectuado los ensayos presentando mejoras favorables al ser comprimidos las probetas.

Entre tanto, Baca et al., al dosificar el concreto autocompactable obtuvieron un 11.39% de mayor efectividad en compresión, agregando 200 gramos de polímero, respecto a la proporción de cemento, resultados no coincidentes con los ensayos realizados donde nuestra mayor firmeza fue con el aditamento del 1% de PET de 170 gramos, mejorando hasta un 3.62% más que la muestra patrón. Por otro lado, Quenta nos ofrecieron con la añadidura del 2% de PET a su mezcla el mejor resultado con una resistividad de 2.6% mayor a su concreto básico, resultados relativa mente coincidentes con lo hallado en nuestras pruebas donde afirmamos que a medida que se aumentaba la proporción del plástico se aminoraba su esfuerzo a la compresión.

Objetivo específico 3: Respecto al comportamiento a la flexión, desde México Bautista, descubrió que con el complemento del 0.1 % de grafeno y 0.3% de vidrio en fibras, alcanzaron sus mejores resultados con una diferencia del 7% comparándose con su concreto patrón, efectos discrepantes al mejorar nuestros

especímenes probados con el 0.4% de grafeno sumados al 2% y 3% de PET y con una flexibilidad en las probetas prismáticas de 6.6% y 8.7% asociadamente. Sin embargo, Lugo y Torres mostraron que con el uso del 2 al 2.55% de PET las roturas en flexión mejoran su capacidad de resistencia, situación no coincidente a lo obtenido en los ensayos donde a mayor cantidad de PET se reduce el fuerza en -1.6% con el 3% del polímero. En este proceso el Dr. Choque desde Lima encontró la optimización de una mezcla con el 0.4% de grafeno mejorándose su flexibilidad de las muestras prismáticas en un 11.28%, similares resultados por cuanto también se han realizado los ensayos con este porcentaje del grafeno ofreciendo resultados óptimos entre el 1% y 2% de plástico. Mientras Baca et al., si mejoraron sus dosificaciones con 200 gr de fibras por bolsa de cemento llegándose a mejorar un 12.08%, siendo no congruentes con nuestros hallazgos debido a que las probetas con la agregación de 425 gr y 850 gr de fibras por bolsa de cemento, dieron entre un 6.6 y 8.7% de mayor efectividad a la flexión. Consecuentemente Quenta desde Puno en su artículo comentó sobre el incremento del 24 por ciento con la adición del 4% de PET respecto al peso del cemento en su dosificación, mientras que las pruebas realizadas en nuestros ensayos respecto a la cantidad de cemento divergen con los nuestros ya que fueron máximas del 3% con resultados de reducción de flexibilidad llegando hasta un -1.6%.

En cuanto al esfuerzo de tracción Lugo et al., en condiciones de adición entre 100 a 125 kg de fibras obtuvieron resultados óptimos para luego presentar reducciones ostensibles, resultados no similares a lo presentado en nuestras pruebas donde todas las muestras superaron el esfuerzo respecto al diseño del concreto básico hasta una adición del 3% del PET que en peso significaban unos 10.77 kg respecto a una bolsa de cemento. Coincidentemente, Choque, en la resistencia a la tracción diametral indico una mejora del 12.9% en sus ensayos, mientras las pruebas nuestras dieron un 12.2% resultados muy similares con el uso de 0.4% de grafeno. En su desarrollo Baca et al., en cuanto a la tracción de un concreto autocompactante incorporando fibras PET recicladas a 200 gr por peso del cemento mejoro un 12.47% hallazgos muy similares dado que se dosificaron con unos 170 gr de plástico mejorándose un 8% en su resistencia indirecta.

FODA

Aquí se enfocará la relevancia de los puntos que han influenciado en el análisis de la investigación, a tomar en cuenta en futuros estudios similares.

| Fortalezas | Debilidades |
|--|---|
| Aumento de la capacidad resistente a la flexibilidad al adicionar plástico PET | Restricciones por desarrollo de mezclas innovadoras |
| Recuperación de materiales contaminantes | Pocas empresas en el desempeño de la reutilización del producto |
| Oportunidades | Amenazas |
| Disminución del costo de elaboración del concreto | Inestabilidad de precios en los recursos de materiales |
| Diseño de mezcla de concreto innovador | Incertidumbre en el reusó de materiales conformantes de la mezcla |

Aportaciones de lo investigado: la intención de la investigación es aportar con una serie de criterios que consoliden la aplicación de técnicas innovadoras con el uso del grafeno y el reuso del plástico PET para mayor durabilidad de un concreto autocompactante y la mitigación de la contaminación del medio ambiente al reciclar estos plásticos.

Costos de elaboración del concreto autocompactante

La elaboración del análisis de costos unitarios que se presentan se han basado en los precios de adquisición de los materiales de proveedores próximos al laboratorio ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, para la fabricación de las muestras, que a continuación se presentan.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.4\%$ de grafeno

| | | | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| CONCRETO $f'c =$ | 210 kg/cm ² | Materiales= | 1947.92395 |
| Rendimiento: | 10 m ³ /día | Mano de obra= | 241.67 |
| Jornada: | 8 horas/día | Equipos y Herramientas= | 33.05 |
| Con Equipo | | Total de costo unitario | 2222.64 |

| RECURSOS | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | P.U. | PARCIAL | TOTAL |
|---|----------------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| MATERIALES | | | | | | |
| Arena Gruesa | kg | | 719.000 | 0.05 | 33.51 | |
| Piedra Chancada de 1/2" | kg | | 995.000 | 0.05 | 53.88 | |
| Cemento Portland tipo I (42.5 kg) | kg | | 359.000 | 0.52 | 186.09 | |
| Gasolina 84 octanos | gal | | 0.300 | 16.94 | 5.08 | |
| Aceite motor | gal | | 0.010 | 10.38 | 0.10 | |
| Grasa múltiple | lb | | 0.020 | 10.38 | 0.21 | |
| Grafeno | kg | | 1.440 | 1150.00 | 1656.00 | |
| Aditivo Sika plastificante | gal | | 0.225 | 52.00 | 11.70 | |
| Agua | m ³ | | 0.225 | 6.00 | 1.35 | 1947.92 |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.16 | 0.13 | 31.43 | 4.02 | |
| Operario | hh | 1.60 | 1.28 | 26.19 | 33.52 | |
| Oficial | hh | 1.60 | 1.28 | 20.6 | 26.37 | |
| Peón | hh | 9.60 | 7.68 | 18.63 | 143.08 | |
| Operador de equipo liviano (trompo) | hh | 1.60 | 1.28 | 27.09 | 34.68 | 241.67 |
| EQUIPOS | | | | | | |
| Herramientas Manuales 5% | %MO | | 5.00 | 241.67 | 12.08 | |
| Mezcladora de Concreto Tambor 16p3 20-35 HP | hm | 1 | 0.80 | 26.21 | 20.97 | |

El siguiente cuadro presenta los costos unitarios, donde se adiciona el plástico PET de medidas de 50 mm x 1 mm, vertidos en el software Ms Excel.

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE DE $f'c =$ | | | | | | |
|---|------------------------|-----------|----------|-------------------------|---------|----------------|
| 210 kg/cm² + 0.4% de grafeno +1% de PET | | | | | | |
| 210 kg/cm ² | | | | | | |
| CONCRETO $f'c =$ | | | | Materiales= | | 1989.21 |
| | 10 m ³ /día | | | | | |
| Rendimiento: | | | | Mano de obra= | | 241.67 |
| | 8 horas/día | | | | | |
| Jornada: | | | | Equipos y Herramientas= | | 33.05 |
| Con Equipo | | | | Total de costo unitario | | 2263.93 |
| RECURSOS | UND | CUADRILLA | CANTIDAD | P.U. | PARCIAL | TOTAL |
| MATERIALES | | | | | | |
| Arena Gruesa | kg | | 719.000 | 0.05 | 33.51 | |
| Piedra Chancada de 1/2" | kg | | 995.000 | 0.05 | 53.88 | |
| Cemento Portland TIPO I (42.5 kg) | kg | | 359.000 | 0.52 | 186.09 | |
| Gasolina 84 octanos | gal | | 0.300 | 16.94 | 5.08 | |
| Aceite motor | gal | | 0.010 | 10.38 | 0.10 | |
| Grasa múltiple | lb | | 0.020 | 10.38 | 0.21 | |
| Plástico PET | kg | | 3.590 | 11.50 | 41.29 | |
| Grafeno | kg | | 1.440 | 1150.00 | 1656.00 | |
| Aditivo Sika plastificante | gal | | 0.225 | 52.00 | 11.70 | |
| Agua | m ³ | | 0.225 | 6.00 | 1.35 | 1989.21 |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Capataz | hh | 0.16 | 0.13 | 31.43 | 4.02 | |
| Operario | hh | 1.60 | 1.28 | 26.19 | 33.52 | |
| Oficial | hh | 1.60 | 1.28 | 20.6 | 26.37 | |
| Peón | hh | 9.60 | 7.68 | 18.63 | 143.08 | |
| Operador de equipo liviano (trompo) | hh | 1.60 | 1.28 | 27.09 | 34.68 | 241.67 |
| EQUIPOS | | | | | | |
| Herramientas Manuales 5% | %mo | | 5.00 | 241.67 | 12.08 | |
| Mezcladora de Concreto Tambor 16p3 20-35 HP | hm | 1 | 0.80 | 26.21 | 20.97 | |

Interpretación

Relativamente la diferencia de costo es de S/ 41.28 al aumento de PET en la mezcla, esto indica un mayor costo con el uso del grafeno en ambos análisis, que comparativamente con un concreto sin adiciones resulta demasiado costoso, por lo que el diseño de los concretos autocompactantes son específicamente para su uso en la adaptación de ciertas exigencias en encofrados con grandes cuantías de acero y sobre todo en el requerimiento de concretos de alta resistencia.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye generalmente que los resultados de los análisis efectuados a la mezcla en sus diferentes estados, presenta mejoras en sus propiedades mecánicas, brindando una nueva dosificación del concreto autocompactante con la añadidura de 0.4% de grafeno más el 1% de plástico reciclado de PET como el diseño más óptimo.
2. Se concluye que el valor de las particularidades cohesivas de un concreto autocompactante con la suma de grafeno y plástico PET, varían en sus extensibilidades entre 37 a 46 cm según la adición del polímero, contrastadas con el ensayo de flujo libre y la T50, no llegando a desplazarse en los 50 cm establecidos en su procedimiento, debido a la cohesividad entre sus elementos al agregar el polímero.
3. Se concluye, con el diseño de la dosificación del mezclado del concreto autocompactante 1:2.18:2.83, agua 26.7 lt/bolsa, 425 gr de PET y 170 gr de grafeno por bolsa de cemento, se logró la máxima resistencia a la compresión de las muestras ensayadas de un concreto autocompactante con el 1% de PET y el 0.4% de grafeno, llegando a un $f'c=257.5 \text{ kg/cm}^2$ que representó una optimización respecto al concreto autocompactante matriz del 3.62%.
4. Se concluye que las fibras plásticas en proporciones de 425, 850 y 1275 gramos añadidos respecto al peso por bolsa de cemento, optimizan su flexibilidad en los ensayos con probetas prismáticas con resultados de 25.85, 26.35 y 23.85 kg/cm^2 , superando la muestras con el 1 y 2% de PET al ejemplar matriz que dieron 24.25 kg/cm^2 , lo cual indica que a medida de adicionar mayores porcentajes del polímero se reduce su esfuerzo a la tensión. En cuanto a los esfuerzos de tracción indirecta se concluye que, en condiciones de deformación, superan a la muestra matriz en 8.5%, 14.5% y 8%, resultados oscilantes que indican que a mayor tiempo de curado estos resultados presentan una disminución en su resistencia última a partir del 3% del añadido del PET, resultantes que se observan en las densidades de cada proporción que fueron de 2252, 2207, 2193, 2179 kg/m^3 del 0%, 1%, 2% y 3% de PET, donde se establece que a medida del aumento de la volumetría del plástico genera vacíos que producen una ruptura con menor grado de resistencia.

