

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de
albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en
el mortero**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Anderson Efrain Racho Saucedo

ASESOR

Jose Alberto Acero Martinez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2023

**Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de
albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de
grafeno en el mortero**

PRESENTADA POR

Anderson Efrain Racho Saucedo

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Villanueva Maguiña Ronald Esteban

PRESIDENTE

Joaquín Hernán Rojas Oblitas

SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez

VOCAL

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco a mis padres por el apoyo incondicional durante todos estos años que me brindaron para lograr cumplir mi sueño como ingeniero civil ambiental. También dedico a toda mi familia que siempre me apoyo para sobre salir adelante en los buenos y malos momento de la vida.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, a mis padres y el asesor con la sabiduría y paciencia hizo posible que logremos parte de nuestro objetivo en la vida.

TESIS II FINAL -NPG

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	17%	6%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	www.cacic2016.unsl.edu.ar Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen.....	15
Abstract	16
Introducción.....	16
Revisión de la Literatura	21
Materiales y Métodos:	40
Resultados	55
Discusión	77
Conclusiones	79
Recomendaciones	81
Referencias Bibliográficas	83
Anexos.....	86

Lista de Tablas

Tabla 1. Clases de unidades de albañilería para fines estructurales	25
Tabla 2. Acotaciones para el uso de la unidad de albañilería en estructuras.	26
Tabla 3. Proporciones volumétricas de los componentes de mortero	28
Tabla 4. Clasificación de los morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación.....	28
Tabla 5. Aplicación del cemento según su tipo.....	29
Tabla 6. Características granulométricas del agregado fino	30
Tabla 7. Fluidez recomendada para mortero para diversos tipos de estructura	32
Tabla 8. Características de las nanoplaquetas de grafeno	35
Tabla 9. Operacionalización de la variable Independiente y Dependiente	41
Tabla 10. Variables intervinientes.....	42
Tabla 11. Población y muestra del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG	45
Tabla 12. Población y muestra de cubos de mortero patrón y mortero con NPG.....	46
Tabla 13. Población y muestra de cubos de mortero patrón y mortero con NPG sin curado ...	46
Tabla 14 Población y muestra de pilas de albañilería de mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG.	47
Tabla 15. Población y muestra de adherencia del mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG en pilas de albañilería.	48
Tabla 16. Población y muestra de muretes de albañilería de mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG	49
Tabla 17. Matriz de consistencia.....	53
Tabla 18. Dimensiones de la ficha técnica del ladrillo kink Kong 30% de vacíos.	55
Tabla 19. Resultado del ensayo de variación dimensional del ladrillo.	55
Tabla 20. Resultado del ensayo de alaveo del ladrillo	56
Tabla 21. Resultado del ensayo del porcentaje de vacíos del ladrillo.....	56
Tabla 22. Resultado del ensayo de succión del ladrillo.	57

Tabla 23. Resultado del ensayo de porcentaje de absorción del ladrillo.....	58
Tabla 24. Resultado del ensayo de resistencia a compresión del ladrillo.	58
Tabla 25. Resumen de los ensayos realizados al ladrillo LARK.	59
Tabla 26. Resultado del análisis granulométrico del agregado fino por tamizado de la cantera la Victoria – Pátapo	60
Tabla 27. Resultado del ensayo del % de contenido de humedad del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo	61
Tabla 28. Resultado del ensayo de peso específico y absorción del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo.	62
Tabla 29. Resultado del ensayo del peso unitario suelto del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo	62
Tabla 30. Resultado del ensayo del peso unitario compactado del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo.	63
Tabla 31. Resumen de las propiedades del agregado fino de la cantera la Victoria- Pátapo.	63
Tabla 32. Diseño de mezcla para el mortero patrón y mortero con adición de NPG.....	64
Tabla 33. Resultado del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG.	64
Tabla 34. Resumen de los resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de NPG con curado hasta los 28 días.	66
Tabla 35. Resumen de los resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG sin curado hasta los 28 días.	67
Tabla 36. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en primas de la albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.	69
Tabla 37. Resultados del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.	70
Tabla 38. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.	72
Tabla 39. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería sin adición de NPG.	74

Tabla 40. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.03% NPG.....	74
Tabla 41. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.05% NPG.....	74
Tabla 42. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.10% NPG.....	75
Tabla 43. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón a los 3,7,14 y 28 días.	103
Tabla 44. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.03% NPG a los 3,7,14 y 28 días.....	104
Tabla 45. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.05% NPG a los 3,7,14 y 28 días.....	105
Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,7,14 y 28 días.....	106

Lista de Graficas

Grafica 1. Curva granulométrica del agregado fino por tamizado de la cantera la Victoria – Pátapo.	60
Grafica 2 Resultado del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG	65
Grafica 3 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión promedio de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de NPG a los 3,7,14 y 28 días de curado.....	66
Grafica 4 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,14,21 y 28 días de curado.	67
Grafica 5 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón vs mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,14 y 28 días con curado y sin curado.....	68
Grafica 6. Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión axial en primas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.....	69
Grafica 7 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.	71
Grafica 8 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con y sin adición de NPG a los 28 días.....	72
Grafica 10 Se muestra la comparación de costos por m2 de un muro de albañilería sin adición de NPG y con adición de NPG 0.03%,0.05% y 0.10%.....	76
Grafica 11 Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón a los 3,7,14 y 28 días	103
Grafica 12. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.03% de NPG a los 3,7,14 y 28 días.	104
Grafica 13. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.05% NPG a los 3.7,14 y 28 días.	105
Grafica 14. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,7,14 y 28 días.	106

Lista de Imágenes

Imagen 1. Malos procesos constructivos en obra y mano no calificada en muros de la albañilería.....	17
Imagen 2. Muro de mampostería.....	23
Imagen 3. Albañilería armada	24
Imagen 4. Muro confinado	24
Imagen 5. Nanoplaquetas de grafeno de capa fina obtenida con el uso del microscopio de barrido.	34
Imagen 6. Se observa la estructura como están formados las nanopartículas derivadas del grafeno.....	35
Imagen 7 Método de preparación de NPG por ultrasonido.....	36
Imagen 8 Dispersión por ultrasonido	37
Imagen 9 Baño ultrasónico con Nanoplaquetas de grafeno	38
Imagen 10. Procedimiento de dispersión de NPG con la maquina ultrasónica.....	50
Imagen 11. Tesista realizando el tamizado mecánico del agregado fino	87
Imagen 12. Pesado del agregado fino después de 24 horas de estar en el horno.	87
Imagen 13. Procedimiento del ensayo para calcular el PUS	88
Imagen 14. Procedimiento del ensayo para calcular el PUC	89
Imagen 15. Procedimiento del ensayo para calcular el peso específico y absorción	90
Imagen 16. Tesista con las muestras de unidad de albañilería para ensayar.....	90
Imagen 17. Procedimiento de la obtención de las dimensiones del ladrillo	91
Imagen 18. Procedimiento de la obtención del alabeo del ladrillo	92
Imagen 19. Procedimiento para saber el porcentaje de absorción del ladrillo	92
Imagen 20. Procedimiento para saber la capacidad de succión del ladrillo	93
Imagen 22. Ensayo de resistencia a compresión del ladrillo King Kong de 30% de vacíos.....	94
Imagen 23. Pesando materiales para elaborar mortero con y sin adición NPG	95

Imagen 24. Procedimiento para la elaboración del mortero con y sin NPG	95
Imagen 25. Procedimiento del ensayo de fluidez del mortero	96
Imagen 26. Procedimiento de elaboración de cubos de mortero de aristas de 5cm	97
Imagen 27. Ensayo de resistencia de compresión de cubos de mortero patrón	97
Imagen 28. Muestra de pilas para ser analizados a los 28 días	98
Imagen 29. Muestra de pilas para adherencia para ser analizados a los 28 días	99
Imagen 30. Muestra de muretes para ser analizados a los 28 días	99

Lista de anexos

Anexo 1: Caracterización de los materiales.	86
Anexo 2: Diseño de mezcla del mortero patrón.....	100
Anexo 3: Tablas de resistencia a compresión de cubos de mortero patrón y mortero con adición de NPG	103
Anexo 4: Ficha técnica del ladrillo King Kong 30% vacío de 18 huecos marca “LARK”	107
Anexo 5: Informe de laboratorio de materiales del ensayo variación dimensional de unidades de albañilería.	108
Anexo 6: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de alabeo de unidades de albañilería.	109
Anexo 7: Informe de laboratorio de materiales del ensayo porcentaje de vacíos de unidades de albañilería.	110
Anexo 8: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de porcentaje de succión de unidades de albañilería.	111
Anexo 9: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de porcentaje de absorción de unidades de albañilería.	112
Anexo 10: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería.	113
Anexo 11: Informe de laboratorio de materiales del ensayo análisis granulométrico del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)	114
Anexo 12: Informe de laboratorio de materiales del ensayo contenido de humedad del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)	115
Anexo 13: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo).....	116
Anexo 14: Informe de laboratorio de materiales del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo).....	117
Anexo 15: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de fluidez realizado al mortero en estado fresco.....	118

Anexo 16: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión axial en cubos de mortero patrón y con adición de diferentes porcentajes de NPG a los 3,7,14 y 28 días con curado.	119
Anexo 17: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión axial en cubos de mortero patrón y con adición de diferentes porcentajes de NPG a los 3,14,21 y 28 días sin curado.	120
Anexo 18: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero patrón -0.00% NPG a los 28 días.	121
Anexo 19: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.03% NPG a los 28 días.....	122
Anexo 20: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.05% NPG a los 28 días.....	123
Anexo 21: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.10% NPG a los 28 días.....	124
Anexo 22: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en prismas de albañilería de mortero patrón y con adición de 0.03%,0.05% y 0.10% de NPG a los 28 días.....	125
Anexo 23: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería sin adición de NPG a los 28 días.....	126
Anexo 24: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.03% NPG a los 28 días.	126
Anexo 25: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.05% NPG a los 28 días.	127
Anexo 26: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.10% NPG a los 28 días.	127
Anexo 27: Panel fotográfico del ensayo de fluidez del mortero en estado fresco.	128
Anexo 28: Panel fotográfico de especímenes cúbicos de mortero.	129
Anexo 29: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión en cubos (5 cm de arista) de mortero.	130

Anexo 30: Panel fotográfico de la elaboración de pilas para resistencia compresión y adherencia	132
Anexo 31: Panel fotográfico de la elaboración de muretes de albañilería	133
Anexo 32: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión de pilas de albañilería	134
Anexo 33: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería	135
Anexo 34: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería	136

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo mejorar las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero. En este estudio experimental las NPG se dispersaron en el agua de mezcla por medio de la zonificación como método de dispersión. Se realizó un mortero sin NPG y con adición de NPG (0.03%, 0.05% y 0.10% con respecto al peso del cemento) con una dosificación de 1:3 de cemento: arena y una relación de a/c de 0.80. Se comparó con respecto a la muestra control las propiedades de fluidez, resistencia a compresión del mortero, resistencia a compresión axial en pilas, resistencia a la adherencia a cizalle y resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería. Los resultados mostraron que las propiedades mecánicas de los morteros adicionados con NPG son mejoradas en comparación con la muestra patrón y además la trabajabilidad del mortero se reduce cada vez que se incrementa el porcentaje de NPG. La adición de 0.10% NPG es la que tuvo el valor promedio más alto en resistencia compresión del mortero aumentando en un 38.24% comparándolo con la muestra control. Pero el porcentaje óptimo fue de 0.05% NPG, generando el mayor aumento en la resistencia a la compresión axial, adherencia en pilas y muretes de albañilería en un 34.09%, 63.46% y 72.18 % respectivamente comparado con la muestra sin adición de NPG.

Palabras claves: Mortero, nanoplaquetas de grafeno, dispersión por ultrasonido, resistencia a la compresión, pilas y muretes de albañilería.

Abstract

The objective of this research is to improve the mechanical characteristics of a masonry wall by incorporating graphene nanoplatelets in the mortar. In this experimental study, the NPG were dispersed in the mixing water by means of zoning as a dispersion method. A mortar without NPG and with addition of NPG (0.03%, 0.05% and 0.10% with respect to the weight of cement) was made with a 1:3 cement: sand dosage and a w/c ratio of 0.80. The flow properties, mortar compressive strength, axial compressive strength in piles, shear bond strength and diagonal compressive strength in masonry walls were compared with those of the control sample. The results showed that the mechanical properties of the mortars added with NPG are improved compared to the standard sample and also the workability of the mortar is reduced each time the percentage of NPG is increased. The addition of 0.10% NPG had the highest average value in compressive strength of the mortar, increasing it by 38.24% compared to the control sample. But the optimum percentage was 0.05% NPG, since it generated the highest increase in compressive strength and adhesion in piles as well as in masonry walls by 34.09%, 63.46% and 72.18% respectively compared to the sample without NPG addition.

Keywords: Mortar, graphene nanoplatelets, ultrasonic dispersion, compressive strength, masonry piers and wall.

Introducción

Actualmente uno de los principales problemas del Perú es la informalidad que existe en el sector de la construcción, según presidente de CAPECO que estima que en Lima el 70% de viviendas son construidas informalmente y su sistema constructivo es de albañilería. Gran parte de estas viviendas son a su vez de autoconstrucción, sin proyecto y supervisión resultando ser bastante económicas comparados con otros procedimientos constructivos; por que utilizan obreros no capacitados y los materiales son de mala calidad, esto vuelve vulnerable las edificaciones ante un terremoto, existiendo una gran probabilidad de que falle y colapse como se aprecia en la imagen 1, por eso lo que se busca en el campo de la ingeniería civil es mitigar y reducir las pérdidas humanas. Por tal motivo se está examinando que los muros de albañilería aporten mayor resistencia ante un evento sísmico mejorando las características mecánicas del mismo; por consiguiente, es aumentar su resistencia ante las fallas de corte, deslizamiento, flexión y aplastamiento de un muro de mampostería y sin aumentar los costos y utilizando avances tecnológicos sencillos, existe la necesidad de poner en práctica nuevos aditivos y que está incida favorablemente en las propiedades mecánicas de un muro de albañilería [1].



Imagen 1. Malos procesos constructivos en obra y mano no calificada en muros de la albañilería

Ante esta problemática existente en la albañilería que es una realidad y que abarca todos los rincones del país, se está buscando por nuevas formas constructivas y apoyándose en el avance tecnológico, se han propuesto varios materiales con el fin de perfeccionar las propiedades mecánicas del mortero y por consecuencia también mejorara las características mecánicas de un muro de mampostería sin modificar sus aspectos importantes. Estos materiales no solo deben evidenciar una mayor resistencia y desempeño mecánico, sino que deben añadir

funcionalidades que satisfagan varios usos con el fin de adecuarse a las futuras construcciones emergentes y el cual no se ha logrado con los aditivos existentes; ya que estos mejoran algunas propiedades, pero perjudican otras. Pero con ayuda de la nanotecnología que está aportando con sus descubrimientos de nuevos materiales para hacer mejoras en las propiedades del mortero y concreto; como el uso de fibras de carbono, nanotubo de carbono, oxido de grafeno, grafito, nanoplaquetas de grafeno y muchas más nanopartículas. Entre estas nanopartículas los que mejores resultados se obtienen en las investigaciones son los materiales carbonosos destacan por sus propiedades únicas. Además ocupan los espacios vacíos existentes en el cemento y actúa como núcleos activos que aumentan la cristalización del hidróxido de calcio (HC) y la formación del tetraedro de sílice en los geles de hidrato de silicato de calcio (H-S-C) a una edad temprana, mejorando notablemente sus propiedades de los compuestos de cemento como su resistencia, disminuye la porosidad y reduce la retracción del concreto el cual genera la fisuración que conlleva a su posterior degradación. [2]

Por eso en esta investigación se empleará un nanomaterial que está compuesto por átomos de carbono en su estructura molecular y que en la actualidad es un descubrimiento que está revolucionando todos los campos de la industria, ya es considerado un aditivo universal para la mayoría de los materiales y tiene el potencial de mejorar significativamente las propiedades mecánicas del producto [3]. Nos referimos a los nanoplaquetas de grafeno que es comercializado por las empresas asiáticas, gracias a ellos se puede adquirir en todos los países, eventualmente era imposible conseguirlos por su escases y elevado precio, pero en la actualidad es accesible para su utilización masiva en la industria. Es un material de ensueño que antes se creía imposible que existiera, pero en día es una realidad y esto se debe a sus propiedades únicas que presenta que es químicamente compatible con prácticamente todos los materiales del planeta, resiste altas temperaturas y la más importante que nos interesa a los ingenieros civiles, que es más liviano que el cobre y más fuerte que el acero. Asimismo, presenta grandes ventajas inalcanzables por ejemplo Solo el 0,01% de adición garantiza una mejora significativa en las propiedades del material igualmente permiten la creación de materiales y productos previamente inimaginables que cambiarán la cara de muchos estándares de la industria y el mundo moderno.