5. Se concluye que los costos directos de la elaboración del concreto autocompactante con el aditamento de grafeno y plástico difieren en 1.86% dado por la diferencia del agregado de plástico, que es mayor a un costo de un concreto básico sin adiciones, pero que presenta una reducción en horas máquina de compactación, horas hombre en mano de obra, horas maquina en equipos de bombeo, grúas entre otros, que se contrarrestan con la mayor durabilidad y calidad del concreto autocompactante, observable en el transcurso del tiempo de durabilidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el impulsar estudios en el diseño de mezclas adicionadas con grafeno y plástico PET, con diferentes proporciones a partir de lo investigado en este trabajo de forma de hallar óptimos concretos de sostenibilidad significativa, en búsqueda de la calidad del concreto.
2. Se recomienda el uso del concreto autocompactante ante su capacidad de consolidación sin vibración, reduciendo los tiempos del proceso constructivo.
3. Se recomienda que a la adquisición de los materiales estas cumplan con las características que se requieren para la elaboración de un concreto dentro del diseño de calidad en su resistencia programada.
4. Se recomienda el mayor reusó de materiales recuperables para su utilización en productos como la elaboración de concretos “flexibles” para una mejor respuesta de comportamiento elástico ante un evento sísmico.
5. Se recomienda el buscar alternativas de procesamiento del grafito que minimicen el costo de producción del grafeno.

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2017). *Tecnología del Concreto. Lima-Perú*. Lima-peru: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Abanto, F. (2017, p. 87). *Tecnología del Concreto. Lima-Perú*. Lima-peru: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Acevedo, J. A., & Posada, F. J. (2018). Polietileno Tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto.
- ACI 211. 2016. *Diseño de mezcla*. EE.UU : s.n., 2016.
- ACI 318. 2016. *Guía de curado externo de hormigón*. EE.UU : s.n., 2016. ISBN: 978-1-942727-87-3.
- ARGOS. Concreto autocompactante. Disponible en <https://mnisaccp01.blob.core.windows.net/panama/doc/Concreto%20autocompactante.pdf>
- ASTM C39. 2017. *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto*. EE.UU : s.n., 2017.
- ASTM-C136. 2011. *Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Lima Perú : s.n., 2011. NTG 41010-h1.
- Baca Uscamayta, C. E., Vela Cáceres, L. F., & Chacón Sánchez, V. (2021). Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas Sikacem®-1 Fiber <https://revistas.uandina.edu.pe/index.php/Yachay/article/view/308>
ISSN: 25209051
- Bautista. (2019). *Adición de Óxido de Grafeno y Fibra de Vidrio como alternativa sustentable, para mejorar las propiedades Físicas y Mecánicas de concretos Autocompactables*. . Mexico.: Universidad Veracruzana de Mexico.
- INEI (2022), Nota de prensa N° 132 de 15 agosto 2022 <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-077-2022-inei.pdf>
- BBC.Mundo. (2017). *5 gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta*. Reino Unido: BBC.
- Borja, Manuel. (2012 p. 33).
- De la Peña, B. (2000). *Propiedades y uso del hormigón autocompactante*. Chile: Revista Ingeniería de Construcción.

Jesus, L. y. (2019). *Caracterización del Comportamiento Mecánico del Concreto Simple con adición de Fibras Poliméricas Recicladas PET*. Colombia.

Lugo Mejía, Jesus y Torres Perez, Yefri. Caracterización del Comportamiento Mecánico del Concreto Simple con adición de Fibras Poliméricas Recicladas PET. Colombia : 2019. 89 pp.

DOI: 10.1088/1757- 899X/263/3/032037

CONCRETO autocompactante: origen, ventajas y aplicaciones [Mensaje en un blog]. Colombia: Argos/ Omar Javier Silva, (2020) [Fecha de consulta 23 de junio de 2022. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-autocompactante-origen-ventajas-y-aplicaciones>

CHOQUE Flores, Leopoldo. Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando Grafeno. Tesis (para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil. Universidad Federico Villarreal, 2021. De la Peña, Bernardo (2000). Propiedades y uso del hormigón autocompactante. Revista Ingeniería de Construcción. Volumen 15 N° 2, junio-diciembre 2000 Chile: 13 pp. Disponible en <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/214>

E.060, NTE. 2009. *Concreto armado*. Lima Perú : s.n., 2009. D.S;010-2009.

El País. Estructura y aplicaciones del grafeno. (23 de noviembre de 2014). Recuperado de https://elpais.com/elpais/2014/11/21/media/1416592800_277639.html

Geim, A. K. (2009). Graphene: Status and Prospects. *Science*, 1530-1534.

Jaramillo Botero, Gustavo (2019). Manual de Materiales de construcción. Disponible en <https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/4583/2%20SEM-Texto%20de%20Materiales%20de%20Construccion.pdf;jsessionid=6BFBD9C78CE6FE61209DC1833493634B?sequence=1>

GOICOECHEA, María Ursúa. Propiedades mecánicas de morteros de cemento con adiciones de fibras de carbono, nanotubos de carbono y grafeno. *Anales de Edificación* Vol. 3, N° 3, 12-19 (2017)

ISSN: 2444-1309

DOI: 10.20868/ade.2017.3674

GUTIÉRREZ Orihuela, K. N., Morales Flores, Óscar E., Chávez Ugaz, R., & Luna Victoria León, G. A. (2021). Investigación científica del grafeno en la industria de la construcción (estado del arte). *Ingeniería Industrial*, 11-24. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n.5798>

ISSN: 25236326

Hambach M, Möller H, Neuman T et al (2016). Portland cement paste with aligned carbon fibers exhibiting exceptionally high flexural strength (N 100 MPa). *Cement and Concrete Research*, 89, 80-86.

Harmsen E. Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. Pontificia Universidad Católica del Perú, ed 3, 2002, 697 pp.

ÑAUPAS Paitán Humberto, VALDIVIA Dueñas Raúl, PALACIOS Vilela, Jesús y ROMERO Delgado, Hugo. Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. Ediciones de la U, Quinta edición: Bogotá, Colombia, septiembre de 2018. 560 pp.

ISBN 978-958-762-876-0

INFOGRAFENO. El Grafeno, 2021. Disponible en <https://sites.google.com/site/elgrafenofuturoxd/como-funciona/sus-propiedades>

JOUMANA Yammine, MOHEND Chaouche, GUERINET Michel, MORANVILLE Micheline, ROUSSEL Nicolas (2008) "Form ordinary rheology concrete to self-compacting concrete: A transition between frictional and hydrodynamic interactions". *Cement and Concrete Research*. Vol. 38

DOI: 10.1016/j.cemconres.2008.03.011

KOSMATKA, Steven, KERKHOFF, Beatriz, PANARESE, William y TANESI, Jussara. Diseño y control de mezclas de concreto. Illinois: Portland Cement Association, 2004.

ISBN: 0893122335.

La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías. (Mensaje en blog). Rodgers Lucy (17 diciembre 2018). [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2022]. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>

Liu Hongxun, Lin, Boqiang (2016) "Ecological indicators for green building construction" *Ecological Indicators*, Vol. 67 pp. 68-77 doi: 10.1016/j.ecolind.2016.02.024

Li V.C, Mishra D.K., Wu H.C. (1995), Matrix design for pseudo-strain-hardening fibre reinforced cementitious composites, Mater. Struct. 28: 586–595.

LUJANO Panca, Víctor y TORRES Aldazabal, Abrahan. Adición del grafeno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm² Callao – 2021. Tesis (título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83956>

LUGO Mejía, Jesús y TORRES Pérez, Yefri. Caracterización del Comportamiento Mecánico del Concreto Simple con adición de Fibras Poliméricas Recicladas PET. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019. 89 pp. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23953/1/TESIS%20FIBRAS%20PET%20EN%20EL%20CONCRETO.pdf>

NTP 339.034. 2008. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima : .n., 2008. ICS:9110030.

NTP339.033. 2009. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo . Lima Perú : s.n., 2009. ICS:91.100.30.

NTP339.035. 2009. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima Perú : s.n., 2009. ICS:91.100.10.

NTP339.078. 2012. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima Perú : s.n., 2012. I.C.S.: 91.10.

NTP400.012. 2001. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima Perú : s.n., 2001. ICS:9110030.

Todo lo que quería saber del PET [en línea]. Bogotá: La Web de QUIMINET. [Fecha de consulta 27 noviembre 2022]. Disponible en <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>

RAMOS Fernández, Gloria. Efecto de la química superficial del óxido de grafeno en el desarrollo de aplicaciones. Tesis [Doctor en Ingeniería Química], España: Universidad de Alicante, 2017. 375 pp. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=122544>

RAMÍREZ Corredor, Anderson y PORTELA Osorio, Juan. Comportamiento de la resistencia a la compresión de muestras de concreto adicionadas con ceniza

volante con porcentajes inferiores al 10%. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

MC CORMAC Jack y BROWN Rusell. Diseño de concreto reforzado. Alfaomega ed 10. 318-14 del Código ACI., México, 2017, 664 pp. Disponible en https://www.academia.edu/43514207/Dise%C3%B1o_de_Concreto_reforzado_McCormac_Ed_10

ISBN: 9786076229705

ORTEGA García, Emilio. Diseño de estructuras de Concreto Armado Tomo I. Macro ed 1, 2015. 230 pp. Disponible en

ISBN 9786123042172

PASQUEL Carbajal, Enrique. Tópicos de tecnología de concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional, ed 2. Lima Perú, 1998. Disponible en <https://toaz.info/doc-view>

PAZ Ortega, Irene. El Grafeno posibilidades del grafeno en la arquitectura. Tesis (Grado en Fundamentos de la Arquitectura). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2018. 70 pp. Disponible en https://oa.upm.es/49708/1/TFG_Paz_Ortega_Irene.pdf

¿Qué hay del grafeno, el material de Dios que iba a cambiar el mundo? 27/09/2017. Cabrera J., (27 de setiembre de 2017).(Fecha de consulta 17 de junio de 2022). Recuperado de <https://www.nobbot.com/pantallas/que-hay-del-grafeno/>

QUIROZ Crespo, Mariela y SALAMANCA Osuna Lucas. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “Tecnología del hormigón”. Tesis (Diploma Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil). Cochabamba – Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2006. 429 pp.

Disponible en https://www.academia.edu/40375690/TECNOLOG%3%8DA_DEL_HORMI_G%3%93N_Presentado_por_MARIELA_VIVIAN QUIROZ_CRESPO

RISK Marcelo. Nanobioingeniería: Historia y futuro. Instituto Tecnológico Metropolitano, Tecno Lógicas; 18; 34; 6, 2015, 9-11

ISSN: 01237799

RIVVA López, Enrique. Naturaleza y materiales del concreto. Lima: ACI Perú, 2000. 402 pp. Disponible en

https://www.academia.edu/43750881/Naturaleza_y_materiales_del_concreto_-_Enrique_Rivva_L%C3%B3pez

SILVA Yimmy, ROBAYO Rafael, MATTE Pedro y DELVASTO Silvio. Obtención de concretos autocompactables empleando residuos de demolición. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales. Vol. 35.2014.

ISSN: 2244-7113

SILVA Yimmy y DELVASTO Silvio (2018). Concreto autocompactante con materiales cementicios suplementarios de Colombia. HAC 2018 V Congreso Iberoamericano de Hormigón Autocompactante y Hormigones Especiales. Valencia, marzo de 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/HAC2018.2018.6090>

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4ta ed. Mexico : LIMUSA S.A, 2003.440 pp.

ISBN:9681858727.