En el Perú actualmente hay un desconocimiento acerca de este material, no hay mucha investigación de los beneficios que pueden generar la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en morteros convencionales y su influencia que esta generaría en las propiedades mecánicas de un muro de mampostería. La razón de este estudio se centra en un tema aun no

estudiado hasta ahora que es saber ¿Cómo mejora las características mecánicas de un muro de albañilería la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero? mediante ensayos controlados de laboratorio y se pretende ser pioneros en esta materia a nivel nacional y regional.

Justificación de la investigación:

Teórico: La finalidad de este proyecto es ver la influencia de las incorporaciones de nanoplaquetas de grafeno en el mortero en diferentes porcentajes del peso del cemento y si esta mejora las características mecánicas de un muro de albañilería y se espera tener resultados positivos cumpliendo con todas las normas relacionados a la albañilería para ser uso del nanomaterial a gran escala en el sector construcción.

Practica: La siguiente investigación busca perfeccionar el procedimiento constructivo y fomentar la utilización de otros morteros innovadores que son de bajos costos y no solo utilizar mortero tradicional. La demostración de nuestra hipótesis se realizará mediante ensayos controlados en laboratorio, el cual nos permitirá saber las mejoras que produce el mortero a un muro de mampostería.

Social: La siguiente investigación busca dar a conocer a la sociedad la existencia de nuevos nanomateriales que apoyándose en el avance de la ciencia se pueden emplear en el mejoramiento de las propiedades del mortero y muro de albañilería, por otra parte aportar en el desarrollo de la construcción del país y que a futuro redunde a mayor producción y utilidad en obras de construcción buscando la reducción de la construcción informal, también respaldar una mayor seguridad para los ciudadanos que elijan edificar con este material

El objetivo general es: Mejorar las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero y los **objetivos específicos** son: Conocer la fluidez de los diferentes porcentajes de nanoplaquetas de grafeno en el mortero; conocer la resistencia a la compresión del mortero con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con el mortero patrón; conocer la resistencia a la compresión en pilas de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con la pila patrón; conocer la adherencia del mortero en pilas de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con la pila patrón; conocer la resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con el murete patrón y realizar una comparación de

costos entre el muro patrón y los muros con los diferentes porcentajes de incorporación de nanoplaquetas de grafeno.

Revisión de la Literatura

Antecedentes del problema:

diferentes estudios que están relacionados al proyecto de tesis “Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero”

En su investigación M. Yang.et al., evalúan el efecto de las nanoplaquetas de grafeno (NPG) en las propiedades del mortero bajo una lluvia acida simulada, con porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto al peso del cemento de NPG. Los resultados mostraron que se mejoran las propiedades mecánicas del mortero de cemento adicionado con NPG. En comparación con la muestra de control, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de las muestras que contienen 0,2 % en peso de NPG aumentan en un 10 % y un 8 %, respectivamente. Agregar NPG puede mejorar la resistencia a los ácidos y la durabilidad del mortero de cemento y en conclusión el mortero pierde resistencia en condiciones de lluvia ácida, provocando grietas, pérdida de peso y daños en la estructura. [4]

Un estudio realizado en la Universidad Tecnológica de Dalian (China) en el año 2018 donde quieren evaluar los efectos que genera la utilización de nanoplaquetas de grafeno (NPG) en la propiedades mecánicas y microestructura de los compuestos del cemento, en porcentajes de 0.02%, 0.05%, 0.08%, 0.10% con respecto al peso del cemento. Los resultados óptimos fueron con la proporción de 0.05% de NPG con respecto a la muestra de control donde la resistencia a compresión y flexión se incrementó en 4.3% y 27.4 % a los 7 días de curado y a los 28 días aumento en 3.7% y 25.2% y también se redujo la porosidad del material compuesto en un 40.85% y un 40.80% con 0.02 % y 0.05% de NPG. [2]

Los estudios realizados por ingenieros civiles y medioambientales de la universidad Tecnológicas de Petronas de Malasia donde emplean nanoplaquetas de grafeno (NPG) para mejorar la resistencia a compresión y tracción de un hormigón polímero. Se utilizaron proporciones de 0.0 %, 0.25%,0.5% con respecto al peso del cemento, tuvieron los siguientes resultados que mejora la resistencia a compresión en un 30% y un 22% en resistencia a tracción ambos a los 28 días en la adición de 0.5%; también se concluye que el aumento de resistencia es porque NPG disminuyen la porosidad del concreto. [5]

Un estudio realizado en China por varios estudiantes del Instituto Tecnológico de Harbin, donde evalúan los efectos de las nanoplaquetas de grafeno en la profundidad de carbonatación del hormigón en condiciones climáticas cambiantes como (temperatura, humedad, etc.) y se

comparó con el concreto ordinario. El porcentaje de NPG solo fue de 0.05% del peso del cemento para este estudio en donde las concentraciones de CO₂ es variable. Los resultados mostraron que la profundidad de carbonatación del hormigón de grafeno es entre un 10% y un 20% más baja que la del hormigón ordinario. Cuando la temperatura es inferior a 33 °C, la profundidad de carbonatación del hormigón de grafeno es menor que la de la muestra de control. En conclusión, general indicaron que el NPG tiene un efecto favorable en el desempeño de la anticarbonatación en condiciones climáticas cambiantes. [6]

Otro estudio realizado en China en el del Instituto Tecnológico de Harbin donde emplean nanoplaquetas de grafeno para la preparación de concretos de alta resistencia en regiones frías de -20 °C reforzado con fibras de acero y realizando un curado eléctrico térmico, se empleó proporciones de NPG de 0.5% Y 1.0% con respecto al peso del cemento. Los resultados generales indicaron que a edades tempranas la resistencia a compresión es de 85.6 y 91.2 Mpa siendo mayor con respecto a las muestras sin adición de NPG en 9.0% y 16.0%. [7]

Los estudios realizados por G. Chen, et al. (2019), en su investigación para mejorar el concreto empleando NPG en adiciones que oscilaba entre 0.02% y 0.4% con respecto al peso del cemento. Las muestras se sometieron a una prueba rápida de congelación-descongelación. Se evaluaron la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, etc. También se utilizó microscopía electrónica de barrido para estudiar la morfología microscópica dentro del concreto. Los resultados fueron que se reduce la trabajabilidad del hormigón y se mejora la resistencia del concreto y tiene una estructura de poros más fina que el concreto normal. La muestra que contenía 0,05 % de NPG tuvo las propiedades de compresión más altas después de 200 ciclos congelación y descongelación con respecto a las demás muestras [3].

En su investigación J.M. Pahuacho Aquino y R. Peñares Raymundo evalúan el efecto de la incorporación de grafeno para elevar la resistencia de un hormigón de $f'_c=245 \text{ Kg/cm}^2$ en proporciones de 0.03%, 0.05%, 0.10% y 0.15% del peso del cemento. Los resultados generales indicaron un aumento en la resistencia a los 28 días de 9.7%, 13.7%, 17.3% y 15.7% comparando con el concreto si grafeno. Donde nos sugiere que la dosificación optima es de 0.10% ya que obtuvo mejores resultados que con el 0.15 % que empezó a decaer su resistencia del concreto. También el grafeno aumento la velocidad de fragua ya que en 7 días

casi logro su resistencia de 241.2 Kg/cm^2 es decir casi el 100% y en el ensayo de asentamiento paso de un $4 \frac{1}{4}$ a $5 \frac{3}{4}$ mejorando la trabajabilidad [8].

Bases teórico-científicas:

Para lograr la elaboración y cumplimiento de este proyecto se tendrá en cuenta algunas bases teóricas – científicas que nos guiaran con la teoría, técnica y el cumplimiento de las normas, específicamente utilizaremos las siguientes:

Albañilería

Es un elemento estructural compuesto por "unidades de mampostería" que están unidas entre ellas por un mortero y agrupadas, también se conoce como mampostería [9]

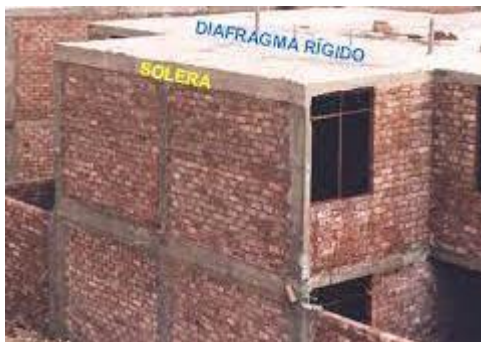


Imagen 2. Muro de mampostería

Clasificación de muros de albañilería

Por su función estructural: Existen dos tipos, los **muros portantes** que están diseñados para transferir las carga horizontales y verticales a las cimentaciones o pisos inferiores; están sujetos a todo tipo de solicitaciones de carga. Los **muros no portantes** están diseñados para que resistan su propia peso y cargas perpendiculares a su plano, mas no cargas verticales [10]

Por la distribución del refuerzo

Albañilería armada: Se les conoce como muros armados, están reforzados por varillas de acero horizontal y verticalmente e integrado mediante concreto líquido [9] .

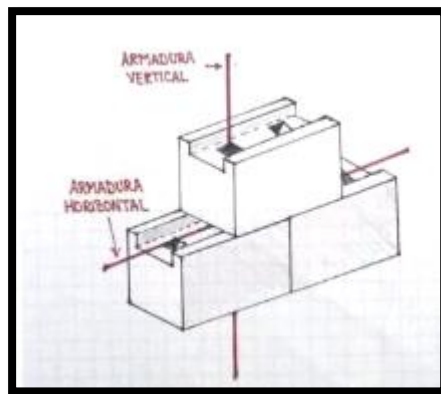


Imagen 3. Albañilería armada

Albañilería confinada: Se les conoce a aquellos muros de albañilería que se encuentran encerrados por un marco de concreto armado que es vaciado posteriormente [9].

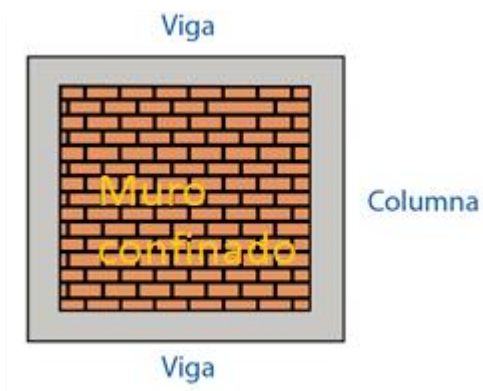


Imagen 4. Muro confinado

Albañilería no reforzada: Es también llamado albañilería simple o sin ningún refuerzo. [9]

Componentes de un muro de albañilería

Unidad de albañilería: Son elementos empleados en la construcción de albañilería que vienen hacer ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca y alveolar o tubular. [9]

Tipos de unidades de albañilería

Unidades solidas o macizas: Son aquellas unidades cuyos porcentajes de vacíos en el área de asentado es menor o igual al 30% con respecto al área bruta. [9]

Unidades huecas: Son aquellas unidades cuyos porcentajes de vacíos en el área de asentado es mayor al 30% con respecto al área bruta. [9]

Unidades tubulares: Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. [9]

Clasificación para fines estructurales

En su libro de albañilería de San Bartolomé menciona que las unidades de mampostería que presentan variaciones en sus longitudes y alabeo generan juntas más gruesas de mortero el cual perjudica las propiedades de un muro de mampostería. Cuando ensayamos las unidades de albañilería nos recomienda que utilicemos los datos más desfavorables para el diseño, por ejemplo, si las dimensiones y alabeo están en clase IV y la resistencia en clase V, debemos asumir que nuestro ladrillo es de clase IV [10]. La NTP 331.017 realiza la siguiente clasificación.

Tabla 1. Clases de unidades de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre area bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
	Ladrillo I	±8	±6		
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6 (180)
Bloque P	±4	±3	±2	4	4.9 (50)
Bloque NP	±7	±6	±4	8	2.0 (20)

Fuente: E.070 albañilería (2006)

Con la normativa peruana existe algunas limitaciones para el uso de la unidad de mampostería que depende de la zona sísmica donde se empleara.

Tabla 2. Acotaciones para el uso de la unidad de albañilería en estructuras.

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: Norma E070 albañilería

Propiedades de las unidades de albañilería

Variación Dimensional. Se seguirán los procedimientos de las Normas NTP 399.613 y 399.604 para determinar los cambios dimensionales en los elementos de mampostería. Este ensayo nos permite saber cómo variara el espesor de juntas; ya que a mayor porcentaje de variación aumentara el espesor de dicha junta [9]

Alabeo. Para determinar la deformación de elementos de mampostería se seguirá el procedimiento definido en la norma NTP 399.613. [9]

Porcentaje de área de vacíos. La NTP 699.613 especifica el procedimiento, materiales, equipos y parámetros requeridos para esta prueba, los cuales deben seguirse para que la unidad de mampostería cumpla con las propiedades requeridas en obra. [9]

Succión. La norma desarrollada para esta prueba de la unidad de mampostería está incluida en la NTP 699.613, donde establece si el ladrillo tiene exceso de succión no garantizan una buena adherencia entre mortero y unidad de mampostería. Si la potencia de succión es superior a 20 gramos por minuto en un área de 200 cm², el dispositivo debe saturarse antes de su uso. [9]

Se empleará la siguiente fórmula para saber la succión del ladrillo

$$Succión = \frac{(P_{su} - P_{se}) * 200}{A}$$

Donde:

P_{su} = Peso del ladrillo en succión.

Pse = Peso del ladrillo en seco.

A = Área de contacto del ladrillo.

Absorción. Las pruebas de absorción se realizarán según lo definido en los estándares NTP 399.604 y 399.613. [9]

Se empleará la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de absorción

$$\% Abs = \frac{(Ws - Wd)}{Wd} * 100$$

Donde:

Wd = Peso seco de la unidad.

Ws = Peso de la unidad saturada, luego de la inmersión en agua por 24 h

- El porcentaje de absorción de las unidades de albañilería de arcilla no debe ser mayor al 22%

Resistencia a la Compresión: Se realizan los ensayos de laboratorio correspondientes para determinar la resistencia a la compresión de los elementos de mampostería de acuerdo con las normas NTP 399.613 y 339.604. [9]

Con la siguiente formula se calcula la compresión de la unidad de albañilería

$$f'b = P - \sigma$$

Donde:

P = Promedio de los datos obtenidos de la máquina de compresión.