TECNOLOGÍAS DE PLÁSTICOS. PET [en línea]. Bogotá: Blogspot [citado 11 septiembre, 2017]. Disponible en Internet: <http://www.plastico.com/temas/En-Colombia,-el-reciclaje-de-PET-botella-abotella-tiene-futuro+ 3089010>>

Sánchez Sánchez Wilder. El grafeno y sus implicancias en los proyectos mineros cupríferos. Servindi 2017. Disponible en <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/04/01/2017/el-grafeno-y-sus-implicancias-en-los-proyectos-mineros-cupriferos>

Williams, Mike. (2020, 27 de enero). Rice lab turns trash into valuable graphene in a flash. Rice University. News and Media Relations. <https://news.rice.edu/news/2020/rice-lab-turns-trash-valuable-graphene-flas>

ANEXOS

ANEXO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO 2: FORMATOS VALIDADOS POR EXPERTOS

ANEXO 3: RESULTADOS DEL LABORATORIO

ANEXO 4: TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 5: TABLA DE CONFIABILIDAD SEGÚN CONDICIONES

ANEXO 6: UBICACIÓN DEL LABORATORIO JCH S.A.C.

ANEXO 7: ELEMENTOS A DOSIFICAR PARA EL CONCRETO

ANEXO 8: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO TIPO 1 SOL.

ANEXO 9: REPORTE DEL TURNITIN

ANEXO 10. NORMA ASTM C143, RESISTENCIA AL ASENTAMIENTO

ANEXO 11. NORMA ASTM C39, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ANEXO 12. NORMA ASTM C78, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

ANEXO 13. PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“Análisis de resistencia a la compresión y cohesión del concreto Autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022”

| VARIABLES | | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|---|--------------------|
| Variable independiente | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Grafeno | Disposición de átomos de carbono, obtenida de la oxidación y exfoliación del grafito, este elemento se dispersa en agua lo cual facilita su mezclado con otros materiales (Ramos, 2017, pág. 39). | La inclusión de grafeno al concreto brinda una mejora sustancial en las propiedades mecánicas y físicas, donde además por su disolución en el agua, se considera su peso molecular y porcentaje de adición en la factibilidad de su mezclado en el hormigón. | Dosificación del grafeno | Peso Añadida de 0.4% de grafeno del peso del cemento | |
| Fibras PET | Elementos constituidas por Tereftalato de polietileno, fibra de poliéster (polímero sintético), conocido como plástico de bajo peso molecular, con aptitudes de reciclado, se obtiene por la polimerización del etileno, su función amenguar la fisuración del concreto al reducir la contracción plástica (Lugo y Torres, 2019. pág. 27) | Se emplearan fibras de PET de cierta geometría, estas gran impacto por ser material reutilizable, el cual brinda ciertos comportamientos físicos y mecánicos al concreto en su estado plástico y endurecido. así como agregar un porcentaje de adición en la factibilidad de su mezclado en el hormigón. | Dosificación de PET | Geometría de las fibras. Añadida del 1.0% , 2.0% y 3.0% de fibras PET del peso del cemento | Razón |
| Variable dependiente | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Concreto Autocompactante | Silva (2020) Tipo de concreto con capacidad de fluir altamente, que no requiere vibración para su consolidación en un elemento moldeable, facilitando específicamente su llenado en lugares de acceso limitado. | Los elementos de diseño del concreto autocompactante poseen ciertas características de flujo por su trabajabilidad, de esfuerzo a la rotura, presentando flexibilidad y tracción a probarse en los ensayos del laboratorio. | Propiedades en estado plástico del concreto autocompactante Propiedades en estado endurecido del concreto autocompactante | Trabajabilidad Compresión Flexión Tracción | Razón |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: FORMATOS VALIDADOS POR EXPERTOS

| LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código | --- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------|--------------|-------------------|------------------------|-----------------|--------|--------|----|--|--|--|--|----|----|--|--|--|--|--------|------|--|--|--|--|----|----|--|--|--|--|------|----|--|--|--|--|------|------|--|--|--|--|------|-----|--|--|--|--|-----|------|--|--|--|--|-----|------|--|--|--|--|------|------|--|--|--|--|------|------|--|--|--|--|------|------|--|--|--|--|-------|------|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Página | --- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto PROYECTO : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" UBICACIÓN : Lima FECHA : 01/06/22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO : Combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera Jicamarca y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera Jicamarca Muestra proporcionada e identificada por el peticionario. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A) ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMIZ</th> <th rowspan="2">% RET.</th> <th rowspan="2">% RET. ACUM.</th> <th rowspan="2">% PASA</th> <th rowspan="2">% PASA HUSO NTP 1 1/2"</th> </tr> <tr> <th>(Pulg)</th> <th>(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2 1/2"</td><td>63</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº4</td><td>4.75</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº8</td><td>2.38</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº16</td><td>1.19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº30</td><td>0.60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº50</td><td>0.30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nº100</td><td>0.15</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> | | | | TAMIZ | | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA | % PASA HUSO NTP 1 1/2" | (Pulg) | (mm) | 2 1/2" | 63 | | | | | 2" | 50 | | | | | 1 1/2" | 37.5 | | | | | 1" | 25 | | | | | 3/4" | 19 | | | | | 1/2" | 12.5 | | | | | 3/8" | 9.5 | | | | | Nº4 | 4.75 | | | | | Nº8 | 2.38 | | | | | Nº16 | 1.19 | | | | | Nº30 | 0.60 | | | | | Nº50 | 0.30 | | | | | Nº100 | 0.15 | | | | | FONDO | | | | | |
| TAMIZ | | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA | % PASA HUSO NTP 1 1/2" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Pulg) | (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2" | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1" | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 9.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº4 | 4.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº8 | 2.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº16 | 1.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº30 | 0.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº50 | 0.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº100 | 0.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FONDO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B) CURVA DE GRANULOMETRIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C) PROPIEDAS FISICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tbody> <tr><td>Tamaño Nominal Máximo</td><td></td></tr> <tr><td>Módulo de Finura</td><td></td></tr> <tr><td>% Agregado grueso</td><td></td></tr> <tr><td>% Agregado fino</td><td></td></tr> </tbody> </table> | | | | Tamaño Nominal Máximo | | Módulo de Finura | | % Agregado grueso | | % Agregado fino | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tamaño Nominal Máximo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Módulo de Finura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Agregado grueso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Agregado fino | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Nombre: JULCA TARAZONA FAUSTINO * C.I.P.: 281259 * D.N.I.: 41909717 * CELULAR: 990 089 058 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|-------------------------------|---|----------|-----|
| LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código | --- |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión | |
| | | Fecha | |
| | | Página | --- |

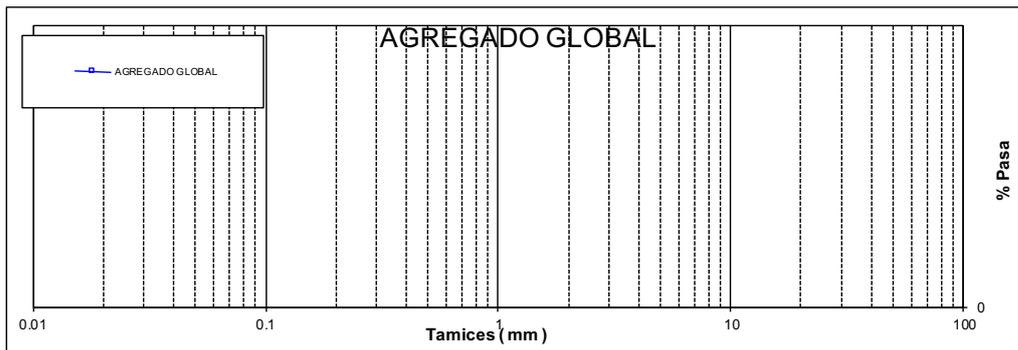
SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : 01/06/22

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO :
 Combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera Jicamarca
 y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera Jicamarca
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

| TAMIZ | | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA | % PASA HUSO NTP 1 1/2" |
|----------|--------|--------|--------------|--------|------------------------|
| (Pulg) | (mm) | | | | |
| 2 1/2" | 63 | | | | |
| 2" | 50 | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | |
| 1" | 25 | | | | |
| 3/4" | 19 | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | |
| 3/8" | 9.5 | | | | |
| Nº4 | 4.75 | | | | |
| Nº8 | 2.38 | | | | |
| Nº16 | 1.19 | | | | |
| Nº30 | 0.60 | | | | |
| Nº50 | 0.30 | | | | |
| Nº100 | 0.15 | | | | |
| FONDO | | | | | |

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

| | |
|-----------------------|--|
| Tamaño Nominal Máximo | |
| Módulo de Finura | |
| % Agregado grueso | |
| % Agregado fino | |

*** VALIDACIÓN DE EXPERTO**

* Nombre: RAMIREZ AREDO EDDY JANDI

* C.I.P.: 269445

* D.N.I.: 41141019

EDDY JANDI
 RAMIREZ AREDO
 INGENIERO CIVIL
 D.N. CIP 269445

| | | | |
|-------------------------------|---|----------|-----|
| LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código | --- |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión | |
| | | Fecha | |
| | | Página | --- |

SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : 01/06/22

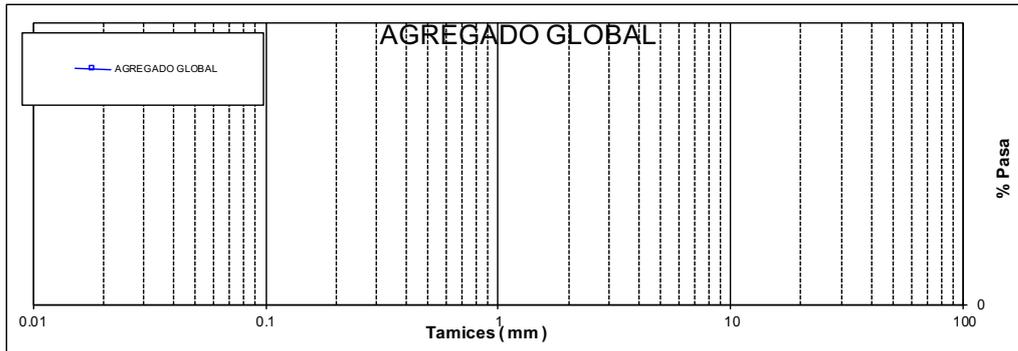
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO :

Combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera Jicamarca
y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera Jicamarca
Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

| TAMIZ | | % RET. | % RET. ACUM. | % PASA | % PASA HUSO NTP 1 1/2" |
|----------|--------|--------|--------------|--------|------------------------|
| (Pulg) | (mm) | | | | |
| 2 1/2" | 63 | | | | |
| 2" | 50 | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | | | | |
| 1" | 25 | | | | |
| 3/4" | 19 | | | | |
| 1/2" | 12.5 | | | | |
| 3/8" | 9.5 | | | | |
| Nº4 | 4.75 | | | | |
| Nº8 | 2.38 | | | | |
| Nº16 | 1.19 | | | | |
| Nº30 | 0.60 | | | | |
| Nº50 | 0.30 | | | | |
| Nº100 | 0.15 | | | | |
| FONDO | | | | | |

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

| | |
|-----------------------|--|
| Tamaño Nominal Máximo | |
| Módulo de Finura | |
| % Agregado grueso | |
| % Agregado fino | |