Σ = Desviación estándar

Mortero

Definición: Este autor menciona al mortero como una mezcla de varios materiales (Cemento portland tipo I, arena, agua y cal hidratada) cuyo principal objetivo es adherirse a los elementos de mampostería para evitar la entrada de agua y aire, cubrir juntas y reparar irregularidades que presentan. Tiene en cuenta que la cal y cemento son aglomerantes y la arena con un agregado inerte [10]. También otro autor nos indica que el mortero solo ocupa un 10% a 20% de volumen en muro de mampostería y su presencia es esencial para su buen

comportamiento; ya que cumple una función estructural (sellar, reforzar, adherir, etc.) y estética (color, textura, acabado, etc.) [11]

Para la elaboración de morteros para albañilería se tiene que seguir los requerimientos de la NTP 339.607 y NTP 339.610

Clasificación de morteros

De acuerdo con Norma E.070 de albañilería, existe dos tipos, los que son para muros portantes (tipo P) y los que no son para muros portantes (tipo NP)

Tabla 3. Proporciones volumétricas de los componentes de mortero

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Norma E.070 albañilería

Según la norma ASTM C270, que clasifica los morteros según su resistencia a la compresión y dosificación. [12]

Tabla 4. Clasificación de los morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación.

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO MAMPOSTERIA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I.)				
M	17.2	175	2500	1 1	1 -	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12.4	126	1800	0.5 1	1 -	0.25 a 0.5	
N	5.2	53	750	- 1	1 -	0.5 a 1.25	
O	2.4	25	350	- 1	1 -	1.25 a 2.50	
K	0.5	5	75	1	-	2.50 a 4.00	

Fuente: ASTM C270

Componentes del mortero

Cemento

El cemento hoy en día es uno de los materiales más empleados en el sector de la construcción en el Perú, se puede decir que es un material (polvo fino gris producto de la transformación de calizas y arcillas sometidas a altas temperaturas) que se hace sólida a raíz que reacciona químicamente con el agua. Es un aglutinante adhesivo y cohesivo que mantiene unidos los fragmentos minerales para formar estructuras fuertes. [13]

En el Perú, según la norma E.070 de albañilería se puede utilizar los siguientes tipos de cemento.

- ✓ Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
- ✓ Cemento Adicionado: IP, NTP 334.082

Tabla 5. aplicaciones del cemento según su tipo.

Especificación del cemento	Aplicaciones					
	Uso General	Moderado calor de hidratación	resistencia inicial	Bajo calor de hidratación	Moderada resistencia a los sulfatos	resistencia a los sulfatos
Cemento Portland sin adiciones NTP 334.009	I	II	III	IV	II	V
Cemento Portland con adiciones NTP 334.082	GU	MH	HE	LH	MS	HS

Fuente: Elaboración propia

Agredo fino

Es un material (inerte) que se dispersa en la mezcla del cemento que aportan ventajas técnicas al mortero como, mejorar la durabilidad y aumentar la masa del mortero. El mineral fino juega un papel muy importante en la trabajabilidad del mortero, ya que sus propiedades son importantes para la fluidez.

Propiedades físicas

Granulometría

Producirá arena gruesa natural o artificial, libre de materia orgánica y salinidad, con las características granulométricas indicadas en la Tabla 1 y especificadas en la Norma de Albañilería E-0.70 (Capítulo III). Las pruebas para realizar serán de acuerdo con las disposiciones reglamentarias vigentes, NTP 400.012. [9]

Tabla 6. Características granulométricas del agregado fino

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
Malla ASTM	% Que Pasa
Nº 4	100
Nº 8	95 a 100
Nº 16	70 a 100
Nº 30	40 a 75
Nº 50	10 a 35
Nº 100	2 a 15
Nº 200	Menos de 2

Fuente: Norma E.070 albañilería

Esta propiedad nos indica la distribución que debe tener las partículas del agregado fino en porcentajes que deben cumplir con ciertos parámetros que están establecidos en la norma E.070 de albañilería y ciertas condiciones como que el porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas no tiene que ser más del 50, el % que pase la malla Nº 200 será menor al 1% en peso y no se empleará arena de mar.

Los siguientes parámetros son los que se obtendrán

Módulo de finura: Este parámetro determina el espesor o finura de nuestra muestra, se obtiene dividiendo entre 100 el porcentaje de partículas finas recolectadas en el tamiz, el estándar de prueba para detección es ASTM C125, se clasifican de la siguiente manera

Fórmula para calcular la granulometría del agregado fino

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en cada tamiz}}{\text{peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Pasante} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

La fórmula para calcular M.F es el siguiente

$$M.F=A = \frac{\Sigma \% \text{ retenido en las mallas (Nº4,Nº8,Nº16,Nº30,Nº50,Nº100)}}{100}$$

El módulo de finura del agregado fino debe comprender entre 2.3 y 3.1 y para obtener un buen concreto deben estar entre 2.20 y 2.80 por que se tiene una buena trabajabilidad.

Densidad: Se define como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, y en el laboratorio se utilizan tres tipos de densidad aparente (densidad real, densidad nominal y densidad aparente).

Peso específico y Absorción: Es la relación entre el peso y el volumen de un sólido. Para determinar la gravedad específica o densidad, el agregado debe estar en estado saturado y la superficie debe estar seca, la absorción de agua es la cantidad que se necesita para saturar completamente los poros del agregado, esto nos ayuda a entender si el agregado aporta o quita agua a la mezcla.

La siguiente fórmula para calcular peso específico y absorción

$$P_{esss} = \frac{500}{(V - Va)} * 100$$

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - Va) - (500 - W_o)} * 100$$

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

Donde

- P_{esss} = Peso específico de masa saturado con superficie seca.
- P_{ea} = Peso específico aparente.
- Ab = Absorción.
- W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr).
- V = Volumen del frasco (cm³).
- Va = Peso en gr o volumen en cm³ del agua colocada en el frasco.

Contenido de Humedad: Es la relación expresada en porcentaje entre la diferencia entre el peso inicial de la muestra y el peso seco dividido por el peso seco. Esta es la cantidad de agua superficial retenida por las partículas de agregado en un momento dado y es muy importante para el diseño de la mezcla en los cálculos de agua y debe considerarse junto con la absorción para corregir la mezcla en el diseño.

La siguiente fórmula para calcular el contenido de humedad

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{(W_n - W_{m\text{seca}}) * 100}{W_{m\text{seca}}}$$

- W_n = Peso de la muestra en estado normal
- $W_{m\text{seca}}$ = Peso de la muestra seca

Peso unitario: hay dos tipos

Peso unitario compactado: definido como la relación entre el peso compactado de la muestra agregada y su volumen ocupado. Este valor se utiliza para averiguar la cantidad absoluta de agregado por m^3 de mezcla de concreto.

Peso unitario suelto: La relación entre el peso de los agregados libres o en reposo y el volumen que ocupan.

Agua

Es muy importante en una mezcla debido a que se relaciona con la trabajabilidad y resistencia del mortero, tiene tres funciones hacer reaccionar al cemento, actúa como lubricante y crear los vacíos necesarios para la hidratación. El agua tiene que ser acta para el consumo de las personas libre de sales, álcalis y sustancias orgánicas.

Propiedades del mortero en estado plástico

Trabajabilidad: Es una característica muy importante la cual se refiere a la capacidad que tiene la mezcla de ser manipulada, transportada, colocada y compactada sin perder su homogeneidad, dependerá de la dosificación arena, cemento y agua

Consistencia: Nos referimos a su fluidez es decir cómo está la mezcla si está seca, plástica y fluida, se seleccionará de acuerdo con el tipo de estructura a emplear y dependerá mucho de la relación agua/cemento.

Se empleará la siguiente fórmula para calcular la fluidez

$$\% \text{ fluidez} = \frac{D_{prom} - D_{molde}}{D_{mol}} * 100$$

Tabla 7. Fluidez recomendada para mortero para diversos tipos de estructura

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías pantallas de cimentación, pisos	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías pantallas de cimentación, pisos
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, paredes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120-150	Sin vibración	Paredes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Gutiérrez Libia (2003)

Plasticidad: Se define como plasticidad a la manejabilidad o consistencia del mortero el cual pueda ser moldeado fácilmente

Propiedades del mortero en estado endurecido

Resistencia a la compresión: El mortero utilizado debe tener una fuerte adherencia, cuando el mortero debe ser capaz de soportar cargas pesadas y continuas, debe tener alta resistencia a la compresión. Esto indica resistencia al esfuerzo cortante y de tracción.

Su resistencia dependerá mucho del cemento a emplear, la calidad del agregado y principalmente la relación agua/cemento, mientras más densos son más resistente es el mortero. Se realizan varios ensayos de resistencia a la compresión a continuación se muestran.

- ✓ Ensayo de resistencia a la compresión del mortero en cubos de 5cm x 5cm x 5cm de lado.
- ✓ Ensayo de resistencia a la compresión del mortero en pilas de albañilería
- ✓ Ensayo de resistencia a la compresión en muretes de albañilería

Adherencia: Es una de las propiedades más importantes del mortero en estado seco es la capacidad de adherirse a una unidad de albañilería, de ello depende una la capacidad de resistencia de un muro de albañilería de resistir al pandeo, cargas transversales y excentricidades. La adherencia en el mortero se refiere a la resistencia a la tensión cuando se intenta separar el mortero del ladrillo, es decir ofrece una resistencia contra el deslizamiento por corte y resistencia a la flexión de separación entre el mortero y la unidad de albañilería. [13]

Norma Chilena 167 (Construcción- Ladrillos cerámicos -Ensayos)

Esta investigación para la realización del ensayo de adherencia, nos guiaremos de la norma NCh 167 que es del país de Chile. El ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión directa perpendicular a la cara de asiento del ladrillo.

Expresión de resultados

La adherencia se calcula con la siguiente fórmula

$$A = \frac{P}{S}$$

En que

A= Adherencia, Mpa

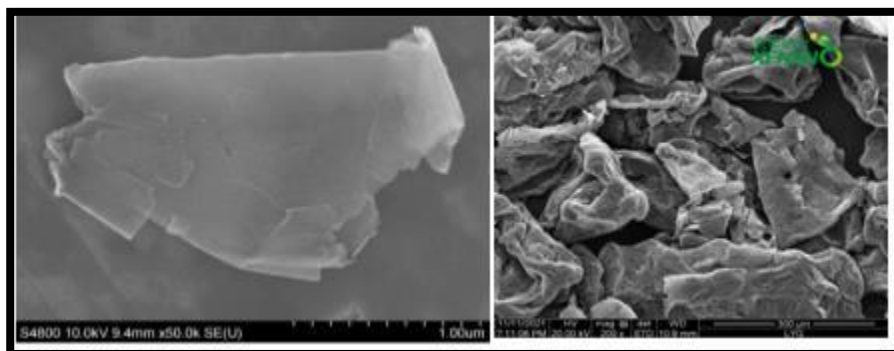
P= Carga, N

S= Área bruta total de la superficie de pega, en mm²

Nanoplaquetas de grafeno

Las nanoplaquetas de grafeno (NPG) se crearon reduciendo el óxido de grafeno con calor y también se forma con láminas de grafeno que están apiladas en forma de plaqueta, pueden ser obtenidos del grafito natural mediante métodos como el choque térmico a exfoliación química en reactor de plasma o por fuerza de cizallamiento [5] [14]

Imagen 5. Nanoplaquetas de grafeno de capa fina obtenida con el uso del microscopio de barrido.

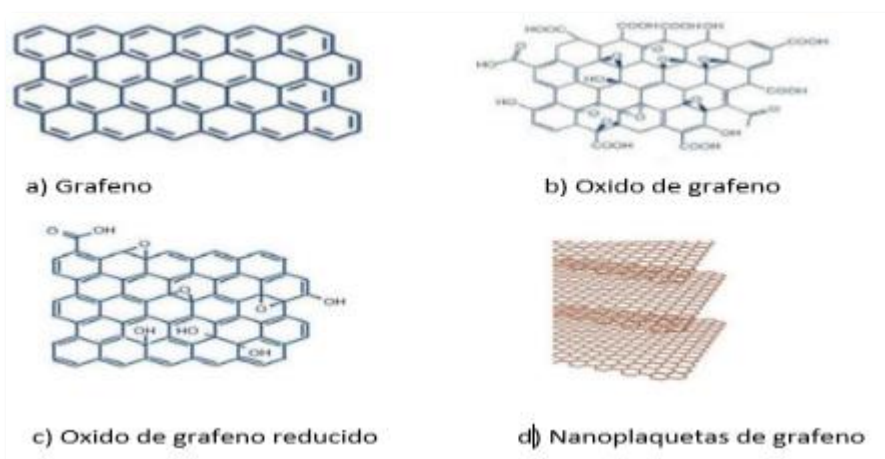


Fuente: XFNANO

También llamados nanoplaquetas de carbono, es una lámina de grafeno que están formados con una estructura 2D de carbono en escala nanométrica en forma plana o laminar que están formados en su interior por átomos de carbono hexagonal y con una estructura morfológica única [14]. Sus propiedades son que presenta elevada dureza (similar al del diamante), flexibilidad, elasticidad, alta conductividad térmica y eléctrica, además es un material muy ligero y resistente a la reacción de ionizantes, brinda una mayor fortaleza a la filtración de cloruros de la pasta de cemento tiene la capacidad de modificar y mejorar en rendimiento de productos a macro escala, se considera como un aditivo universal para la gran mayoría de materiales del planeta. [2], [15]

Es un nanomaterial que contiene partículas en dimensiones a nano escala es decir mide una millonésima parte de un metro ($1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$), se pueden encontrar de formas natural como las cenizas provocadas por un volcán o aquellos que son generados por un proceso industrial accidentalmente por ejemplo los humos de soldadura y también hay nanomateriales manufacturados que son diseñados con propiedades específicas (eléctricas, mecánicas, ópticas y etc) como aquellos nanopartículas derivados del grafeno.

Imagen 6. Se observa la estructura como están formados las nanopartículas derivadas del grafeno



Fuente: Elaboración propia

Características de las nanoplaquetas de grafeno

Tabla 8. Características de las nanoplaquetas de grafeno

Nombre del producto	Nanoplaquetas de grafeno de capa fina
Contenido de carbón	>99 %
Contenido de ceniza	<1%
Tamaño lateral	1-2 μm
Espesor	1-6 nm
Conductividad	800-1100 S/ cm
Contenido de humedad	<2%
Tamaño del grano	56.17 μm
Densidad	0.10-0.15 g/cm ³
Densidad aparente	0.06-0.09 g/cm ³
Aspecto	Polvo negro gris

Fuente: XFNANO

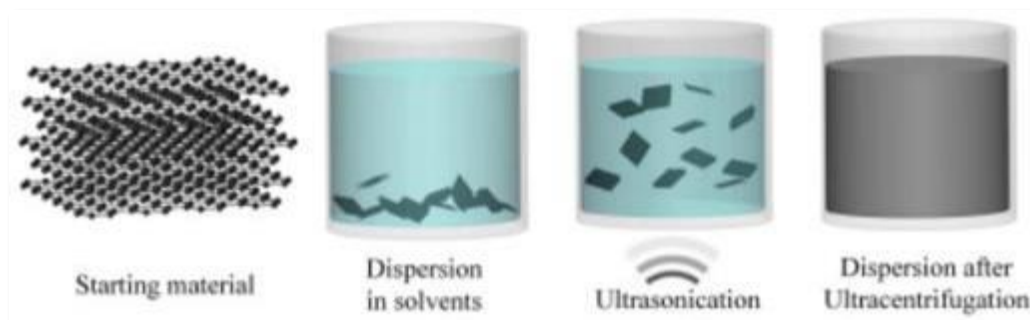
Dispersión de nanoplaquetas de grafeno

Una de las preocupaciones en la utilización de NPG en compuestos cementantes es la dispersión del material. Por tener unas dimensiones muy pequeñas es decir una escala nano, las cuales son afectadas por las fuerzas que gobiernan de Van der Waals lo que ocasiona que estas se aglomeren, haciendo muy difícil rellenar la matriz del cemento de manera aleatoria y uniforme, si la dispersión es mal puede afectar directamente en las propiedades del material y limitarlo. [16]

Existen bastantes métodos para dispersar en la actualidad las NPG, se dividen en dos grupos los físicos y químicos; en los métodos físicos esta la sonicación, molienda de bolas y agitación mecánica; en los métodos químicos se emplean diversos tensioactivos como superplastificantes como poli carboxilato, polímero de ácido poliacrílico, Desoxicolato de sodio.