*** VALIDACIÓN DE EXPERTO**

* Nombre: RAMOS FERNANDEZ PORFIRIO
* C.I.P.: 280101
* D.N.I.: 28447177
* CELULER: 934444271

PORFIRIO RAMOS FERNANDEZ
Ingeniero Civil
CIP N° 280101

| LABORATORIO GEOTECNICO | REGISTRO | | CODIGO | | | | |
|---|----------------------------------|-----------|--|------------------|----------------------|-----------------------------|------------|
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | | VERSIÓN | | | | |
| | | | FECHA | | | | |
| | | | PÁGINA | | | | |
| MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034-11 / ASTM C39-07 | | | | | | | |
| Informe Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" Ubicación : Lima Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | |
| | | | Fecha Rotura (7D) Fecha Rotura (14D) Fecha Rotura (28D) | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | EDAD días | DIÁMETRO mm | FUERZA MÁXIMA KN | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | TIPO FALLA |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| Consideraciones : - No se observaron fallas atípicas en las roturas - Las probetas fueron remodeladas por el solicitante - El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno | | | | | | | |
| Tipos de Falla | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTO | | | | | | | |
| * Nombre: AGUILA ZAVALA JOSE PABLO * C.I.P.: 153750 * D.N.I.: 08066986 * CELULAR: 990 089 058 | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | REGISTRO | | CODIGO | | | | |
|---|----------------------------------|-----------|--|------------------|----------------------|-----------------------------|------------|
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | | VERSIÓN | | | | |
| | | | FECHA | | | | |
| | | | PÁGINA | | | | |
| MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034-11 / ASTM C39-07 | | | | | | | |
| Informe Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" Ubicación : Lima Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | |
| | | | Fecha Rotura (7D) Fecha Rotura (14D) Fecha Rotura (28D) | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | EDAD días | DIÁMETRO mm | FUERZA MÁXIMA KN | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | TIPO FALLA |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| Consideraciones : - No se observaron fallas atípicas en las roturas - Las probetas fueron remodeladas por el solicitante - El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno | | | | | | | |
| Tipos de Falla | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTOS | | | | | | | |
| * Nombre: RAMIREZ AREDO EDDY JANDI * C.I.P.: 269445 * D.N.I.: 41141019 | | | | | | | |
| EDDY JANDI RAMIREZ AREDO Ingeniero Civil CIP N° 269445 | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | REGISTRO | | CODIGO | | | | |
|---|----------------------------------|-----------|--|------------------|----------------------|-----------------------------|------------|
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | | VERSIÓN | | | | |
| | | | FECHA | | | | |
| | | | PÁGINA | | | | |
| MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034-11 / ASTM C39-07 | | | | | | | |
| Informe Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" Ubicación : Lima Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | |
| | | | Fecha Rotura (7D) Fecha Rotura (14D) Fecha Rotura (28D) | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | EDAD días | DIÁMETRO mm | FUERZA MÁXIMA KN | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | TIPO FALLA |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 7 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm ² . | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | 28 | | | | | |
| Consideraciones : - No se observaron fallas atípicas en las roturas - Las probetas fueron remodeladas por el solicitante - El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno | | | | | | | |
| Tipos de Falla | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTO | | | | | | | |
| * Nombre: RAMOS FERNANDEZ PORFIRIO * C.I.P.: 280101 * D.N.I.: 28447177 * CELULER: 934444271 | | | | | | | |
| PORFIRIO RAMOS FERNANDEZ Ingeniero Civil CIP N° 280101 | | | | | | | |

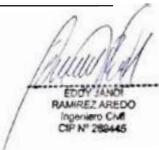
| LABORATORIO GEOTECNICO | | INFORME MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO | | | | | | | CÓDIGO | VERSIÓN | FECHA | PÁGINA |
|--|-----------------|---|------|--------|--------|--------|---------|--------------------|---------------------------|---------|-------|--------|
| LABORATORIO GEOTECNICO | | | | | | | | | | | | |
| Informe | : | | | | | | | | | | | |
| Solicitante | : | Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | | | | | | | | | | |
| Proyecto | : | "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" | | | | | | | | | | |
| Ubicación | : | Lima | | | | | | | | | | |
| Fecha | : | Junio de 2022 | | | | | | | | | | |
| Tipo de muestra | : | Concreto endurecido | | | | | | | | | | |
| Presentación | : | Prismas de concreto endurecido | | | | | | | | | | |
| F'c de diseño | : | 210 kg/cm2 | | | | | | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD | b (cm) | h (cm) | L (cm) | Lo (cm) | UBICACIÓN DE FALLA | MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2) | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTO | | | | | | | | | | | | |
| * Nombre: AGUILA ZAVALA JOSE PABLO * C.I.P.: 153750 * D.N.I.: 08066986 * CELULAR: 990 089 058 | | | | | | | | | | | | |
|  AGUILA ZAVALA INGENIERO CIVIL CIP N° 153750 | | | | | | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | | INFORME MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO | | | | | | | CÓDIGO | VERSIÓN | FECHA | PÁGINA |
|---|-----------------|---|------|--------|--------|--------|---------|--------------------|---------------------------|---------|-------|--------|
| LABORATORIO GEOTECNICO | | | | | | | | | | | | |
| Informe : | | | | | | | | | | | | |
| Solicitante : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación : Lima | | | | | | | | | | | | |
| Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | | | | | | |
| Tipo de muestra : Concreto endurecido | | | | | | | | | | | | |
| Presentación : Prismas de concreto endurecido | | | | | | | | | | | | |
| F'c de diseño : 210 kg/cm2 | | | | | | | | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD | b (cm) | h (cm) | L (cm) | Lo (cm) | UBICACIÓN DE FALLA | MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2) | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTOS | | | | | | | | | | | | |
| * Nombre: RAMIREZ AREDO EDDY JANDI | | | | | | | | | | | | |
| * C.I.P.: 269445 | | | | | | | | | | | | |
| * D.N.I.: 41141019 | | | | | | | | | | | | |
|  EDDY JANDI RAMIREZ AREDO Ingeiero Civil CIP N° 269445 | | | | | | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | | INFORME MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO | | | | | | | CÓDIGO | VERSIÓN | FECHA | PÁGINA |
|---|-----------------|---|------|--------|--------|--------|---------|--------------------|---------------------------|---------|-------|--------|
| LABORATORIO GEOTECNICO | | | | | | | | | | | | |
| Informe : Solicitante : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" Ubicación : Lima Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | | | | | | |
| Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Prismas de concreto endurecido F'c de diseño : 210 kg/cm2 | | | | | | | | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD | b (cm) | h (cm) | L (cm) | Lo (cm) | UBICACIÓN DE FALLA | MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2) | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la añadidura de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTO | | | | | | | | | | | | |
| * Nombre: RAMOS FERNANDEZ PORFIRIO * C.I.P.: 280101 * D.N.I.: 28447177 * CELULER: 934444271 | | | | | | | | | | | | |
|  PORFIRIO RAMOS FERNANDEZ Ingeniero Civil CIP N° 280101 | | | | | | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | INFORME | | | | | | | CÓDIGO |
|---|---|-----------------|------|--|---------------|--------------------|--------------------|--|
| | MÉTODO PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO | | | | | | | FECHA |
| | | | | | | | | PÁGINA |
| Informe | | | | | | | | |
| Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | | | | | | | | |
| Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" | | | | | | | | |
| Ubicación : Lima | | | | | | | | |
| Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | | |
| Tipo de muestra : Concreto endurecido | | | | | | | | |
| Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8" | | | | | | | | |
| F'c de diseño : 210 kg/cm2 | | | | | | | | |
| Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C496/C496M-17 | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD | LONGITUD (cm) | DIAMETRO (cm) | FUERZA MÁXIMA (kg) | FUERZA MÁXIMA (KN) | TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm2) |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTOS | | | | | | | | |
| * Nombre: AGUILA ZAVALA JOSE PABLO | | | |  AGUILA ZAVALA JOSE PABLO INGENIERO CIVIL CIP N° 153750 | | | | |
| * C.I.P.: 153750 | | | | | | | | |
| * D.N.I.: 08066986 | | | | | | | | |
| * CELULAR: 990 089 058 | | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | INFORME | | | | | | | CÓDIGO |
|---|---|-----------------|------|--|---------------|--------------------|--------------------|--|
| | MÉTODO PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO | | | | | | | FECHA |
| | | | | | | | | PÁGINA |
| Informe | | | | | | | | |
| Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | | | | | | | | |
| Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" | | | | | | | | |
| Ubicación : Lima | | | | | | | | |
| Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | | |
| Tipo de muestra : Concreto endurecido | | | | | | | | |
| Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8" | | | | | | | | |
| F'c de diseño : 210 kg/cm2 | | | | | | | | |
| Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C496/C496M-17 | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD | LONGITUD (cm) | DIAMETRO (cm) | FUERZA MÁXIMA (kg) | FUERZA MÁXIMA (KN) | TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm2) |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTOS | | | | | | | | |
| * Nombre: AGUILA ZAVALA JOSE PABLO | | | |  AGUILA ZAVALA JOSE PABLO INGENIERO CIVIL CIP N° 153750 | | | | |
| * C.I.P.: 153750 | | | | | | | | |
| * D.N.I.: 08066986 | | | | | | | | |
| * CELULAR: 990 089 058 | | | | | | | | |

| LABORATORIO GEOTECNICO | INFORME | | | | | | | CODIGO |
|--|---|-----------------|------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--|
| | MÉTODO PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEÑO | | | | | | | VERSIÓN |
| | | | | | | | | FECHA |
| | | | | | | | | PÁGINA |
| Informe | | | | | | | | |
| Solicitante(s) : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | | | | | | | | |
| Proyecto : "Análisis de la cohesión y compresión del concreto Autocompactante con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" | | | | | | | | |
| Ubicación : Lima | | | | | | | | |
| Fecha : Junio de 2022 | | | | | | | | |
| Tipo de muestra : Concreto endurecido | | | | | | | | |
| Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8" | | | | | | | | |
| F'c de diseño : 210 kg/cm2 | | | | | | | | |
| Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C496/C496M-17 | | | | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD | LONGITUD (cm) | DIAMETRO (cm) | FUERZA MÁXIMA (kg) | FUERZA MAXIMA (KN) | TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm2) |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M1: Mezcla de concreto básico de f'c = 210 kg/cm2. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M2: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 1.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M3: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 2.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| M4: Concreto básico matriz con la adición de Grafeno al 0.4% y fibras de polímero PET, al 3.0%. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| * VALIDACIÓN DE EXPERTOS | | | | | | | | |
| * Nombre: RAMIREZ AREDO EDDY JANDI * C.I.P.: 269445 * D.N.I.: 41141019 | | | | | | | | |
|  EDDY JANDI RAMIREZ AREDO Ingeniero Civil CIP N° 269445 | | | | | | | | |

ANEXO 3: RESULTADOS DEL LABORATORIO

| | | |
|---|----------------------------------|-----------------|
|  LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código : CFE-12 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisió : 1 |
| | | Fecha : - |
| | | Página : -- |

INFORME : JCH 22-226
SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Octubre del 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla FINAL $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

| | | |
|-----|--|--|
| 1,0 | DISEÑO DE MEZCLAS FINAL ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) CEMENTO SOL tipo I | |
| | Muestra Patron | |
| 1,1 | CARACTERISTICAS GENERALES | |
| | Denominación | $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ |
| | Asentamiento | 6" - 7" (slump 8,5" y \emptyset 42 cm) |
| | Relación a / c de diseño | 0,61 |
| | Relación a / c de obra | 0,63 |
| | Proporciones de diseño | 1.0 : 1,97 : 2,76 |
| | Proporciones de obra | 1.0 : 2,00 : 2,77 |
| | Grafeno | 170,00 gr por bolsa de cemento |
| 1,2 | CANTIDAD DE MATERIAL POR m^3 DE CONCRETO EN OBRA | |
| | Plastificante super SIKA | 3,6 Kg. |
| | Cemento | 359 Kg. |
| | Arena | 719 Kg. |
| | Piedra | 995 Kg. |
| | Agua | 225 lt. |
| | Grafeno | 1,44 Kg. |
| | Densidad | 2252 kg/m^3 |
| 1,3 | CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA | |
| | Cemento | 42,5 Kg. |
| | Arena | 85,1 Kg. |
| | Piedra | 117,8 Kg. |
| | Agua | 26,7 lt/bolsa |
| | Grafeno | 0,17 Kg. |
| 1,4 | PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN | |
| | Proporciones | 1.0 : 2,18 : 2,83 |
| | Agua | 26,7 lt/bolsa |
| | Grafeno | 170,00 gr por bolsa de cemento |

NOTA : Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.


 ELADIO EDWIN
 BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004



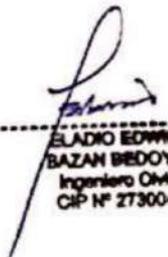
| | |
|---|-----------------|
| FORMULARIO | Código : CFE-12 |
| | Revisión : 1 |
| INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Fecha : - |
| | Página : -- |

| | |
|--------------------|---|
| INFORME | JCH 22-226 |
| SOLICITANTE | : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto |
| PROYECTO | : *Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafito y Fibras |
| UBICACIÓN | : Lima |
| FECHA | : Octubre del 2022 |
| ASUNTO | : Diseño de mezcla FINAL $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ |

2,0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) CEMENTO SOL tipo I

| | | |
|------------|---|---|
| | Muestra 1% PET | |
| 2,1 | CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
| | Denominación | $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ |
| | Asentamiento | 6" - 7" (Slump 9" y $\varnothing 41 \text{ cm}$) |
| | Relación a / c de diseño | 0,61 |
| | Relación a / c de obra | 0,63 |
| | Proporciones de diseño | 1.0 : 1,97 : 2,76 |
| | Proporciones de obra | 1.0 : 2,00 : 2,77 |
| | Aditivo Fibra PET | 425,00 gr por bolsa de cemento |
| | Grafito | 170,00 gr por bolsa de cemento |
| 2,2 | CANTIDAD DE MATERIAL POR m^3 DE CONCRETO EN OBRA | |
| | Plastificante super SIKA | 3,6 Kg. |
| | Cemento | 359 Kg. |
| | Arena | 719 Kg. |
| | Piedra | 995 Kg. |
| | Agua | 225 lt. |
| | Aditivo Fibra PET | 3,59 Kg. |
| | Grafito | 1,44 Kg. |
| | Densidad | 2207 kg/m^3 |
| 2,3 | CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA | |
| | Cemento | 42,5 Kg. |
| | Arena | 85,1 Kg. |
| | Piedra | 117,8 Kg. |
| | Agua | 26,7 lt/bolsa |
| | Aditivo Fibra PET | 0,4250 Kg. |
| | Grafito | 0,17 Kg. |
| 2,4 | PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN | |
| | Proporciones | 1.0 : 2,18 : 2,83 |
| | Agua | 26,7 lt/bolsa |
| | Aditivo Fibra PET | 425,00 gr por bolsa de cemento |
| | Grafito | 170,00 gr por bolsa de cemento |

NOTA : Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.


ELADIO EDWIN BAZÁN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

| | | |
|---|---|-----------------|
|  | FORMULARIO | Código : CFE-12 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión : 1 |
| | | Fecha : - |
| | | Página : -- |

| | |
|----------------------------|---|
| INFORME SOLICITANTE | JCH 22-226 : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto |
| PROYECTO | : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm ² , con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| FECHA | : Octubre del 2022 |
| ASUNTO | : Diseño de mezcla FINAL f'c = 210 Kg/cm ² |

3,0 **DISEÑO DE MEZCLAS FINAL (f 'c = 210 Kg/cm²) CEMENTO SOL tipo I**

Muestra 2% PET

3,1 **CARACTERISTICAS GENERALES**

| | | |
|--------------------------|-------|--------------------------------|
| Denominación | ..... | f'c = 210 Kg/cm ² |
| Asentamiento | ..... | 6" - 7" (Slump 9,5" y Ø 46 cm) |
| Relación a / c de diseño | ..... | 0,61 |
| Relación a / c de obra | ..... | 0,63 |
| Proporciones de diseño | ..... | 1.0 : 1,97 : 2,76 |
| Proporciones de obra | ..... | 1.0 : 2,00 : 2,77 |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 850,00 gr por bolsa de cemento |
| Grafeno | ..... | 170,00 gr por bolsa de cemento |

3,2 **CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA**

| | | |
|--------------------------|-------|------------------------|
| Plastificante super SIKA | ..... | 3,6 Kg. |
| Cemento | ..... | 359 Kg. |
| Arena | ..... | 719 Kg. |
| Piedra | ..... | 995 Kg. |
| Agua | ..... | 225 lt. |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 7,18 Kg. |
| Grafeno | ..... | 1,44 Kg. |
| Densidad | ..... | 2193 kg/m ³ |

3,3 **CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

| | | |
|-------------------|-------|---------------|
| Cemento | ..... | 42,5 Kg. |
| Arena | ..... | 85,1 Kg. |
| Piedra | ..... | 117,8 Kg. |
| Agua | ..... | 26,7 lt/bolsa |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 0,8500 Kg. |
| Grafeno | ..... | 0,17 Kg. |

3,4 **PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

| | | |
|-------------------|-------|--------------------------------|
| Proporciones | ..... | 1.0 : 2,18 : 2,83 |
| Agua | ..... | 26,7 lt/bolsa |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 850,00 gr por bolsa de cemento |
| Grafeno | ..... | 170,00 gr por bolsa de cemento |

NOTA : Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.


ELADIO EDWIN BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004



| | |
|---|-----------------|
| FORMULARIO | Código : CFE-12 |
| INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión : 1 |
| | Fecha : - |
| | Página : -- |

| | |
|--------------------|--|
| INFORME | JCH 22-226 |
| SOLICITANTE | : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto |
| PROYECTO | : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm2, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| FECHA | : Octubre del 2022 |
| ASUNTO | : Diseño de mezcla FINAL f'c = 210 Kg/cm ² |

4,0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL (f 'c = 210 Kg/cm²) CEMENTO SOL tipo I

Muestra 3% PVC

4,1 CARACTERISTICAS GENERALES

| | | |
|--------------------------|-------|---------------------------------|
| Denominación | ..... | f'c = 210 Kg/cm ² |
| Asentamiento | ..... | 6" - 7" (Slump 8,5" y Ø 37 cm) |
| Relación a / c de diseño | ..... | 0,61 |
| Relación a / c de obra | ..... | 0,63 |
| Proporciones de diseño | ..... | 1.0 : 1,97 : 2,76 |
| Proporciones de obra | ..... | 1.0 : 2,00 : 2,77 |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 1275,00 gr por bolsa de cemento |
| Grafeno | ..... | 170,00 gr por bolsa de cemento |

4,2 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

| | | |
|--------------------------|-------|------------------------|
| Plastificante super SIKA | ..... | 3,6 Kg. |
| Cemento | ..... | 359 Kg. |
| Arena | ..... | 719 Kg. |
| Piedra | ..... | 995 Kg. |
| Agua | ..... | 225 lt. |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 10,77 Kg. |
| Grafeno | ..... | 1,44 kg |
| Densidad | ..... | 2179 kg/m ³ |

4,3 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

| | | |
|-------------------|-------|---------------|
| Cemento | ..... | 42,5 Kg. |
| Arena | ..... | 85,1 Kg. |
| Piedra | ..... | 117,8 Kg. |
| Agua | ..... | 26,7 lt/bolsa |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 1,275 Kg. |
| Grafeno | ..... | 0,17 Kg. |

4,4 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

| | | |
|-------------------|-------|---------------------------------|
| Proporciones | ..... | 1.0 : 2,18 : 2,83 |
| Agua | ..... | 26,7 lt/bolsa |
| Aditivo Fibra PET | ..... | 1275,00 gr por bolsa de cemento |
| Grafeno | ..... | 170,00 gr por bolsa de cemento |

NOTA : Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.


ELADIO EDWIN BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

| | | |
|---|---|---------------------------------|
|  | REGISTRO | Código : CFE-01 Revisión : 1 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Página : 1 de 1 |

**MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO
NTP 339.034-11 / ASTM C39-07**

INFORME JCH 22-226
Solicitante Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
Proyecto "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm2, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
Ubicación Lima

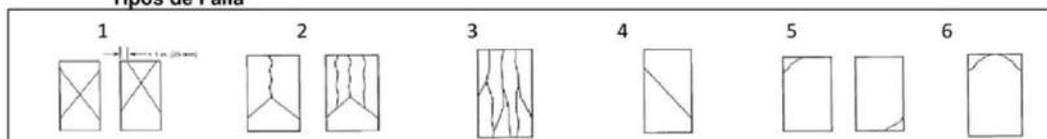
Fecha Rotura (7D) 15/10/2022
Fecha Rotura (14D) 22/10/2022
Fecha Rotura (28D) 05/11/2022

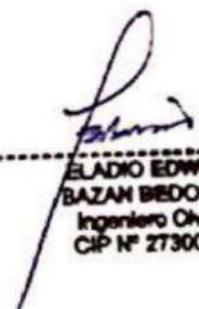
| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | EDAD días | DIÁMETRO mm | FUERZA MÁXIMA KN | ÁREA cm2 | ESFUERZO kg/cm2 | TIPO FALLA |
|-----------------------------|------------------|-----------|-------------|------------------|----------|-----------------|------------|
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 103,9 | 164,62 | 84,79 | 198 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 103,7 | 163,30 | 84,46 | 197 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 101,5 | 155,76 | 80,83 | 196 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 100,2 | 158,01 | 78,85 | 204 | 3 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 101,7 | 156,40 | 81,23 | 196 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 102,2 | 154,00 | 81,95 | 192 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 102,5 | 158,59 | 82,44 | 196 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 7 | 102,2 | 152,87 | 81,95 | 190 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 103,8 | 184,53 | 84,54 | 223 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 103,3 | 181,56 | 83,81 | 221 | 1 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 101,7 | 178,47 | 81,15 | 224 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 101,7 | 181,05 | 81,23 | 227 | 4 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 102,0 | 179,20 | 81,71 | 224 | 5 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 101,8 | 172,80 | 81,31 | 217 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 101,9 | 174,36 | 81,47 | 218 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 14 | 102,4 | 172,87 | 82,35 | 214 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 103,2 | 203,88 | 83,65 | 248 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 103,1 | 203,68 | 83,48 | 249 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 100,7 | 200,81 | 79,56 | 257 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 101,6 | 204,90 | 80,99 | 258 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 100,5 | 187,54 | 79,25 | 241 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 100,2 | 196,22 | 78,78 | 254 | 3 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 102,1 | 192,72 | 81,87 | 240 | 2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras | 08/10/2022 | 28 | 101,7 | 196,99 | 81,15 | 247 | 2 |

Consideraciones :

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- Las probetas fueron remoldeados por el solicitante
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno

Tipos de Falla




**ELADIO EDWIN
BAZÁN BEDOYA**
Ingeniero Civil
CIP N° 273004

| | | | |
|---|---|----------------|---------------|
|  | FORMATO | Código | CFE-10 |
| | MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO | Versión | 01 |
| | | Fecha | |
| | | Página | 1 de 1 |

Informe : JCH 22-226
Solicitante : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
Proyecto : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
Ubicación : Lima
Fecha : Noviembre del 2022

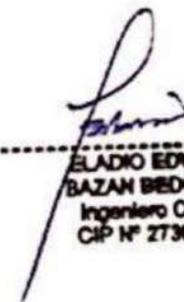
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Prismas de concreto endurecido
F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

| IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD | b (cm) | h (cm) | L (cm) | Lo (cm) | UBICACIÓN DE FALLA | MÓDULO DE ROTURA |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|--------|---------|--------------------|-------------------------|
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,1 | 15,1 | 51,0 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 22,6 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,0 | 15,0 | 52,0 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 25,9 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,1 | 15,0 | 51,5 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 25,8 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,0 | 15,0 | 51,0 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 25,9 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,1 | 15,1 | 52,0 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 27,0 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 04/10/2022 | 28 días | 15,1 | 15,1 | 51,5 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 25,7 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,0 | 15,1 | 51,5 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 23,5 kg/cm ² |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polimero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 15,2 | 15,1 | 51,0 | 45,0 | TERCIO CENTRAL | 24,2 kg/cm ² |

| |
|-----------------------|
| Equipos Usados |
| Maquina de Compresión |

Ejecutado por : LNR


 ELADIO EDWIN
 BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

| | | |
|---|--|---------------|
|  LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código : D-01 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO | Revisión : 1 |
| | | Fecha : - |
| | | Página : - |

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C566, NTP 339.185**

INFORME N° : JCH 22-226
SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm2, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DE LA MUESTRA