La molienda de bolas se realiza en polvo para romper las aglomeraciones de las NPG formadas por las fuerzas de Van der Waals y se debe emplear para dispersar en grandes cantidades de cemento y la agitación mecánica, donde existe dos maneras, la agitación magnética y manual donde se mezcla por cizallamiento el cual se combina con sonicación y esto se realiza dentro de una solución acuosa.

Imagen 7 Método de preparación de NPG por ultrasonido



Fuente: Thomas Hielscher

Dispersión por ultrasonido

Para la dispersión de las NPG se requiere del ultrasonido que es una tecnología que capaz de evitar las aglomeraciones, debido a que la fuerza de corte generada por el ultrasonido supera la fuerza de unión y se realiza con agua, óleo o polímeros. Estos estudios fueron realizados y comprobados por M. Konsta quien logro tener buenos resultados de Dispersión de NTC con el empleo del ultrasonido. [17]

Thomas en su investigación del efecto del ultrasonido sobre los nanomateriales puede estimular un fuerte efecto de cavitación en una solución acuosa con un gran número de burbujas de cavitación. Cuando estas burbujas se producen un microchorro que aplasta las partículas sólidas en el líquido es decir las partículas sólidas y el líquido pueden entonces mezclarse completamente. Se emplea unos equipos que realizan la dispersión a través de un baño ultrasónico y extracción con sonda de sonicación la cual genera energía más densa con frecuencias menores, siendo el más eficaz en la dispersión, pero solo se emplea en cantidades pequeñas. [18]

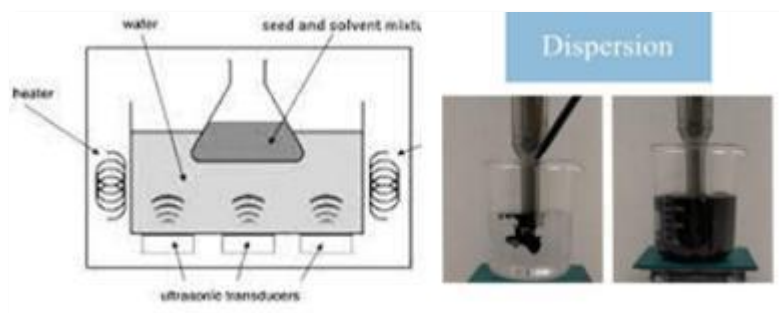


Imagen 8 Dispersión por ultrasonido

En la investigación de la UNSA donde se utilizó los NTC para mejorar el concreto, realizaron varias muestras en beaquers para saber la cantidad adecuada y el tiempo necesario para una buena dispersión de NTC por sonicación. Las muestras realizadas son 14 que contienen agua desde 120 ml a 300 ml con 1 gramo de NTC durante un tiempo de sonicación 15 ,30, 45 y 60 minutos, donde se evaluó a través de la observación directa la dispersión de las partículas en el agua y el tiempo de decantación. Los mejores resultados fueron aquellas muestras que tenían 150 ml de agua adelante con un tiempo de sonicación de 30 minutos a más, con buenos resultados por que tuvieron un buen comportamiento a la decantación y esta empezó lentamente después de 2 horas en algunas muestras. Pero nos recomendamos que la siguiente dosificación para NTC-agua que es 1g/ 200ml en un tiempo de sonicación de 30 minutos; además nos restringe adicionar porcentajes mayores al 0.2% del peso del cemento. [19]

Según Wang en su investigación utilizó la máquina de ultrasonido para la dispersión de NPG por sonicación durante un tiempo de 30 minutos, después que se disuelva una cierta cantidad en agua para luego agitar manualmente por 1 minuto. Sin embargo, si el tiempo de sonicación es excesivamente largo (por ejemplo, de 5 a 10 horas), el grafeno puede

sufrir una reducción de tamaño y daños, puede generar que disminuyan sus propiedades de resistencia. [2]

Baño ultrasónico

Consiste en un tanque de acero inoxidable que se llena con agua, tiene transductores ultrasónicos que está fijados en la base, que hace que las partículas sólidas vibren como también las líquidas y estas se aceleren ante la acción ultrasónica generando que el soluto pasa rápidamente a solvente. Existe cuatro variables muy importantes para tener en cuenta que son la frecuencia, potencia, la temperatura y tiempo las dos últimas se puede programar de acuerdo con el resultado que deseamos la temperatura tiene que estar en un rango de 30°C a 60°C y el tiempo desde 5 minutos a 1 hora; los otros dos vienen establecidos por la máquina a trabajar.

Imagen 9 Baño ultrasónico con Nanoplaquetas de grafeno



Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Definición de términos básicos:

Nanoplaquetas de grafeno: También llamados nanoplaquetas de carbono, es una lámina de grafeno que están formados con una estructura 2D de carbono en escala nanométrica en forma plana o laminar que están formados en su interior por átomos de carbono hexagonal. Tiene la capacidad de modificar y mejorar en rendimiento de productos a macro escala, se considera como un aditivo universal para la gran mayoría de materiales del planeta [14].

Mortero: Según la Norma E.070 de albañilería, es un material para adherencia horizontal y vertical en los muros de mampostería [9].

Albañilería: Es un elemento estructural formado por grupos de "elementos de mampostería" o "bloques" ensamblados con mortero, en este caso combinado con hormigón fluido [9].

Pilas de albañilería: Son unidades de albañilería que están compuestas por dos o más unidades enteras que se encuentran asentados por un mortero y su altura total no debe ser demasiado para facilitar su almacenamiento y construcción [9].

Características mecánicas: Estas son las propiedades mecánicas del material, la resistencia mecánica y la capacitancia del material se ven afectadas cuando se les aplica una fuerza. En general, son las propiedades o deformaciones de un material relacionadas con su capacidad para transmitir y resistir fuerzas. [20].

Materiales y Métodos:

Hipótesis y variables

Formulación de la hipótesis: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero mejora las características mecánicas de un muro de albañilería.

Diseño de Investigación

Tipo de investigación

Por el propósito o finalidad que persigue la siguiente tesis, junta la disposición metodológica de una indagación Aplicada, ya que está dirigida a dar solución a un problema en específico, con ayuda de los criterios y conocimientos aprendidos durante todos los ciclos de la carrera de ingeniería civil ambiental.

Según tipo de datos analizados es una investigación cuantitativa, para probar nuestra hipótesis y contestar nuestra pregunta de investigación se realizará a través del análisis y recolección de datos.

Según la metodología de estudios es una investigación experimental, ya que se manipulará una variable a diferentes estímulos y se compara con un grupo de control de comparación.

Variables y operacionalización

Variable Independiente

- Nanoplaquetas de grafeno

Variables dependientes

- Características mecánicas de un muro de albañilería y mortero

Variables intervinientes

- Granulometría del agregado fino
- Pesos unitarios y contenido de humedad del agregado fino
- Peso específico y absorción del agregado fino
- Tipo de cemento a utilizar (tipo I)
- Tipo de ladrillo a utilizar (King Kong 18 huecos)
- Dosificación cemento/arena (1/3)

Operacionalización de variables:

Variables independientes, dependiente e interviniente

Tabla 9. Operacionalización de la variable Independiente y Dependiente.

Tipos de Variables	Variable	Dimensiones	Indicadores	Rango de aplicación	Und. Medida	Metodo de medición
Variable independiente	Nanoplaquetas de grafeno	Dosificación de nanoplaquetas de grafeno	Porcentaje de nanoplaquetas de grafeno con respecto al peso del cemento en la mezcla	0.03%	%	Balanza
				0.05%		
				0.10%		recipientes
Variable dependiente	Características mecánicas de un muro de albañilería y mortero	Características físico-mecánicas del mortero	Fluidez		%	Ensayo de fluidez Según la NTP 334.057
			Resistencia a la compresión del mortero		kg/cm ²	Ensayo de resistencia a la compresión Según la Norma 334.051
		Características mecánicas del muro de albañilería	Resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería		kg/cm ²	Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería Según la NTP 334.129
			Adherencia del mortero en pilas de albañilería		kg/cm ²	Ensayo de resistencia a la adherencia del mortero en pilas de albañilería Según la NTP 399.605
			Resistencia a compresión diagonal del murete de albañilería		kg/cm ²	Ensayo de compresión diagonal en muros de albañilería Según la NTP 399.621

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Variables intervinientes.

Variables intervinientes	Granulometría del agregado fino			Segun NTP 400.037 y la Norma ASTM C33	
	Pesos unitarios y Contenido de humedad del agregado fino			Segun NTP 339.185 y RNE E.070	
	Peso específico y absorción del agregado fino				
	Tipo de cemento a utilizar (tipo I)			Según la NTP 399.604	
	Tipo de ladrillo a utilizar (kinkong 18 huecos)	Variación dimensional y alabeo			
		Porcentaje de áreas de vacíos			
		Absorción			Según la NTP 339.613, NTP 399.604 Y RNE E.070
		Succión			
		Resistencia a compresión			
Dosificación cemento/arena (1/3)				Según el RNE E.070	

Fuente: Elaboración propia

Población, muestra de estudio y muestreo

Población: Para el desarrollo del siguiente estudio se tomó como población en específico a los componentes principales en la elaboración del mortero que son el agregado fino proveniente de la cantera la Victoria (Pátapo), el cual debe respetar los parámetros establecidos por la NTP 400.012 y la norma E.070 de albañilería; el cemento portland empleado es de tipo GU de la marca Pacasmayo el cual cumple con todos los parámetros establecidos por la NTP334.082; el agua que se utilizara para la realización del mortero será limpia y sin sustancias orgánicas es decir potable y que cumple con lo especificado en la NTP 339.088. Además, tenemos la microtecnología que son los nanoplaquetas de grafeno que está compuesto por un 99% de carbón y tiene un tamaño lateral de 1-2 micrómetros con un aspecto de polvo negro gris y adicionalmente los ladrillos industriales de la marca Lark de 18 huecos que deberán cumplir con los requisitos establecidos por NTP 339.613 y la norma E.070 de albañilería.

Los porcentajes seleccionados para la incorporación de nanoplaquetas de grafeno (NPG) a la mezcla del mortero, se basó en cuenta los antecedentes anteriormente mencionados que están relacionados al tema de donde se tomaron puntos muy importantes que influyen directamente en la investigación como los porcentajes de NPG empleados y que hayan tenido resultados favorables en su estudio.

En esta investigación realizada por B. Wang y D. Shuang en China se puede destacar los siguientes puntos importantes debido a que obtuvieron resultados muy favorables en el uso de las NPG, sus rangos de aplicación son de 0.02%, 0.05%, 0.08% y 0.10% de

adición de dicho material con respecto al peso del cemento y su porcentaje óptimo es el 0.05% de adición de NPG. [2]

El estudio realizado Y. Zhang y varios donde se busca ver los efectos de la NPG en una adición de 0.05% del peso del cemento en la carbonatación del concreto en condiciones climáticas cambiantes simulados nos indica que tuvieron buenos resultados en el desempeño de la anticarbonatación en condiciones climáticas cambiantes. [6]

En nuestra investigación para seleccionar los porcentajes de nanoplaquetas de grafeno a emplear con respecto al peso del cemento, se ve afectada por la dispersión de dicho material en una máquina de ultrasonido. Para ello recurrimos a una recomendación por parte de Víctor Apaza y Milagros Quispe en su estudio observa las características mecánicas de un concreto adicionándole un nanomaterial (nanotubos de carbono); nos restringe a no adicionar porcentajes mayores a 0.2% del peso del cemento; pero nos recomienda que sean menores a 0.15% para tener una buena dispersión. [19]

Por todo lo expuesto anteriormente se llegó a la conclusión que nuestras adiciones sean menores al 0.15% de NPG con respecto al peso del cemento, por esas razones los porcentajes a evaluar serán de 0.03%, 0.05% y 0.10% de NPG y compararlos con una muestra control (sin adición de NPG). Además, nos permitirá saber cual de las tres adiciones al mortero es el más óptimo.

Este estudio permitirá revalidar los resultados obtenidos por otros investigadores y así mismo brindar nuevos conocimientos acerca del material en investigación.

Cuantificación de la población

Nuestra población, debido al nuevo material a evaluar y las nuevas propiedades especiales que adquiere, se establece como un nuevo mortero “Mortero con adición de nanoplaquetas de grafeno” así podemos decir que la población a analizar es única.

✓ Muestra

Una muestra es un subconjunto de la población de interés para la cual se recopilan datos y debe estar bien definido y delimitado previamente, debe ser representante de la población.

En esta investigación la muestra estará constituida por el mortero con los agregados de la cantera la Victoria (Pátapo) y adicionalmente las nanoplaquetas de grafeno, nuestra muestra es de tipo censal debido a que la población es toda la muestra.

✓ **Muestreo**

El muestreo se realiza por el método no probabilístico o también llamado método no aleatorio, lo que significa que la muestra es igual a la población, es decir, las características son similares de la población objetivo.

En el siguiente estudio el muestreo estará conformado por especímenes que serán sometidos a diferentes ensayos de los cuales determina la importancia de la investigación, ya que de ellos se obtendrán los resultados y conclusiones de que las NPG si permiten mejorar las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación en la mezcla del mortero, estarán dados de la siguiente manera.

Se diseño un mortero de tipo P1 (muros portantes) ya que el estudio está enfocado en el mortero empleado para asentar muros de mampostería estructurales según la norma E.070 de albañilería, con una dosificación 1:3 de cemento – arena, una relación agua/cemento de 0.80, se realizó con un cemento portland tipo GU y el agregado fino procedente de la cantera la Victoria (Pátapo).

Ensayo de fluidez

Nos referimos a la consistencia que tendrá la mezcla de mortero es decir saber si es fluida, plástica o seca, nos permite caracterizar cual es el comportamiento del mortero en estado fresco, el cual permita una buena trabajabilidad en obra. Este ensayo depende mucho de la relación agua/cemento, calidad del agregado fino, módulo de finura y el nanomaterial a utilizar (NPG). Por este motivo el ensayo de fluidez es infaltable en la caracterización de las propiedades del mortero.

En este ensayo tiene como finalidad saber si nuestra mezcla cumple con los parámetros requeridos para el tipo uso que se empleara dicha mezcla según la NTP 334.057.

La fluidez de control seleccionada para esta investigación fue de una consistencia fluida con la finalidad de que el mortero fuera trabajable en pilas y muretes de albañilería, por prevención debido a las investigaciones realizadas por otros autores que la adición de NPG disminuye la consistencia del concreto o mortero.

Tabla 11. Población y muestra del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG

ENSAYO	FLUIDEZ DEL MORTERO
Mortero con 0.00%de nanoplaquetas de grafeno	1
Mortero con 0.03%de nanoplaquetas de grafeno	1
Mortero con 0.05%de nanoplaquetas de grafeno	1
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	1
	TOTAL= 4

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a compresión del mortero

Es una de las características mecánicas del mortero más importantes, la realización de este ensayo es vital importancia porque se espera que el material adicionar al mortero mejora su resistencia del mortero.