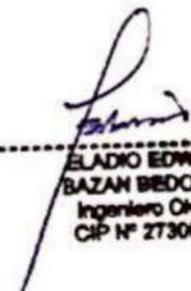
Cantera : La Molina y La Gloria
Calicata : -
Muestra : -
Prof. (m) : - **Fecha de Recepción** : 07/10/22
Progresiva : - **Fecha de Ejecución** : 08/10/22
Coordenadas : -

| Recipiente N° | | ARENA (Molina) | PIEDRA (Gloria) |
|---------------------------------|---|----------------|-----------------|
| Peso de suelo humedo + tara | g | 612,2 | 2524,3 |
| Peso de suelo seco + tara | g | 602,5 | 2512,5 |
| Peso de tara | g | 63,9 | 115,9 |
| Peso de agua | g | 9,6 | 11,8 |
| Peso de suelo seco | g | 538,6 | 2396,6 |
| Contenido de agua | % | 1,79 | 0,49 |
| Contenido de Humedad (%) | | 1,79 | 0,49 |

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.Ch

Equipos Usados

Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-jch



**ELADIO EDWIN
BAZAN BEDOYA**
Ingeniero Civil
CIP N° 273004

INFORME JCH 22-226

SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto

PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"

UBICACION : Lima

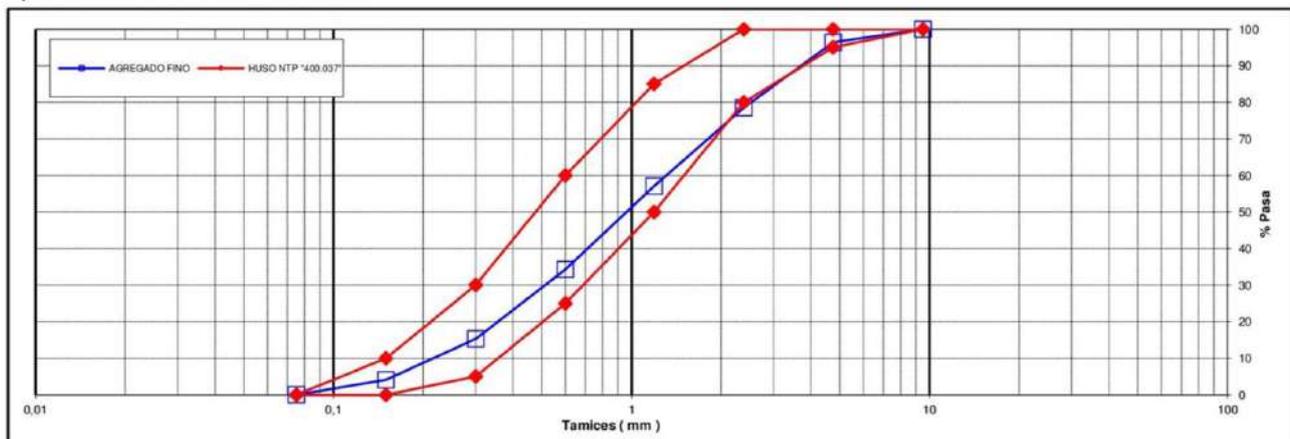
FECHA : Octubre del 2022

ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

ARENA GRUESA procedente de la cantera MOLINA
Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO Peso Total gr 500

| TAMIZ | | gr | % | % RET. | % | % PASA |
|----------|--------|-------|------|--------|-------|--------------------|
| (Pulg) | (mm) | Pesos | RET. | ACUM. | PASA | HUSO NTP "400.037" |
| 1" | 25 | | | | | |
| 3/4" | 19 | | | | | |
| 1/2" | 12,5 | | | | | |
| 3/8" | 9,5 | | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 - 100 |
| Nº4 | 4,75 | 17,7 | 3,6 | 3,6 | 96,4 | 95 - 100 |
| Nº8 | 2,38 | 87,0 | 17,8 | 21,5 | 78,5 | 80 - 100 |
| Nº16 | 1,19 | 104,7 | 21,5 | 42,9 | 57,1 | 50 - 85 |
| Nº30 | 0,6 | 111,3 | 22,8 | 65,7 | 34,3 | 25 - 60 |
| Nº50 | 0,3 | 92,6 | 19,0 | 84,7 | 15,3 | 5 - 30 |
| Nº100 | 0,15 | 54,5 | 11,2 | 95,9 | 4,1 | 0 - 10 |
| FONDO | | 20,0 | 4,1 | 100,0 | 0,0 | 0 - 0 |

B) CURVA DE GRANULOMETRIA

C) PROPIEDAS FISICAS

| | |
|--|-------|
| Módulo de Fineza | 3,21 |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m^3) | 1.368 |
| Peso Unitario Compactado (Kg/m^3) | 1.511 |
| Peso Específico | 2,61 |
| Contenido de Humedad (%) | 1,79 |
| Porcentaje de Absorción (%) | 2,46 |

Eladio Edwin Bazán Bedoya
ELADIO EDWIN
BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP Nº 273004

| | | |
|---|---|-------------------|
|  LABORATORIO GEOTÉCNICO | FORMULARIO | Código --- |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión 1 |
| | | Fecha - |
| | | Página --- |

INFORME JCH 22-226
SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Octubre del 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

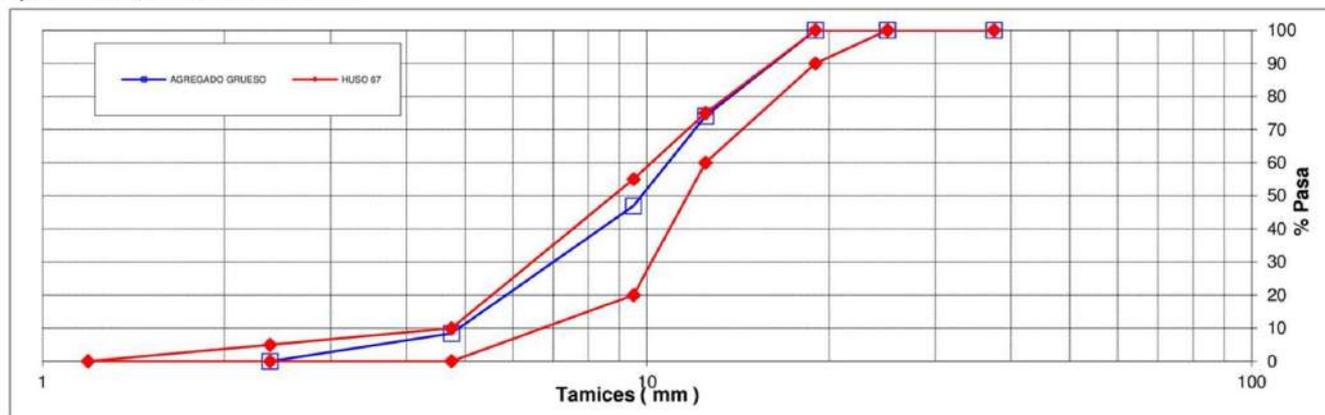
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera GLORIA
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO Peso Total gr 3808,6

| TAMIZ | | gr | % | % RET. | % | % PASA |
|----------|--------|-------|------|--------|-------|-----------|
| (Pulg) | (mm) | Pesos | RET. | ACUM. | PASA | HUSO 67 |
| 2 1/2" | 63 | | | | | |
| 2" | 50 | | | | | |
| 1 1/2" | 37,5 | | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 - 100 |
| 1" | 25 | 0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 - 100 |
| 3/4" | 19 | 0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 90 - 100 |
| 1/2" | 12,5 | 985,6 | 25,9 | 25,9 | 74,1 | 60 - 75 |
| 3/8" | 9,5 | 1034 | 27,1 | 53,0 | 47,0 | 20 - 55 |
| N°4 | 4,75 | 1469 | 38,6 | 91,6 | 8,4 | 0 - 10 |
| N°8 | 2,38 | 320 | 8,4 | 100,0 | 0,0 | 0 - 5 |
| N°16 | 1,19 | | | | | - |
| FONDO | | | | | | |

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

| | |
|--|-------|
| Tamaño Nominal Máximo | 1/2" |
| Módulo de Fineza | 6,45 |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m ³) | 1.459 |
| Peso Unitario Compactado (Kg/m ³) | 1.595 |
| Peso Específico | 2,76 |
| Contenido de Humedad (%) | 0,49 |
| Porcentaje de Absorción (%) | 0,65 |


BLADIO EDUARDO BAZAN BIDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

| | | | | |
|-----------------|--|-----------------|-----|------------|
| Informe | JCH 22-226 | Fecha de Ensayo | 7D | 15/10/2022 |
| Solicitante | Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto | Fecha de Ensayo | 14D | 22/10/2022 |
| Proyecto | *Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm2, con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022* | Fecha de Ensayo | 28D | 05/11/2022 |
| Ubicación | Lima | | | |
| Fecha | Octubre del 2022 | | | |
| Tipo de muestra | : Concreto endurecido | | | |
| Presentación | : Especímenes cilíndricos 4" x 8" | | | |
| Fc de diseño | : 210 kg/cm2 | | | |

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17**

| IDENTIFICACIÓN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD | LONGITUD (cm) | DIAMETRO (cm) | FUERZA MÁXIMA (kg) | FUERZA MÁXIMA (KN) | TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|---------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,5 | 10,36 | 5866 | 57,55 | 17,6 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,63 | 10,23 | 5531 | 54,26 | 16,7 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,67 | 10,25 | 6384 | 62,63 | 19,2 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,76 | 10,21 | 5938 | 58,26 | 17,8 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,1 | 10,18 | 6055 | 59,40 | 18,8 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,41 | 10,12 | 6812 | 66,83 | 21,0 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,63 | 10,23 | 6262 | 61,43 | 18,9 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 15/10/2022 | 7 días | 20,59 | 10,18 | 6477 | 63,54 | 19,7 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,57 | 10,19 | 6666 | 65,40 | 20,2 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,23 | 10,25 | 6670 | 65,44 | 20,5 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,66 | 10,18 | 6952 | 68,20 | 21,0 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,46 | 10,24 | 7013 | 68,80 | 21,3 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,33 | 10,21 | 7339 | 72,00 | 22,5 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,29 | 10,25 | 7559 | 74,16 | 23,1 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,55 | 10,28 | 7287 | 71,49 | 22,0 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 22/10/2022 | 14 días | 20,5 | 10,15 | 6815 | 66,86 | 20,9 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,05 | 10,28 | 6959 | 68,27 | 21,5 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 0,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,23 | 10,1 | 6668 | 65,42 | 20,8 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,102 | 10,1 | 7427 | 72,86 | 23,3 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 1,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,012 | 10,05 | 7174 | 70,38 | 22,7 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,33 | 10,02 | 7546 | 74,03 | 23,6 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 2,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,03 | 10,02 | 8087 | 79,34 | 25,7 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,04 | 10,047 | 7542 | 73,99 | 23,8 kg/cm2 |
| Grafeno 0,4% - 3,0% Fibras Polímero | 08/10/2022 | 05/11/2022 | 28 días | 20,05 | 10,148 | 7034 | 69,01 | 22,0 kg/cm2 |

OBSERVACIONES:

Muestras provistas e identificadas por el solicitante
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

ELADIO EDWIN
 BAZAÑ BIDOÑA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

| |
|-----------------------|
| Equipos Usados |
| Prensa Uniaxial |
| Pie de rey |

| | | |
|--|---|--|
|  | FORMULARIO | Código : C-08 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1 |

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
ASTM C-128 - NTP 400.022 - MTC E-205

Informe : JCH 22-226
Solicitante : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
Proyecto : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante f'c= 210 kg/cm², con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
Ubicación : Lima
Fecha : Octubre del 2022

Cantera : La Molina **Progresiva** : -
Calicata : - **Coordenad** : -
Muestra : Arena
Prof. (m.) : -

| Muestra N° | 1 | 2 | 3 |
|--|--------------|---|---|
| Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.) | 500,0 | | |
| Peso de Frasco + H2O (gr) | 648,4 | | |
| Peso de Frasco + H2O + A (gr) | 1148,4 | | |
| Peso del mat. + H2O en el frasco (gr) | 961,1 | | |
| Vol. De Masa + Vol de Vacío=C-D | 187,3 | | |
| Peso del mat. Seco en estufa (gr) | 488 | | |
| Vol. De Masa=E-(A-F) | 175,3 | | |
| P.e. BULK (BASE SECA) | 2,605 | | |
| P.e. BULK (BASE SATURADA) | 2,670 | | |
| P.e. APARENTE (BASE SECA) | 2,784 | | |
| % DE ABSORCIÓN | 2,46 | | |