Este ensayo tiene como objetivo determinar su resistencia máxima del mortero con las diferentes adiciones sometidos cada cierta cantidad de días como lo indica la NTP 334.051 y a través de estos datos se podrá saber cuál adición tiene la mayor resistencia.

Se elaboraron dados de 5 cm de arista con sustituciones de 3 porcentajes de NPG con respecto al peso del cemento y una muestra control (0.00% NPG). Se ensayarán las muestras elaboradas a los 3,7,14 y 28 de curado y otra muestra sin curar a los 3,14 y 28 días contando desde el día de elaboración. El resultado se obtendrá a partir del promedio de las 3 muestras realizadas para cada día de ensayo de cada adición.

Tabla 12. Población y muestra de cubos de mortero patrón y mortero con NPG

ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO			
	CON CURADO			
Especímenes	3 Días	7 Días	14 Días	28 Días
Mortero patrón	3	3	3	3
Mortero con 0.03%de nanoplaquetas de grafeno	3	3	3	3
Mortero con 0.05%de nanoplaquetas de grafeno	3	3	3	3
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	3	3	3	3
TOTAL=				48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Población y muestra de cubos de mortero patrón y mortero con NPG sin curado.

ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO		
	SIN CURADO		
Especímenes	3 DIAS	14 Días	28 Días
Mortero patrón	3	3	3
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	3	3	3
TOTAL=			18

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de albañilería

Este ensayo indispensable para evaluar el comportamiento de resistencia del mortero juntamente con la unidad de mampostería. La finalidad del ensayo es saber cuál es la resistencia de compresión axial de las pilas de albañilería a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Los prismas serán elaborados y procesados de acuerdo con la NTP 339.605

Nuestros prismas elaborados tienen 3 unidades de albañilería y una relación de esbeltez promedio de 2.4 el cual cumple con los estándares de la NTP 339.605 que los prismas de mampostería tendrán una altura mínima con una relación alto – espesor entre 1.3 y 5. Se realizaron con sustituciones de 3 porcentajes de NPG con respecto al peso del cemento, estos se ensayaron a los 28 días de su elaboración y no se curan.

Tabla 14. Población y muestra de pilas de albañilería de mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG.

ENSAYOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERÍA
Pilas de albañilería	28 Días
Pilas patron	3
Mortero con 0.03%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.05%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	3
TOTAL=	12

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle del mortero

En el siguiente ensayo tiene la finalidad de saber cuál es la resistencia a flexión por adherencia a cizalle del mortero en pilas de albañilería a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Las pilas de adherencia se elaboran de acuerdo con los requisitos establecidos por la NCh 167 y los datos serán procesados de acuerdo con dicha norma.

El procedimiento para elaboración de las pilas primeramente se seleccionaron 3 ladrillos que estén secos y enteros para ser humedecidos antes de unirse con el mortero, pero un ladrillo se encontrara entre salido a la mitad con respecto a los demás y tendrá un espesor de junta 1.5 cm en el asentado vertical con ayuda de una plomada y nivel se verifica que estén alineados. En 28 días después se obtendrá la resistencia promedio de adherencia a cizalle a partir de las 3 pilas para cada adición.

Tabla 15. Población y muestra de adherencia del mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG en pilas de albañilería.

ENSAYO	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA A CIZALLE DEL MORTERO
Pilas de albañilería	28 Dias
Pilas patron	3
Mortero con 0.03%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.05%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	3
TOTAL=	12

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes

Esta es una prueba que da una idea del esfuerzo cortante o diagonal de la mampostería antes de que se apliquen las fuerzas sísmicas., el cual nos permite simular como fallaría ciertos muros de edificaciones ante un sismo, viene hacer un ensayo representativo ideal.

En el siguiente ensayo tiene la finalidad de saber cuál es la resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Los datos serán procesados de acuerdo con la NTP 339.621 y la norma E-0.70 de albañilería.

Los muretes realizados para este ensayo son de 60 cm x 60 cm de lado respetando los parámetros establecidos por la NTP 339.621 que menciona que dichos muretes deben tener 60 cm como mínimo por cada lado, después se obtendrá la resistencia promedio a compresión diagonal a partir de los 3 muretes para cada adición de NPG.

Tabla 16. Población y muestra de muretes de albañilería de mortero patrón y mortero con diferentes porcentajes de NPG

ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA
Muros	28 Dias
Pilas patron	3
Mortero con 0.03%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.05%de nanoplaquetas de grafeno	3
Mortero con 0.10%de nanoplaquetas de grafeno	3
TOTAL=	12

Fuente: Elaboración propia

Comparación de costos de muros patrón y muros con adición de NPG en el mortero

Se realizó una comparación de costos a partir de los muretes realizados para el ensayo de resistencia a compresión diagonal empleando un mortero con una relación a/c 0.80, dosificaciones 1:3 de cemento - arena; se realizó con un cemento portland tipo GU y agregado fino de la cantera la Victoria (Pátapo, además la unidad de albañilería utilizada fue ladrillo King Kong 30% vacíos de 18 huecos de la marca Lark y también se incluyó la mano de obra, herramientas y otros materiales empleados en la elaboración de las muestras.

Procedimiento

Se procedió hallar el costo de cada material empleado en la construcción de los muretes. Las unidades de medida para el cemento, agregado fino y las NPG se realizó en kg, el agua en litros y la unidad de albañilería por unidad con la finalidad obtener la cantidad empleado en la elaboración de un murete y cuanto costo cada material.

En este parte se compara los precios para la elaboración de los muretes de control vs los muretes con los diferentes porcentajes de adicción de NPG, así como el costo por m² de muro de mampostería. El análisis de costo se realizó de acuerdo con el precio de compra de cada material adquirido por el tesista.

- ✓ La máquina de dispersión ultrasónica no se considera en el análisis de costo

Dispersión de NPG con baño ultrasónico

En esta investigación tiene la finalidad de dispersar adecuadamente las NPG con el agua para todos los porcentajes de estudio sin que estas se aglomeren.

Equipos e instrumentos

- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Máquina de dispersión
- ✓ Nanoplaquetas de grafeno (NPG)
- ✓ Agua

procedimiento

Para este trabajo realizamos la dispersión de NPG por baño ultrasónico con la maquina ultrasonic cleaner que tiene una frecuencia de 40khz y una potencia de 480 w. Primero se llenó hasta la mitad con agua el tanque de acero inoxidable y se dejó calentar para llegue a una temperatura de 40°C, mientras tanto se pesaban las NPG para luego vaciar en el vaso de precipitado que estaba con agua teniendo en cuenta la siguiente dosificación 1g NPG para 200ml de agua y se procedió a mezclar manualmente por 1 minuto para finalmente ponerlo en el baño ultrasónico durante un tiempo de 30 minuto.



Imagen 10. Procedimiento de dispersión de NPG con la maquina ultrasónica

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- ✓ **Técnicas.**

En el proyecto se usará la Observación Directa como procedimiento tener en cuenta y seguir en la investigación. Donde se evaluará de manera coherente los ensayos de

laboratorio y se obtendrán los datos necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto.

✓ **Instrumentos.**

En este proyecto se utilizará estos instrumentos

Documentales

- Se utilizarán fichas de recolección de datos y los formatos que se utilizarán serán similares al del MTC y NTP, para llenar con la información recabada en el laboratorio. También se recabará artículos científicos, revistas, libros y tesis que estén relacionados con el tema de estudio.

Mecánicos

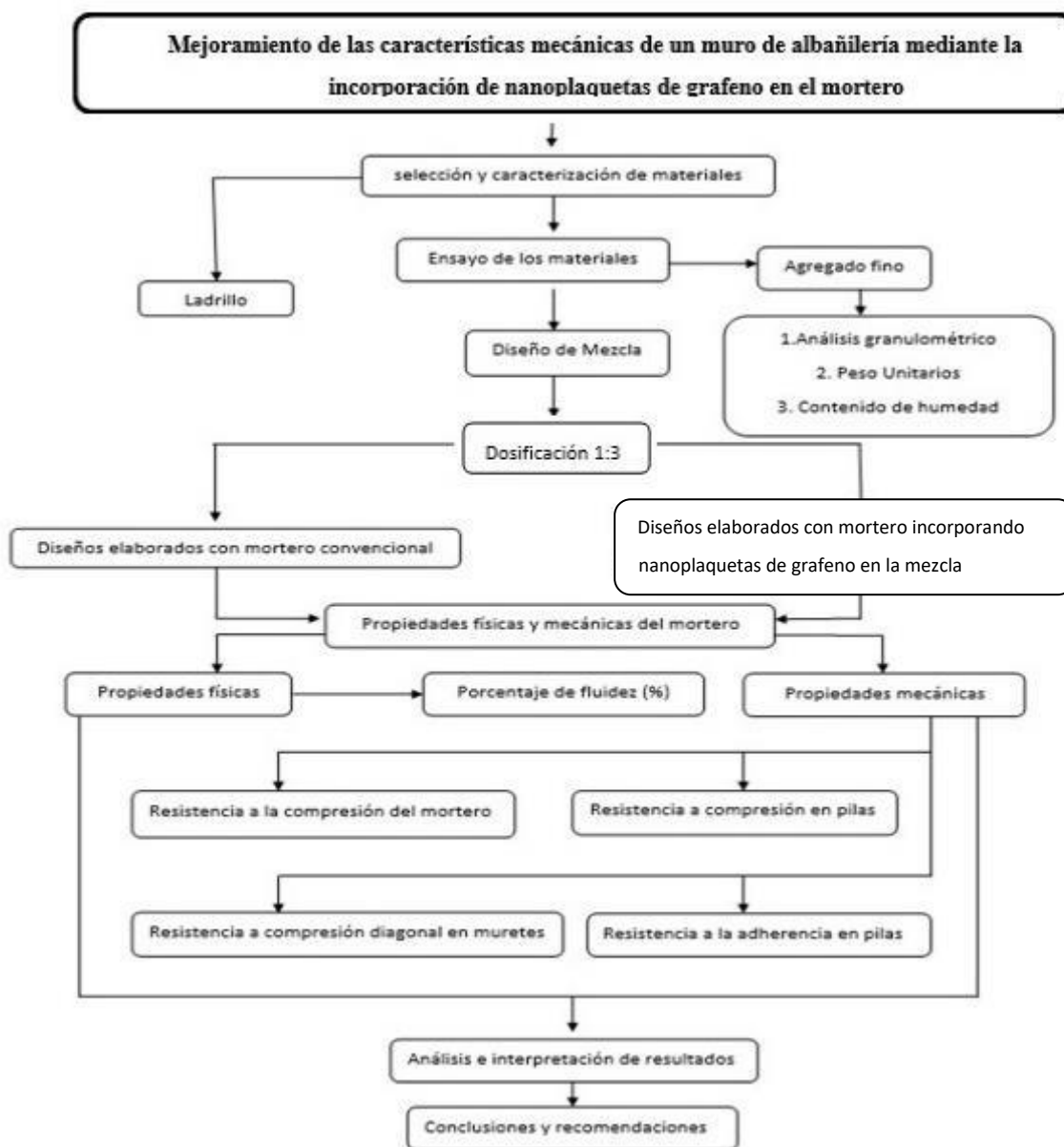
- Para este proyecto también es necesario el empleo de un laboratorio para llevar a cabo los ensayos que necesitamos para el proyecto.
 - Para el muestreo en laboratorio se usará mallas, hornos, bandejas, espátulas, Balanza, moldes
 - Se utilizarán equipos mecánicos como una máquina de compresión axial para los ensayos de resistencia de elementos cúbicos de mortero y resistencia a la compresión axial en pilas
 - Se empleará una máquina para realizar el ensayo de resistencia a la adherencia del mortero y también para realizar el ensayo de compresión diagonal en muros de albañilería

Electrónicos

- Para este proyecto se empleará una computadora (Lenovo) para hacer uso de los programas para que nos faciliten y agilicen el procesamiento de datos más rápido.
 - Programas de cómputo a utilizar son: Word y Excel.
- Impresora para la presentación del proyecto en físico y también memoria USB donde se almacenará los datos del proyecto.

Estrategia para demostrar mi hipótesis:

La demostración de nuestra hipótesis se realizará mediante ensayos controlados como resistencia a la compresión del mortero, resistencia de compresión axial en pilas, resistencia a compresión diagonal en muretes y también la adherencia del mortero en pilas, el cual nos permitirá saber las mejoras que produce el mortero en un muro de albañilería.



Fuente: Elaboración propia

Matriz de consistencia

Tabla 17. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO :MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN EL MORTERO						
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO DE MEDICIÓN
¿Cómo mejora las características mecánicas de un muro de albañilería la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero?	OBJETIVO GENERAL	La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero mejora las características mecánicas de un muro de albañilería	VARIABLE INDEPENDIENTE :	Dosificación de nanoplaquetas de grafeno	Porcentaje de nanoplaquetas de grafeno con respecto al peso del cemento en la mezcla	balanza recipientes
	Mejorar las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero.		Nanoplaquetas de grafeno			
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		VARIABLE DEPENDIENTE :	Características físico-mecánicas del mortero	Fluidez	Mesa de fluidez Según la NTP 334.057
	Identificar las características mecánicas que varían con los diferentes porcentajes de nanoplaquetas de grafeno		Características mecánicas de un muro de albañilería y mortero			
	Conocer la resistencia a la compresión del mortero con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con el mortero				Resistencia a la compresión del mortero	Ensayo de resistencia a la compresión Según la Norma 334.051
	Determinar la resistencia a la compresión en pilas de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con la pila				Resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería	Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería Según la NTP 334.129
	Conocer la adherencia del mortero en pilas de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con la pila			Adherencia del mortero en pilas de albañilería	Ensayo de resistencia a la adherencia del mortero en pilas de albañilería Según la NTP 399.605	
	Determinar la resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con los diferentes porcentajes (0.03%;0.05%;0.10% del peso del cemento) de nanoplaquetas de grafeno y compararlo con el murete patrón		Resistencia a compresión diagonal del murete de albañilería	Ensayo de compresión diagonal en muros de albañilería Según la NTP 399.621		
Realizar una comparación de costos entre el muro patrón y los muros con los diferentes porcentajes de incorporación de nanoplaquetas de						

Aspectos éticos

Los valores éticos y morales están presentes en la siguiente investigación con la finalidad de cumplir con los estándares estrictos de una elaboración de tesis, todos los resultados obtenidos se pueden comprobar en el desarrollo del estudio respetando todas las normas nacionales relacionadas al tema y que estén vigentes.

La confiabilidad de este estudio se garantiza por realizar todos los ensayos requeridos por las normas vigentes del Perú para unidades de albañilería y mortero. Dichos ensayos se realizaron en el laboratorio de la universidad a exención de uno, pero todos estuvieron bajo supervisión de los laboratoristas del centro de estudios quienes garantizan y certifican la veracidad de los resultados.

Dicha investigación desarrollada tiene como finalidad aportar en el desarrollo del sector construcción en el Perú con la implantación de nuevos nanomateriales (NPG), donde se busca demostrar que con pequeñas adiciones de dicho nanomaterial si mejora la resistencia de un muro de albañilería.

Además, esta investigación será sometido a un software (Turnitin) que garantizara que esta investigación es de mi autoría.

Resultados

Resultados de los ensayos a la unidad de albañileríaVariación Dimensional

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 19 se observan los resultados obtenidos para la variación dimensional del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos.

Tabla 18. Dimensiones de la ficha técnica del ladrillo king Kong 30% de vacíos.

Ladrillo king kong 30% vacios		
Le (cm)	Ae (cm)	He (cm)
24	13	9

Fuente: Ficha técnica de ladrillos Lark

Tabla 19. Resultado del ensayo de variación dimensional del ladrillo.

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	236.00	129.00	89.00
02		239.00	127.50	89.50
03		235.00	127.00	89.10
04		239.00	126.00	91.00
05		239.20	128.50	90.50
PROMEDIO (mm)		237.64	127.60	89.82
C.V (%)		0.84%	0.94%	0.99%
V.D (%)		-0.983%	-1.846%	-0.200%

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos del análisis de variación dimensional del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que la unidad de albañilería es de tipo V según la norma E070 de albañilería

Alaveo

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 20 se observan los resultados obtenidos para el alaveo del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos.

Tabla 20. Resultado del ensayo de alaveo del ladrillo

ALABEO EN LADRILLOS				
% Dosific.	LADRILLO KING KONG TIPO V			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
MUESTRA	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
# / CODIGO	mm		mm	
M - 1	0.00	2.10	0.50	0.00
M - 2	0.00	2.10	0.00	0.50
M - 3	0.60	0.00	1.00	0.00
M - 4	0.00	3.00	0.70	0.00
M - 5	0.90	0.40	0.00	1.50
PROMEDIO	0.30	1.52	0.44	0.40
D.EST. (%)	0.42	1.27	0.44	0.65
CV		83.40%		162.98%
			Concavidad promedio (mm)	0.7
			Convexidad promedio (mm)	1.9
			ALABEO (mm)	1.3

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos del análisis del alaveo del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que tiene un alaveo menor a 2mm que lo clasifica a la unidad de albañilería de tipo V según la norma E070 de albañilería

Porcentajes de vacíos

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 21 se observan los resultados obtenidos para el porcentaje de vacíos del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos.

Tabla 21. Resultado del ensayo del porcentaje de vacíos del ladrillo.

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (cm) (e)	ANCHO (cm) (l)	ALTO PROM. (cm) (h)	D PROM. (cm) (l)	VOL. LADRILLO (cm ³)	VOL. VACIOS (cm ³)	PORCENTAJE DE VACIOS (%)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.60	12.90	8.90	2.43	2709.52	745.00	27.50
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.90	12.75	8.85	2.42	2696.82	730.70	27.09
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.50	12.70	9.08	2.50	2710.92	802.58	29.61
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.90	12.60	8.98	2.48	2705.24	783.20	28.95
							PROMEDIO (%)	28.29

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos para el porcentaje de vacíos del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que tiene un promedio de las unidades de albañilería de 28.29% de porcentaje de vacíos que según la norma E070 de albañilería que las

unidades de ensayo son sólida o maciza porque tiene menos del 30% de vacíos en el área de asentado.

Succión

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 22 se observan los resultados obtenidos para succión del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos.

Tabla 22. Resultado del ensayo de succión del ladrillo.

Muestra N°	Peso		Dimensiones		Area cm ²	Succión gr/cm ² -min
	Humedo (g)	Seco (g)	Largo cm	Ancho cm		
01	3570.0	3542.0	23.8	12.8	304.6	18.4
02	3550.0	3520.0	24.1	13.05	314.5	19.1
03	3522.0	3494.0	23.9	12.85	307.1	18.2
Desviación estandar (σ)						0.4502984
Coefficiente de variación (V%)						0.0242556
Succión promedio (gr/cm²-min)						18.56

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos para succión del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que tiene un promedio de succión de 18.56 gr que según la norma E070 de albañilería que a la hora de asentarlos la succión debe comprender entre 20 y 10 gr por minuto en un área de 200 cm² por lo tanto el valor obtenido está dentro del rango.

Absorción

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 23 se observan los resultados obtenidos para absorción del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos

Tabla 23. Resultado del ensayo de porcentaje de absorción del ladrillo.

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	3790	3410	11.1
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	3924	3520	11.5
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	3812	3440	10.8
Promedio (%)				11.1

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos para el porcentaje de absorción del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que tiene un promedio de 11.1% de las unidades ensayadas que según la norma E.070 de albañilería el valor máximo es 22% y nuestro valor es menor por lo tanto cumple con los requisitos de la norma.

Resistencia a la compresión

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 24 se observan los resultados obtenidos para la resistencia a compresión del ladrillo “Lark 30% vacíos” de 18 huecos.

Tabla 24. Resultado del ensayo de resistencia a compresión del ladrillo.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	297	68790	213
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	305	61210	185
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	294	61420	192
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	299	64520	199

Promedio (P)	197
Desviación estandar (σ)	11.88
Coefficiente de variación (V%)	0.06
F^b (kg/cm²)	185

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar los resultados obtenidos para la resistencia a compresión del ladrillo de la marca “Lark” que arrojo que tiene un promedio de 197 kg/cm² y una desviación estándar de 11.88 Kg/cm² el cual permite tener una resistencia característica a la compresión de 185 Kg/cm² de las unidades ensayadas que según la norma E070 de albañilería es un tipo V, ya que el valor obtenido supero los 180 Kg/cm².

Resumen de los ensayos a la unidad de albañilería de la marca “LARK”

Tabla 25. Resumen de los ensayos realizados al ladrillo LARK.

LADRILLO KINK KONG 30% VACIO				
ENSAYOS	U.M	MARCA "LARK"	Según NTE.070	CLASE
Variación de las dimensiones	%	-1.85%	+2	Ladrillo V
Alveo	mm	1.3	2	Ladrillo V
Porcentaje de vacíos	%	28.29	<30%	-----
Succión	gr/200cm ² -min	18.56	20-10	-----
Porcentaje de absorción	%	11.1	<22	-----
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	185	180	Ladrillo V

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos para cada ensayo de la unidad de albañilería de la marca “LARK” que se emplearan para realizar las pilas y muretes de albañilería podemos interpretar que el ladrillo es de clase V porque cumplió con todos los parámetros establecidos por la norma E070 albañilería y valida los resultados de su ficha técnica presentados por la empresa.

Resultados de los ensayos al agregado fino

Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino

Posteriormente se presentan resultados de laboratorio del agregado fino de la cantera La Victoria-Pátapo. La norma que sirve de guía es NTP 400.012

En este ensayo se utilizó una muestra representativa de 500g para obtener los resultados que se muestran en Tabla 26 donde se observa el % acumulado que pasa en cada malla y también los límites para el agregado fino según norma E-0.70 de albañilería que debe cumplir el agregado fino de la cantera la Victoria

Tabla 26. Resultado del análisis granulométrico del agregado fino por tamizado de la cantera la Victoria – Pátapo.

Cantera : Patapo - La Victoria

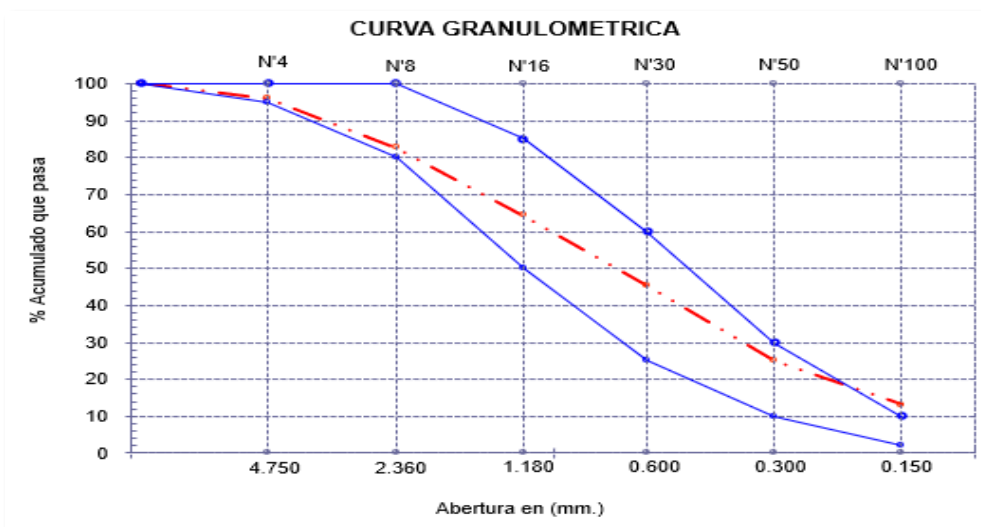
P. Inicial S. 500.0

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	20	4.0	4.0	96.0	95	100
Nº 08	2.360	66	13.3	17.2	82.8	80	100
Nº 16	1.180	92	18.4	35.6	64.4	50	85
Nº 30	0.600	96	19.2	54.8	45.2	25	60
Nº 50	0.300	101	20.2	74.9	25.1	10	30
Nº 100	0.150	60	12.0	86.9	13.1	2	10
Nº 200	0.075	34	6.8	93.7	6.3	2	10
Fondo		22	4.4	91.3	8.7		
Módulo de Fineza				2.734			
Abertura de malla de referencia				Nº 04			

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

En la Tabla 26 los resultados del análisis granulométrico del material en ensayo proveniente de la cantera la Victoria -Pátapo presenta un módulo de fineza de 2.734 que se clasifica en una arena gruesa según la norma ASTM C 125 es acta para el estudio; pero según la norma peruana E.070 albañilería considera que el módulo de finura debe estar entre 1.60 -2.50 por lo tanto no se considera el material el más adecuado para el estudio.

Grafica 1. Curva granulométrica del agregado fino por tamizado de la cantera la Victoria – Pátapo.



Fuente: Realizado en el laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

En la gráfica de la curva granulométrica se puede inferir que el A.F si cumple con los parámetros establecidos por la norma E0.70- albañilería el cual se considera adecuado para el estudio.

Contenido de humedad

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 27 se observan los resultados obtenidos del peso específico y absorción de la cantera antes mencionada del A.F

Tabla 27. Resultado del ensayo del % de contenido de humedad del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	330	330
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	327.08	327.08
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.89	0.89
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.89	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar en la Tabla 27 el resultado obtenido del A.F de la cantera de la Victoria- Pátapo con respecto al contenido de humedad que nos arrojó 0.89%

Peso específico y absorción

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 28 se observan los resultados obtenidos del peso específico y absorción de la cantera antes mencionada del A.F

Tabla 28. Resultado del ensayo de peso específico y absorción del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo.

I .- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco -	(g)	984.1	984.1
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra	(g)	677.2	677.2
3.- Peso del Agua	(g)	306.9	306.9
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del F	(g)	672	672
5.- Peso del Frasco	(g)	177.2	177.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.562
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.589
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.633
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.05

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Se puede observar en la tabla 30 los resultados obtenidos del A.F de la cantera de la Victoria- Pátapo que su peso específico es 2.562 g/cm³ y mientras su porcentaje de absorción nos arrojó 1.05 %.

Peso unitario del agregado fino

Los resultados se aprecian en la (Tabla 29 y 30), de manera ordenada para el ensayo del agregado fino PUS y PUSC.

Tabla 29. Resultado del ensayo del peso unitario suelto del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO				
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18544	18550	18549
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10084.0	10084.0	10084.0
3.- Peso del material		8460	8466	8465
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00553	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1529.26		
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1515.73		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

En la Tabla 29 los resultados obtenidos del A.F de la cantera de la Victoria- Pátapo que su peso unitario seco es Kg/cm^2 y su peso unitario suelto húmedo es $1529.26 Kg/cm^2$

Tabla 30. Resultado del ensayo del peso unitario compactado del A.F de la cantera la Victoria – Pátapo.

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente (gr.)	19542.0	19540.0	19544.0
2.- Peso del recipiente (gr.)	10084.0	10084.0	10084.0
3.- Peso del material	9458	9456	9460
4.- Constante ó Volumen (m^3)	0.00553	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio) (kg/m^3)	1708.92		
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio) (kg/m^3)	1693.80		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

En la Tabla 30 los resultados obtenidos del A.F de la cantera de la Victoria- Pátapo cuyo peso unitario compactado seco es $1693.80 Kg/cm^2$ y su peso unitario compactado húmedo es $1708.92 Kg/cm^2$

Tabla 31. Resumen de las propiedades del agregado fino de la cantera la Victoria- Pátapo.

PROPIEDADES	U.M	AGREGADO FINO
Modulo de fineza	-	2.73
Contenido de humedad	%	0.89
Peso especifico de la masa	g/cm^3	2.56
Absorcion	%	1.05
Peso unitario seco	kg/cm^3	1515.73
Peso unitario compactado	kg/cm^3	1693.80

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla para morteros con diferentes % de adición de NPG

Tabla 32. Diseño de mezcla para el mortero patrón y mortero con adición de NPG.

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	DOSIFICACIÓN			RELACIÓN
		Cemento (g)	Arena (g)	NPG (g)	AGUA/CEMENTO
Mortero patrón	1:3:0.00%	1000	3060.0	0.00	0.80
Mortero patrón con adición de NPG	1:3:0.03%	1000	3060.0	0.30	0.80
	1:3:0.05%	1000	3060.0	0.50	0.80
	1:3:0.10%	1000	3060.0	1.00	0.80

Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se diseñó la mezcla para el mortero patrón y luego se adiciono los diferentes porcentajes de 0.03%,0.05% y 0.10% NPG con respecto al peso del cemento.

Resultados de los ensayos a mortero en estado fresco

Ensayo de fluidez

Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la Tabla 33, donde se observan los resultados obtenidos para la fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG

Tabla 33. Resultado del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG.

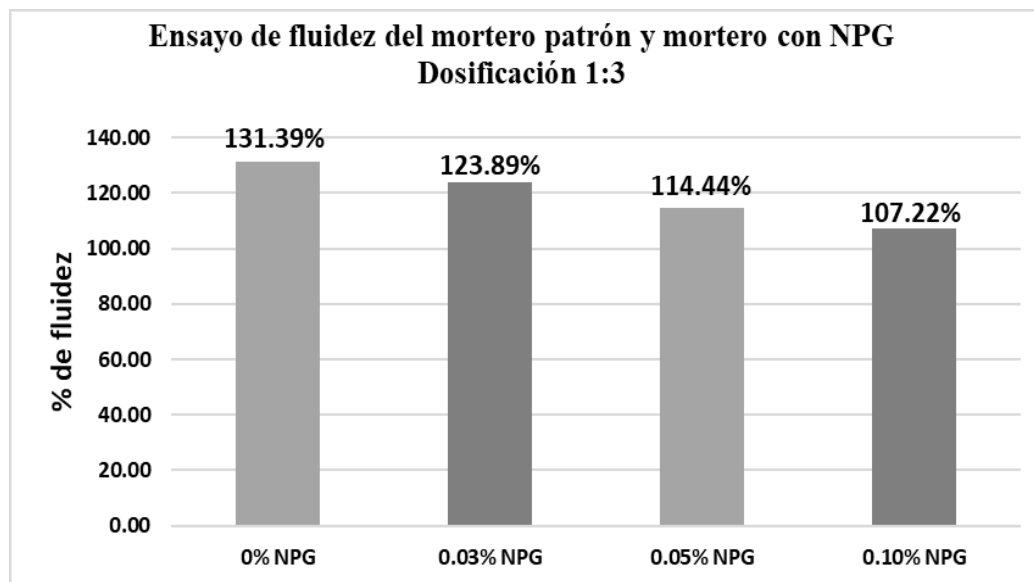
N° de pruebas	Diametro de Inicio en mm	Promedio de los diametros	% De Fluidez
0% NPG	90	208.25	131.39
0.03% NPG	90	201.50	123.89
0.05% NPG	90	193.00	114.44
0.10% NPG	90	186.50	107.22

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Para el ensayo de fluidez los resultados con los diferentes porcentajes de adición de NPG y sin adición con respecto al peso del cemento, con una relación de agua-cemento 0.80 y con una dosificación 1:3 en volumen de cemento-arena. Según la NTP 339.610 la fluidez del mortero de albañilería recomienda que debe estar 110%+5%

los diferentes porcentajes de NPG que cumplen son las adiciones de 0.05% y 0.10%.NPG.