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución : Tec. J.T.R.

| |
|-----------------------|
| Equipos Usados |
| Hor-001 ó Hor-002 |
| Bal-001 |



ELADIO EDWIN
BAZAN BEDOYA
Ingeniero Civil
CIP N° 273004

| | | |
|---|----------------------------------|--|
|  | FORMULARIO | Código : C-07 |
| | INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS | Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1 |

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NORMA ASTM C-127 - NTP 400.021 - MTC E-206

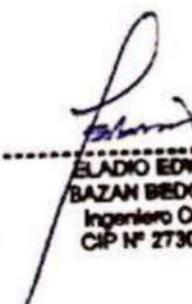
N° INFORME : JCH 22-226
SOLICITANTE : Flores Huapaya, Walter Raúl & Velarde Chuchon, Luis Alberto
PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c= 210$ kg/cm², con Grafeno y Fibras PET, Lima 2022"
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Octubre del 2022

Calicata : - **Cantera** : Gloria
Muestra : Piedra **Progresiva** : -
Prof.(m) : - **Coordenadas** : -

| Temperatura de Ensayo | 23 °C | | | PROMEDIO |
|--|--------|---|---|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Muestra N° | | | | |
| Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr) | 1081,0 | | | |
| Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr) | 692,0 | | | |
| Volumen de masa + volumen de vacios (gr) | 389,0 | | | |
| Peso de material seco (105°C) (gr) | 1074,0 | | | |
| Volumen de masa (gr) | 382,0 | | | |
| Peso Bulk (base seca) | 2,761 | | | 2,761 |
| Peso Bulk (base saturada) | 2,779 | | | 2,779 |
| Peso aparente (base seca) | 2,812 | | | 2,812 |
| Porcentaje de absorción (%) | 0,65 | | | 0,65 |

Observaciones :
Realizado : Téc. JCh

| |
|-----------------------|
| Equipos Usados |
| Bal-003 |
| Hor-001 o Hor-002 |


 ELADIO EDWIN
 BAZAN BEDOYA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 273004

ANEXO 4: TABLA DE MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | | | | | |
|--|--|--|--------------------------|---|--|---|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con grafeno y fibras PET, Lima, 2022 | | | | | | | | | |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | | |
| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Variable independiente | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | NIVEL DE MEDICIÓN | ESCALA DE MEDICIÓN |
| ¿Cuál es el comportamiento a la cohesión y compresión de un concreto autocompactante con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas? | Determinar el comportamiento cohesivo y comprensivo de un concreto Autocompactante, adicionando Grafeno y fibras de PET. | La incorporación de Grafeno y fibras de PET, evolucionarían el comportamiento cohesivo y comprensivo de un concreto Autocompactante. | Grafeno | Disposición de átomos de carbono, obtenida de la oxidación y exfoliación del grafito, este elemento se dispersa en agua lo cual facilita su mezclado con otros materiales (Ramos, 2017, pág. 39). | La inclusión de grafeno al concreto brinda una mejora sustancial en las propiedades mecánicas y físicas, donde además por su disolución en el agua, se considera su peso molecular y porcentaje de adición en la factibilidad de su mezclado en el hormigón. | Dosificación del grafeno | Peso | gr | Razón |
| | | | | Elementos constituidas por Tereftalato de polietileno, fibra de poliéster (polímero sintético), conocido como plástico de bajo peso molecular, con aptitudes de reciclado, se obtiene por la polimerización del etileno, su función amenguar la fisuración del concreto al reducir la contracción plástica (Lugo y Torres, 2019. pág. 27) | Se emplearan fibras de PET de cierta geometría, estas gran impacto por ser material reutilizable, el cual brinda ciertos comportamientos físicos y mecánicos al concreto en su estado plástico y endurecido. así como agregar un porcentaje de adición en la factibilidad de su mezclado en el hormigón. |  |  |  |  | Añadidura de 0.4% de grafeno del peso del cemento |
| ¿Cuál es el comportamiento a la cohesión del concreto con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas? | Determinar el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas. | La adición de Grafeno y fibras PET recicladas, mejorarán el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante. | Fibras PET | Silva (2020) Tipo de concreto con capacidad de fluir altamente, que no requiere vibración para su consolidación en un elemento moldeable, facilitando específicamente su llenado en lugares de acceso limitado. | Los elementos de diseño del concreto autocompactante poseen ciertas características de flujo por su trabajabilidad, de esfuerzo a la rotura, presentando flexibilidad y tracción a probarse en los ensayos del laboratorio. | Dosificación de PET | Geometría de las fibras. | mm | Razón |
| | | | | | | | | | |
| Problemas Específicos | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicos | Variable dependiente | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | NIVEL DE MEDICIÓN | ESCALA DE MEDICIÓN |
| ¿Cuál es el comportamiento a la cohesión del concreto con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas? | Determinar el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas. | La adición de Grafeno y fibras PET recicladas, mejorarán el comportamiento a la cohesión de un concreto autocompactante. | Concreto Autocompactante | Silva (2020) Tipo de concreto con capacidad de fluir altamente, que no requiere vibración para su consolidación en un elemento moldeable, facilitando específicamente su llenado en lugares de acceso limitado. | Los elementos de diseño del concreto autocompactante poseen ciertas características de flujo por su trabajabilidad, de esfuerzo a la rotura, presentando flexibilidad y tracción a probarse en los ensayos del laboratorio. | Propiedades en estado plástico del concreto autocompactante | Trabajabilidad | pulg. | Razón |
| ¿Cuál es el comportamiento a la compresión del concreto con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas? | Determinar el comportamiento a la compresión de un concreto autocompactante con adiciones de Grafeno y fibras PET recicladas. | La adición de Grafeno y fibras PET recicladas optimizarían el comportamiento a la compresión de un concreto autocompactante. | | | | | Compresión | kg/cm ² | |
| ¿Cuál es el comportamiento a la flexión y tracción del concreto añadiendo Grafeno y fibras PET recicladas? | Determinar el comportamiento a la flexión y tracción de un concreto autocompactante añadiendo Grafeno y fibras PET recicladas. | La agregación de Grafeno y fibras PET recicladas, mejorarían el comportamiento a la flexión y tracción de un concreto autocompactante. | | | | | Flexión | Mpa | |
| | | | | | | Propiedades en estado endurecido del concreto autocompactante | Tracción | MPa | |

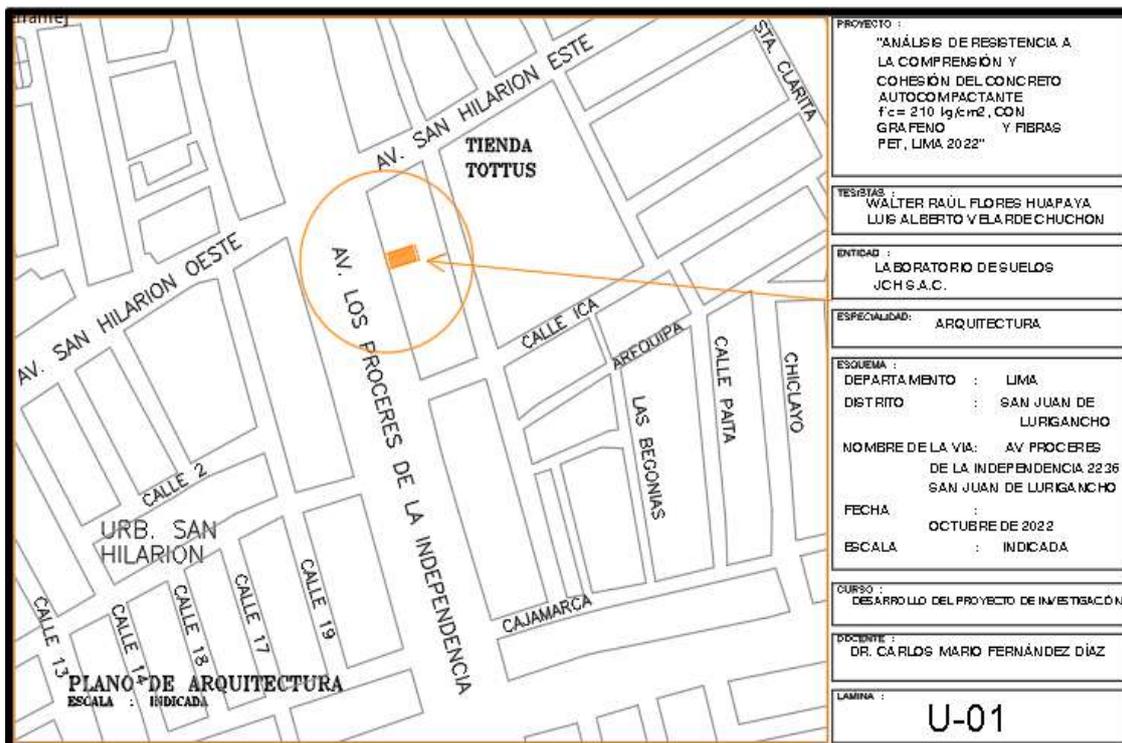
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: TABLA DE CONFIABILIDAD SEGÚN CONDICIONES

| Condiciones (Rangos) | Seguridad de la confianza |
|-------------------------|---------------------------|
| 1.00 | Perfecta confianza |
| De 0.72 a 0.99 | Excelente confianza |
| De 0.66 a 0.71 | Muy confiable |
| De 0.60 a 0.65 | Confiable |
| De 0.54 a 0.59 | Baja confianza |
| De 0.53 a menos | Nula confianza |

Fuente: Cronbach, Lee (1951). Valores de confiabilidad

ANEXO 6: UBICACIÓN DEL LABORATORIO JCH S.A.C.



ANEXO 7: ELEMENTOS A DOSIFICAR PARA EL CONCRETO

Fibras PET: con el corte en medidas de 50 mm x 1 mm.



Aditivo plastificante: proporcionado por SikaCem®plastificante, de capacidad de reducción de agua.



ANEXO 8: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO TIPO 1 SOL.

| Parámetro | Unidad | Cemento Sol | Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150 |
|---------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------------------|
| Contenido de aire | % | 6.62 | Máximo 12 |
| Expansión autoclave | % | 0.08 | Máximo 0.80 |
| Superficie específica | m ² /kg | 336 | Máximo 260 |
| Densidad | g/ml | 3.12 | No especifica |
| Resistencia a la compresión | | | |
| Resistencia a la compresión a 3 días | kg/cm ² | 310 | Mínimo 122 |
| Resistencia a la compresión a 7 días | kg/cm ² | 377 | Mínimo 194 |
| Resistencia a la compresión a 28 días | kg/cm ² | 438 | Mínimo 285* |
| Tiempo de fraguado | | | |
| Fraguado Vicat inicial | min | 127 | Mínimo 45 |
| Fraguado Vicat final | min | 305 | Máximo 375 |
| Composición química | | | |
| MgO | % | 2.93 | Máximo 6.0 |
| SO ₃ | % | 3.00 | Máximo 3.5 |
| Pérdida al fuego | % | 1.92 | Máximo 3.5 |
| Residuo insoluble | % | 0.70 | Máximo 1.5 |
| Fases mineralógicas | | | |
| C ₂ S | % | 11.90 | No especifica |
| C ₃ S | % | 54.20 | No especifica |
| C ₃ A | % | 10.10 | No especifica |
| C ₄ AF | % | 9.70 | No especifica |

Fuente: Cementos Sol

ANEXO 9: REPORTE DEL TURNITIN

dio LUIS ALBERTO VELARDE CHUCHON | Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c=210$ kg/cm... ?