Grafica 2. Resultado del ensayo de fluidez del mortero patrón y mortero con adición de NPG



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico los resultados nos muestran que a mayor adición de NPG disminuye significativamente la fluidez con respecto al mortero patrón. La adición de 0.03% NPG y mortero patrón se clasifican según su consistencia que es fluida y las adiciones de 0.05% y 0.10% de NPG tiene una consistencia media (plástica).

Resultados de los ensayos del mortero en estado endurecido

Ensayo de resistencia a compresión del mortero con curado

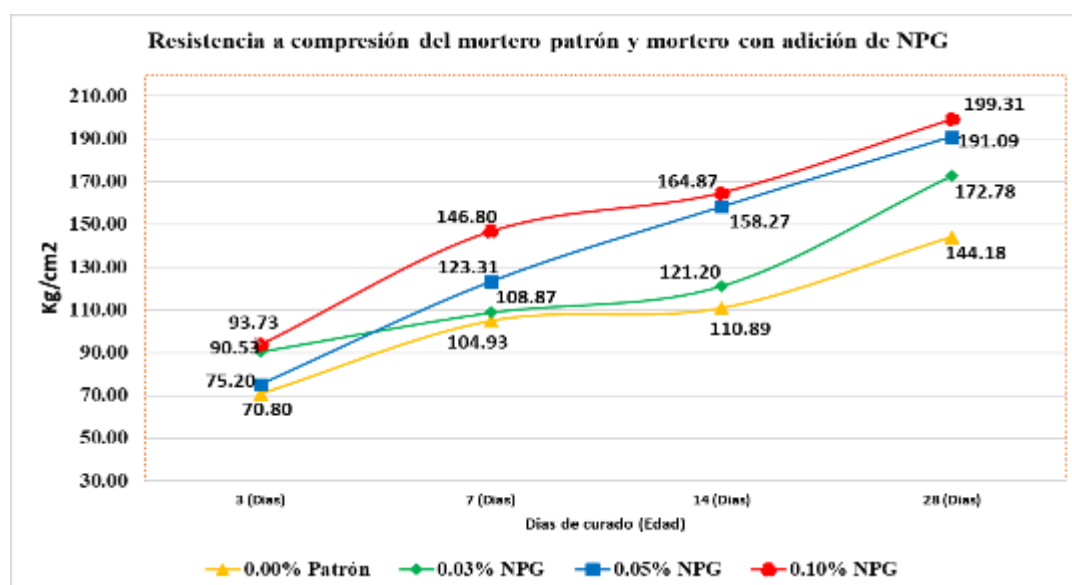
Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 34, se observan los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a la compresión promedio del mortero patrón y mortero con adición de NPG a los 3,7,14 y 28 días de curado.

Tabla 34. Resumen de los resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de NPG con curado hasta los 28 días.

Días de curado	Porcentaje de NPG			
	0.00% Patrón	0.03% NPG	0.05% NPG	0.10% NPG
3 (Días)	70.80	90.53	75.20	93.73
7 (Días)	104.93	108.87	123.31	146.80
14 (Días)	110.89	121.20	158.27	164.87
28 (Días)	144.18	172.78	191.09	199.31

Fuente: Elaboración propia

Grafica 3 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión promedio de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de NPG a los 3,7,14 y 28 días de curado.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar que la incorporación de NPG en la mezcla del mortero mejora la resistencia a compresión comparado con la muestra control. La adición de 0.10% de NPG es la que mejor resultado mostro durante los 28 días con una resistencia a la compresión promedio de 199 Kg/cm^2 mostrando un incremento con respecto a la muestra patrón de 55.13 Kg/cm^2 mientras que las adiciones de 0.03% y 0.05% de NPG superaron la muestra de control con una diferencia de 28.6 kg/cm^2 y 46.91 Kg/cm^2 respectivamente.

Según la ASTM C 270 y los resultados de la gráfica 3 tenemos dos tipos de mortero según su resistencia a compresión. Los especímenes que no superaron su resistencia a

compresión promedio de 175 kg/cm² a los 28 días son la muestras patrón y muestras con adición de 0.03% de NPG clasificándolo como morteros tipo S mientras que las muestras con adiciones de 0.05% y 0.10% NPG si pasaron el límite, se clasifican como morteros tipo M.

Ensayo de resistencia a compresión del mortero sin curado

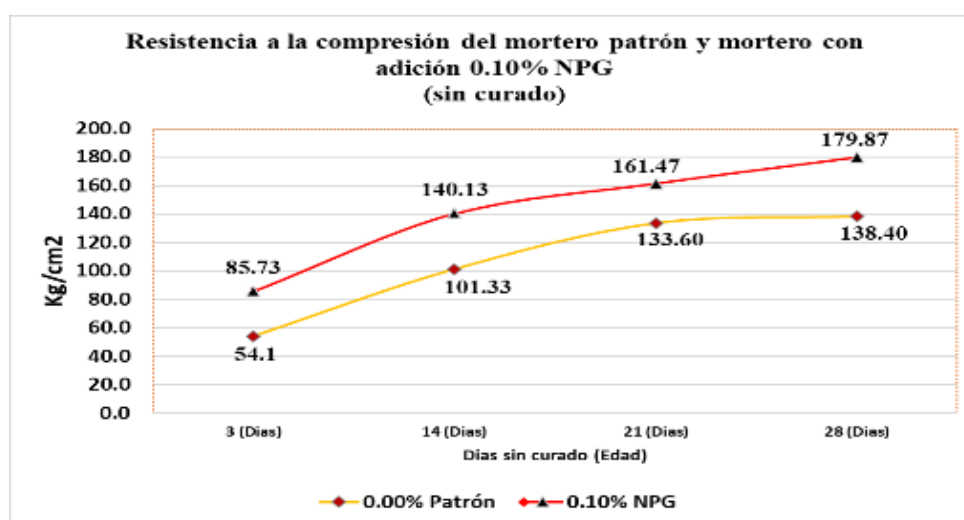
Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 35 se observan los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a la compresión del mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,14,21 y 28 días sin curado.

Tabla 35. Resumen de los resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG sin curado hasta los 28 días.

Días sin curar	Porcentaje de NPG	
	0.00% Patrón	0.10% NPG
3 (Días)	54.1	85.73
14 (Días)	101.33	140.13
21 (Días)	133.60	161.47
28 (Días)	138.40	179.87

Fuente: Elaboración propia

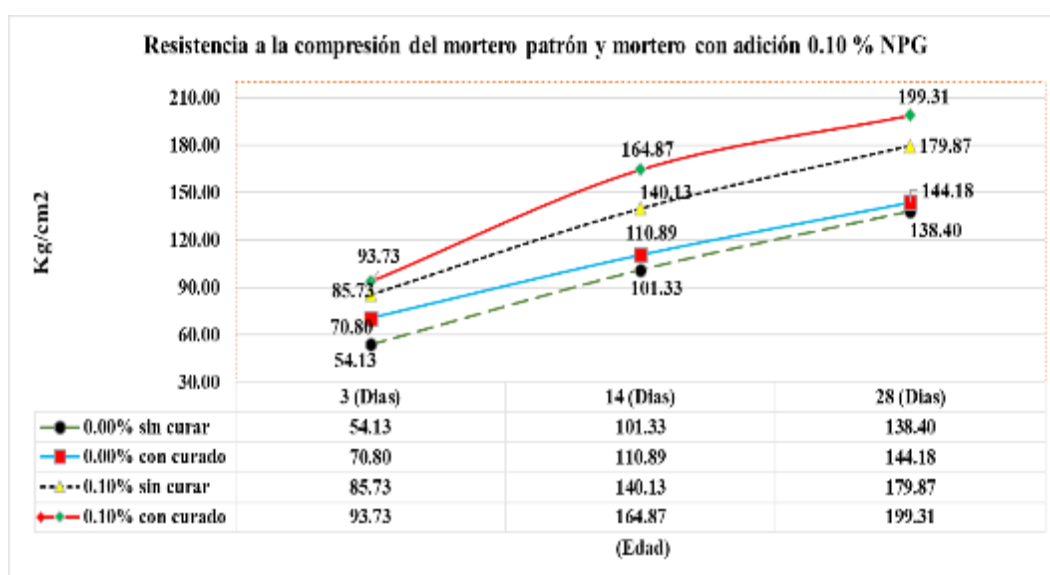
Grafica 4 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,14,21 y 28 días de curado.



De la gráfica se puede interpretar que la adición de 0.10% de NPG con respecto al peso del cemento logro una resistencia promedio de 179.87 Kg/cm^2 superando a la resistencia promedio de la muestra patrón en 41.47 Kg/cm^2 a los 28 días de su elaboración.

Comparación de resistencia a compresión en cubos de mortero patrón y mortero con adición de 0.10% NPG con curado y sin curado.

Grafica 5 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón vs mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,14 y 28 días con curado y sin curado.



Fuente: Elaboración propia

Del siguiente grafico se puede precisar que los cubos de mortero sin adición de NPG su resistencia a compresión promedio se ve afectado mínimamente por el curado teniendo una diferencia a los 28 días de 5.78 Kg/cm^2 mientras que las muestras con adición de 0.10% NPG si influye en su resistencia a compresión el curado de estos especímenes; ya que se obtuvo una variación de 19.44 Kg/cm^2 a los 28 días con las muestras sin curar.

Ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de albañilería

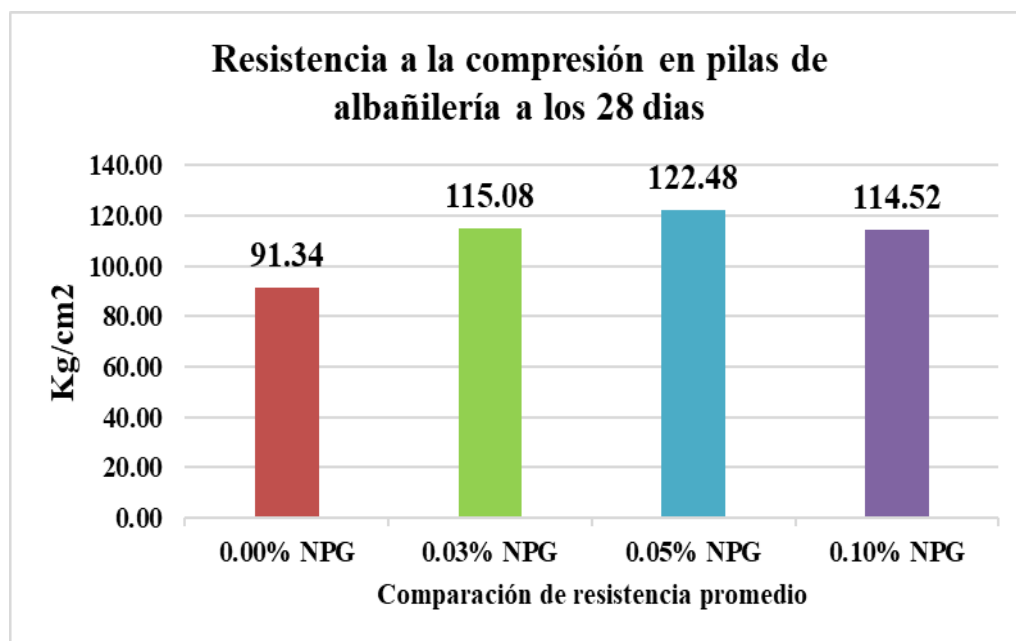
Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 36 se observan los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería patrón y con adición de NPG a los 28 días.

Tabla 36. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en prismas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.

Muestra	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h (cm)	e (cm)	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm (kg/cm ²)	F'm Prom. (kg/cm ²)
01	Mortero con adición 0.00% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.0	12.5	2.480	299	25560	1.04	89	91.34
02		07/10/2022	04/11/2022	28	31.0	12.6	2.460	301	28450	1.04	98	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	31.1	12.4	2.508	295	24680	1.04	87	
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.0	12.6	2.460	299	35100	1.04	121	115.08
02		07/10/2022	04/11/2022	28	30.9	12.5	2.472	301	32312	1.04	112	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	30.6	12.7	2.409	295	32740	1.03	111	
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.1	12.6	2.468	300	35100	1.04	119	122.48
02		07/10/2022	04/11/2022	28	30.6	12.7	2.419	298	32312	1.03	120	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	31.5	12.6	2.500	304	32740	1.04	129	
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.2	12.7	2.466	301	301	1.04	114	114.52
02		07/10/2022	04/11/2022	28	31.2	12.5	2.496	298	298	1.04	108	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	30.9	12.5	2.472	299	299	1.04	122	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 6. Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la compresión axial en prismas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar la resistencia a compresión axial en prismas de albañilería donde el valor más elevado de la resistencia promedio ($F'm$) es de 122.48 kg/cm^2 para los prismas elaborados con la adición de 0.05% NPG en el mortero; es decir supero en resistencia a la muestra control en 31. Kg/cm^2 . Para las adiciones de 0.03% y 0.10% de NPG en el mortero se incrementó su resistencia promedio en 23.74 Kg/cm^2 y 23.18 Kg/cm^2 con respecto a la muestra sin adición.

Ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería

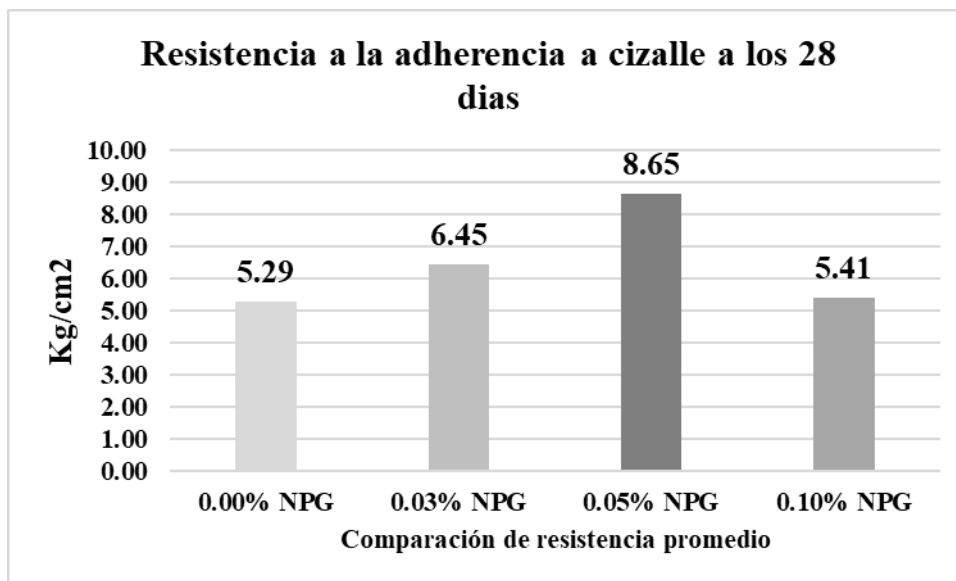
Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 37 se observan los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia adherencia promedio a cizalle en pilas de albañilería elaborados con mortero con los distintos porcentajes de NPG incorporados en la mezcla y ensayados a los 28 días.

Tabla 37. Resultados del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.

Muestra	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	L	A	Área bruta (cm^2)	Carga (kg)	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm^2)	TOTAL
Nº					(cm)	(cm)				(kg/cm^2)
01	Mortero patrón	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1900	6.6	5.29
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1300	4.5	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1370	4.8	
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1710	5.9	6.45
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1440	5.0	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2420	8.4	
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1840	6.4	8.65
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2760	9.6	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2870	10.0	
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1720	6.0	5.41
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1380	4.8	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1570	5.5	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 7. Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar la resistencia a la adherencia a cizalle a los 28 días donde los resultados son los siguientes: El valor más elevado de la resistencia al adherencia por cizalle promedio es de 8.65 kg/cm² para las pilas elaborados con la adición de 0.05% NPG en el mortero; es decir supero en resistencia a la muestra control en 3.36 Kg/cm² mientras para las adiciones de 0.03% y 0.10% de NPG en el mortero se incrementó su resistencia promedio en 1.16 Kg/cm² y 0.12 Kg/cm² con respecto a la muestra sin adición.