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c=210$ kg/cm², con Grafeno y Fibras PET, Lima, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:
Flores Huapaya, Walter Raúl (ORCID: 0000-0002-5157-8668)
Velarde Chuchon, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-6319-7192)

ASESOR:
Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID: 0000-0001-6774-8639)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño sísmico estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ
2022

Resumen de coincidencias ✕

14 %

Se están viendo fuentes estándar

EN Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

| | | | |
|---|---------------------------|------|---|
| 1 | repositorio.ucv.edu.pe | 4 % | > |
| | Fuente de Internet | | |
| 2 | Entregado a Universida... | 2 % | > |
| | Trabajo del estudiante | | |
| 3 | hdl.handle.net | 2 % | > |
| | Fuente de Internet | | |
| 4 | revistas.ulima.edu.pe | 1 % | > |
| | Fuente de Internet | | |
| 5 | Entregado a Universida... | <1 % | > |
| | Trabajo del estudiante | | |
| 6 | repositorio.upao.edu.pe | <1 % | > |
| | Fuente de Internet | | |
| 7 | repositorio.uns.edu.pe | <1 % | > |
| | Fuente de Internet | | |

ANEXO 10. NORMA ASTM C143, RESISTENCIA AL ASENTAMIENTO

ASTM Internacional ha autorizado la traducción de esta norma pero no es responsable por la exactitud técnica o lingüística de la traducción. Sólo la edición inglesa que ASTM publicó y protegió por la propiedad literaria debe ser considerada la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C143/C143M – 12, Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete, 2012, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA. Translated and reprinted pursuant to license agreement with ASTM International.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C143/C143M – 12, Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete, 2012, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA. Traducción y reproducción según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C143/C143M-12

Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico¹

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C143/C143M, el sistema inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación. Una época (01) como sufixo indica una modificación editorial desde la última revisión o reprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su utilización por agencies del Department of Defense.

1. Alcance²

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación del asentamiento de concreto de cemento hidráulico, tanto en laboratorio como en el campo.

1.2 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma.

1.3 El texto de esta norma cita notas y notas a pie de página, las cuales proporcionan material explicativo. Estas notas y notas a pie de página (excluyendo aquellas que aparecen en tablas y figuras) no deben considerarse como requisitos de la norma.

1.4 Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las Distinciones regulatorias antes de su uso. (**Advertencia**—Las merchas cementicias hidráulicas frescas son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos en caso de exposición prolongada.³)

2. Documentos Citados

2.1 Normas ASTM,⁴

C143/C143M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

¹Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité C09 on Concrete and Concrete Aggregates de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcomité C09.00 on Testing Fresh Concrete.

Edición actual aprobada el 1 de noviembre de 2012. Publicada en noviembre de 2012. Aprobada originalmente en 1922. Última edición previa aprobada en 2010 como C143/C143M 10a DOE: 01.1529C143, C143M-12.

²Vea la Sección sobre Supresión de Objeciones, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02.

³Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio web de ASTM, www.astm.org, o contacte al Servicio de Atención al Cliente de ASTM en service@astm.org. Para obtener información sobre Annual Book of ASTM Standards, consulte la página titulada Document Summary en el sitio web de ASTM.

⁴Al final de esta norma aparece una sección de Resumen de Cambios.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C140, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
Traducción por el Servicio Internacional del ICC.

ANEXO 11. NORMA ASTM C39, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Designation: C39/C39M – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revisions, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope²

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the *Manual of Aggregate and Concrete Testing* are recommended.)

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C11/C11M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C12/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds

C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines

Manual of Aggregate and Concrete Testing

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C11/C11M, C192/C192M, C617, and C1231/C1231M and Test Methods C42/C42M and C873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.01 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2014. Published February 2014. Originally approved in 1952. Last previous edition approved in 2012 as C39/C39M-12a. DOI: 10.1520/C39-14.2014.11.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

ANEXO 12. NORMA ASTM C78, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Designation: C 78 – 02

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)¹

This standard is issued under the fixed designation C 78; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalent of inch-pound units has been rounded where necessary for practical application.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawn Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation³
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁴

3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C 42 or Practices C 31 or C 192. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, curing, or where the

beam has been molded or sawed to size.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for proportioning, mixing and placement operations. It is used in testing concrete for the construction of slabs and pavements (Note 1).

4. Apparatus

4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E 4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus*—The third point loading method shall be used in making flexure tests of concrete employing bearing blocks which will ensure that forces applied to the beam will be perpendicular to the face of the specimen and applied without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 All apparatus for making flexure tests of concrete shall be capable of maintaining the specified span length and distance between load-applying blocks and support blocks constant within ± 0.05 in. (± 1.3 mm).

4.2.2 The ratio of the horizontal distance between the point of application of the load and the point of application of the nearest reaction to the depth of the beam shall be 1.0 ± 0.03 .

4.2.3 If an apparatus similar to that illustrated in Fig. 1 is used, the load-applying and support blocks should not be more than 2½ in. (64 mm) high, measured from the center of the axis of pivot, and should extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each cast-hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.002 in. (0.05 mm) and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block should be at least 45° (0.79 rad). The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Jan. 10, 2002. Published March 2002. Originally published as C 78 – 30T. Last previous edition C 78 – 00.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.02.

ANEXO 13. PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 1. ADITIVOS DE DOSIFICACIÓN



FOTO 2. MATERIALES DE LA MEZCLA



FOTO 3. PROPORCIONES DE LA MEZCLA



FOTO 4. VERIFICANDO EL TAMBOR DE MEZCLADORA



FOTO 5. DOSIFICACIÓN DEL PET



FOTO 6. PRUEBA DE ASENTAMIENTOS



FOTO 7. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE



FOTO 8. MUESTRAS PREPARADAS



FOTO 9. MUESTRAS ENSAYADAS A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE CURADO



FOTO 10. MUESTRAS ENSAYADAS A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO

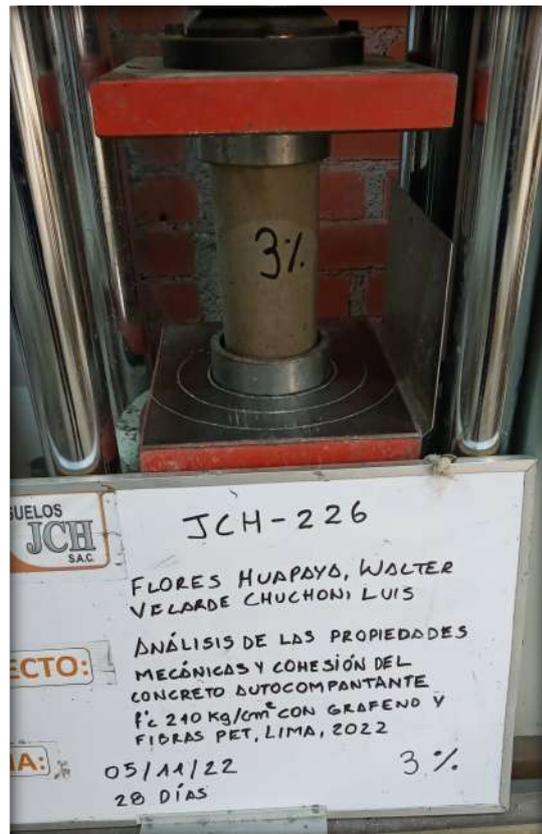
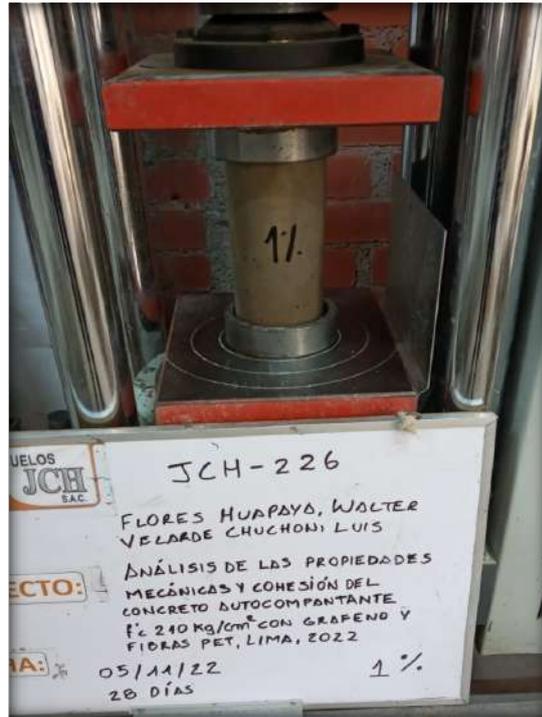
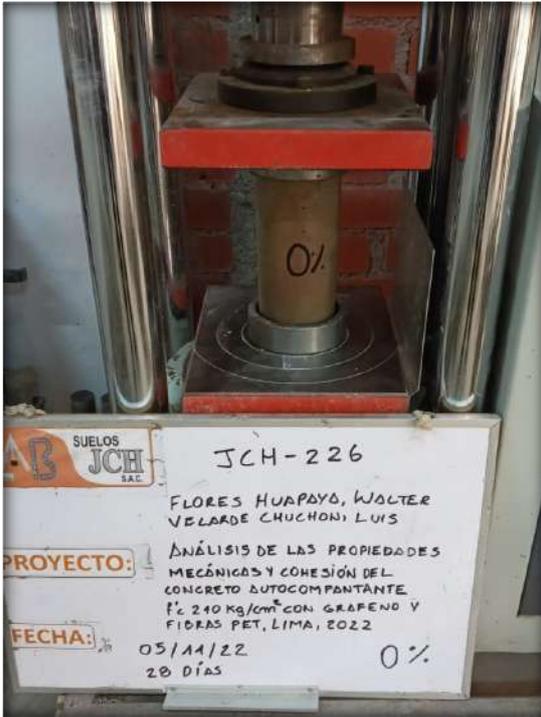


FOTO 11. MUESTRAS ENSAYADAS A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO



FOTO 12. MUESTRAS ENSAYADAS A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 7 DÍAS DE CURADO



FOTO 13. MUESTRAS ENSAYADAS A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS DE CURADO

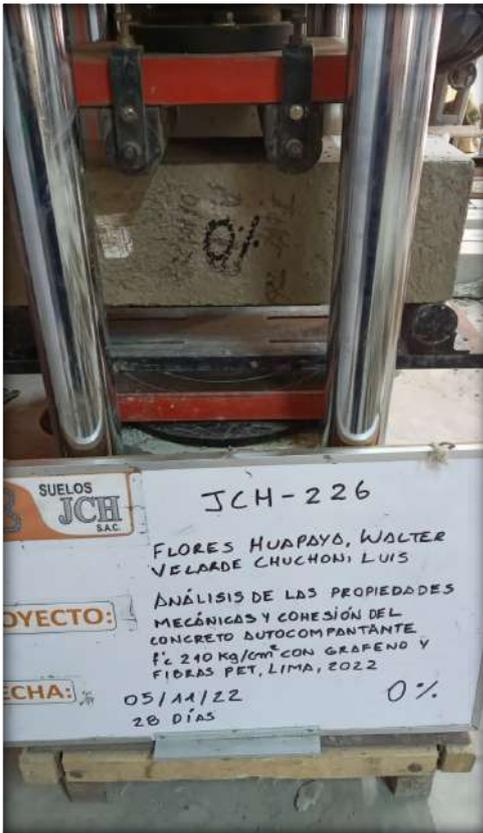


FOTO 14. MUESTRAS ENSAYADAS A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO



FOTO 15. MUESTRAS ENSAYADAS A LAS RESISTENCIAS REQUERIDAS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CARLOS MARIO FERNÁNDEZ DÍAZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de las propiedades mecánicas y cohesión del concreto autocompactante $f'c$ 210 kg/cm², con grafeno y fibras PET, Lima, 2022", cuyos autores son VELARDE CHUCHON LUIS ALBERTO, FLORES HUAPAYA WALTER RAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 25 de Noviembre del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| CARLOS MARIO FERNÁNDEZ DÍAZ DNI: 09026248 ORCID: 0000-0001-6774-8839 | Firmado electrónicamente por: CMFERNANDEZD el 13-12-2022 21:00:01 |

Código documento Trilce: TRI - 0455258