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería

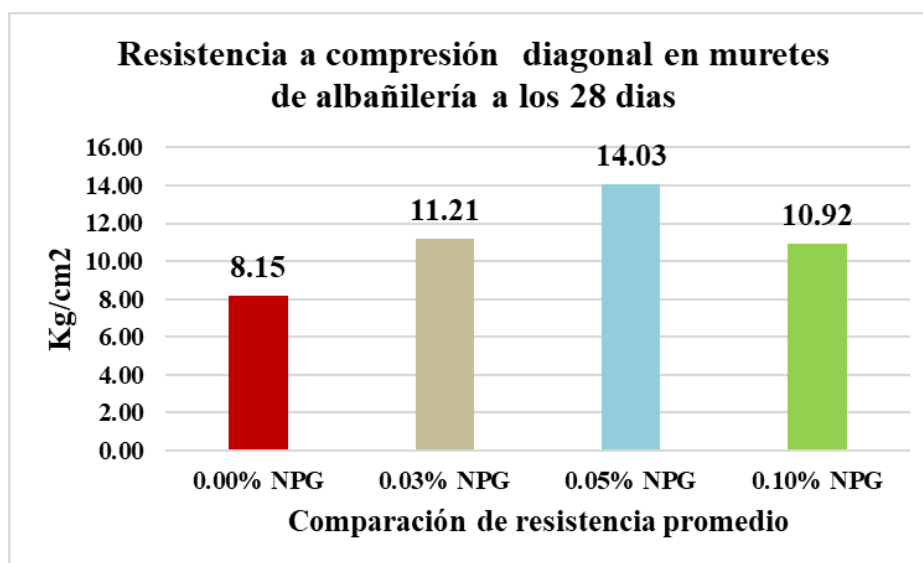
Los datos conseguidos para este ensayo se muestran de manera ordenada en la siguiente Tabla 38, se observan los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería patrón y con adición de NPG a los 28 días.

Tabla 38. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería patrón y con adiciones de NPG a los 28 días.

Muestra	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l	h	t	Ab	P	V'm	V'm
Nº					(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	N (kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
01	Mortero patrón	08/10/2022	05/11/2022	28	640.0	650.0	12.7	8192	6454	8.03	8.15
02		08/10/2022	05/11/2022	28	625.0	645.0	12.9	8192	5582	6.95	
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640.0	635.0	12.8	8160	7578	9.47	
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	652.0	657.0	12.8	8378	10110	12.31	11.21
02		08/10/2022	05/11/2022	28	655.0	660.0	12.8	8416	9262	11.22	
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640.0	650.0	12.7	8192	8103	10.09	
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	650.0	645.0	12.8	8288	9999	12.30	14.03
02		08/10/2022	05/11/2022	28	640.0	650.0	12.8	8256	11698	14.45	
03		08/10/2022	05/11/2022	28	635.0	635.0	12.9	8192	12333	15.35	
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	660.0	657.0	12.8	8429	8940	10.82	10.92
02		08/10/2022	05/11/2022	28	650.0	657.0	12.9	8430	8570	10.37	
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640.0	645.0	12.9	8288	9400	11.57	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 8 Se muestra la comparación de los resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con y sin adición de NPG a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar la resistencia a compresión diagonal a los 28 días donde los resultados son los siguientes: El valor más elevado de la resistencia a compresión diagonal promedio es de 14.03 kg/cm² para los muretes elaborados con la adición de 0.05% NPG en el mortero; es decir supero en resistencia a la muestra control en 5.88 Kg/cm² mientras para las adiciones de 0.03% y 0.10% de NPG en el mortero se incrementó su resistencia promedio en 3.06 Kg/cm² y 2.77 Kg/cm² con respecto a la muestra patrón.

Comparación de costos del mortero patrón vs mortero con los diferentes porcentajes de adición (0.03%,0.05% y 0.10%) de NPG

Se realizo un análisis económico mediante la comparación de precios para la elaboración de los muretes sin adición vs los muretes con adición de NPG y tambien la diferencia de precio por m² de muro de albañilería, los detalles de los costos de cada material y otros gastos para la elaboración de muretes se muestras en las siguientes tablas.

A continuación, se presenta un análisis económico mediante la comparación de precios para muretes sin NPG y con NPG al 0.03%, 0.5% y 0.10%. además, el costo por m² de la elaboración de un muro de albañilería.

- ✓ En el análisis económico de costos no se incluye la máquina de dispersión para las NPG. Esto se debe porque la universidad nos apoyó con la adquisición de dicha máquina. Si esta investigación se replica en algún proyecto de construcción se debe tener en cuenta que la máquina de dispersión se tiene que considerar como un gasto adicional.

Tabla 39. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería sin adición de NPG.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	KG/MURETE	CANT/MURETE	PRECIO (S/)	TOTAL (S/)
Materiales						52.12
1	Cemento	Kg	7.000	0.16	27	4.45
2	Agregado fino	Kg	21.420	0.02	55	0.93
3	Agua	Lt	5.600	1.00	0.5	0.50
4	Ladrillo (clase V)	UND	16.000	1.70	27.2	46.24
Mano de obra						15.00
1	Operario	HH		0.10	120	12.00
2	Ayudante	HH		0.05	60	3.00
Herramientas						0.75
1	Herramientas 5% de la M.O			0.05	15.000	0.75
TOTAL DE COSTO DEL MURETE PATRÓN (0.6m x 0.6 m)						67.87
Costo por M2 de asentado de muro de albañilería con mortero patrón						113.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.03% NPG.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	KG/MURETE	CANT/MURETE	PRECIO (S/)	TOTAL (S/)
Materiales						52.95
1	Cemento	Kg	7.000	0.16	27	4.45
2	Agregado fino	Kg	21.420	0.02	55	0.93
3	Agua	Lt	5.600	1.00	0.5	0.50
4	Ladrillo (clase V)	UND	16.000	1.70	27.2	46.24
5	0.03% NPG	kg	0.002	0.0021	397	0.83
Mano de obra						15.00
1	Operario	HH		0.10	120	12.00
2	Ayudante	HH		0.05	60	3.00
Herramientas						0.75
1	Herramientas 5% de la M.O			0.05	15.000	0.75
TOTAL DE COSTO DEL MURETE CON ADICIÓN DE 0.03% NPG (0.6m x 0.6 m)						68.70
Costo por M2 de asentado de muro de albañilería con adición 0.03% NPG en el mortero						114.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.05% NPG.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	KG/MURETE	CANT/MURETE	PRECIO (S/)	TOTAL (S/)
Materiales						53.51
1	Cemento	Kg	7.000	0.16	27	4.45
2	Agregado fino	Kg	21.420	0.02	55	0.93
3	Agua	Lt	5.600	1.00	0.5	0.50
4	Ladrillo (clase V)	UND	16.000	1.70	27.2	46.24
5	0.05% NPG	kg	0.004	0.0035	397	1.39
Mano de obra						15.00
1	Operario	HH		0.10	120	12.00
2	Ayudante	HH		0.05	60	3.00
Herramientas						0.75
1	Herramientas 5% de la M.O			0.05	15.000	0.75
TOTAL DE COSTO DEL MURETE CON ADICIÓN DE 0.05% NPG (0.6m x 0.6 m)						69.26
Costo por M2 de asentado de muro de albañilería con adición 0.05% NPG en el mortero						115.43

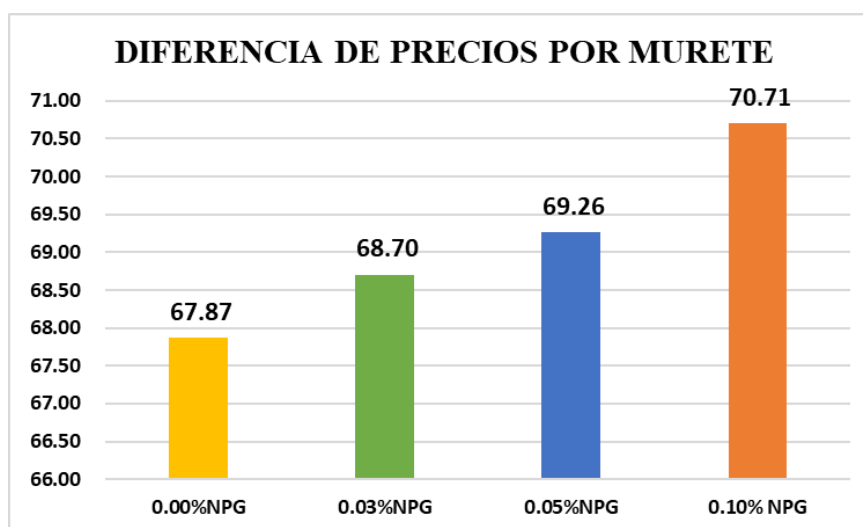
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Análisis de costo por murete y m2 de un muro de albañilería con adición de 0.10% NPG.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	KG/MURETE	CANT/MURETE	PRECIO (S/)	TOTAL (S/)
Materiales						54.96
1	Cemento	Kg	7.0000	0.16	27	4.45
2	Agregado fino	Kg	21.4200	0.02	55	0.93
3	Agua	Lt	5.6000	1.00	0.1	0.56
4	Ladrillo (clase V)	UND	16.0000	1.70	27.2	46.24
5	0.10% NPG	kg	0.0070	0.01	397	2.78
Mano de obra						15.00
1	Operario	HH		0.10	120	12.00
2	Ayudante	HH		0.05	60	3.00
Herramientas						0.75
1	Herramientas 5% de la M.O			0.05	15.000	0.75
TOTAL DE COSTO DEL MURETE CON ADICIÓN DE 0.10% NPG (0.6m x 0.6 m)						70.71
Costo por M2 de asentado de muro de albañilería con adición 0.10% NPG en el mortero						117.85

Fuente: Elaboración propia

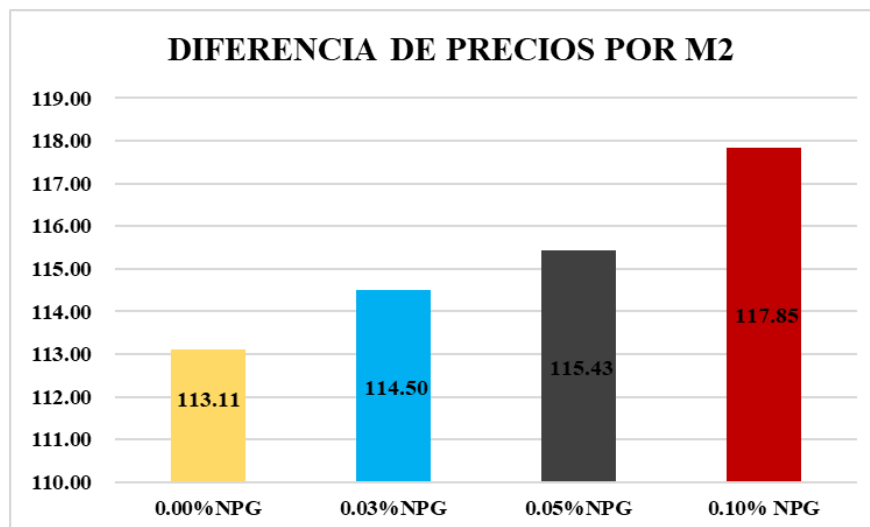
Grafica 9 Se muestra la comparación de costos para la construcción de muretes (60cm x 60 cm) sin adición de NPG y con adición de NPG 0.03%,0.05% y 0.10%.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar que a mayor adición de NPG aumenta el costo con respecto a la elaboración de muretes sin adición. El costo más alto por muretes es la adición de 0,10% NPG superando a la muestra control por 2.84 soles mientras para las adiciones de 0,03% y 0.05% NPG se incrementó el costo en 0.83 soles y 1.39 soles con respecto a las muestras patrón.

Grafica 10 Se muestra la comparación de costos por m2 de un muro de albañilería sin adición de NPG y con adición de NPG 0.03%,0.05% y 0.10%.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede determinar que el costo por m2 de construcción de un muro de albañilería aumenta si la adición del porcentaje de NPG incrementa. La variación con respecto a la muestra patrón el costo más alejado es de 4.74 soles que es la adición de 0,10% NPG.

Discusión

En esta investigación el propósito principal fue evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas del mortero en estado fresco y endurecido de muestras patrón, al cual se le incorpora NPG en porcentajes de 0.03%, 0.05% y 0.10%, para poder demostrar nuestra hipótesis.

Teniendo en cuenta los ensayos realizados y basados en los resultados obtenidos podemos aceptar nuestra hipótesis como verdadera ya que la incorporación de NPG en el mortero, si mejoran las características mecánicas de un muro de albañilería. Además existen antecedentes que justifican lo mencionado.

Nuestra investigación tiene relación con la investigación realizada por M Yang. et al., (2020). Donde concluye que las NPG mejoran las propiedades mecánicas del mortero en comparación con la muestra control. Además el porcentaje que mejores resultados obtuvo es 0.2% que aumento su resistencia a compresión a los 28 días en 10% con respecto a la muestra patrón. Relacionando con nuestro experimento se observó que la adición que mayor aumento de resistencia a compresión fue la de 0.10% que obtuvo 38.24% en relación con la muestra control.

También estudios realizados por B. Wang y D. Shuang (2018), donde incorporan porcentajes de NPG (0.02%, 0.05%, 0.08% y 0.10% con respecto al peso del cemento) en el mortero. Donde concluye que el nanomaterial genera efectos positivos en las propiedades mecánicas y microestructura de los compuestos de cemento, los resultados más favorables se obtuvieron con el porcentaje de 0.05% de NPG que fue el más óptimo teniendo una resistencia a compresión a los 7 días de 4.3% y a los 28 días de 3.7%. Realizando la comparación con nuestra investigación con el porcentaje óptimo que también es la adición de 0,05% incremento su resistencia a los 7 días en 17.51% y a los 28 días 32.54% con respecto a la muestra control. Finalmente, esta investigación valida que el porcentaje óptimo de NPG para morteros es de 0.05%.

Además, todas las muestras (incluidas las sin curado) superaron la resistencia a compresión mínima a los 28 días de 126 Kg/cm^2 establecidas por la ASTM C270 para la cual fue diseñada (tipo S), donde la adición de 0.10% NPG fue la que más incremento en un 58.18%.

De la misma manera la investigación realizada por G. Chen, et al. (2019), Concluye que la adición con mejores resultados (óptima) a la resistencia a congelación y

descongelación del concreto es la adición de 0.05% de NPG con comparando con la muestra control, además, pone en conocimiento que disminuye la trabajabilidad cuando se aumenta las dosificaciones. Con respecto a nuestro estudio también se señala que el porcentaje óptimo es 0.05% de NPG para ser empleado en morteros y concreto. Finalmente, los resultados obtenidos del ensayo de fluidez nos permiten decir que a mayor porcentaje de adición de NPG menos trabajable será la mezcla validando los resultados obtenidos por G. Chen, et al.

Conclusiones

- Con respecto a la hipótesis planteado para esta investigación se puede afirmar que la incorporación de NPG en el mortero mejoran las características mecánicas de un muro de albañilería especialmente en su resistencia a compresión.
- Para esta investigación se utilizó un cemento tipo GU, con una dosificación de 1:3 de cemento arena y una relación de a/c de 0.80 para todas las muestras de mortero. Se conoció la fluidez de los diferentes porcentajes de NPG en el mortero el cual nos permite concluir que a mayor adición de NPG disminuye significativamente la fluidez con respecto al mortero patrón generando la perdida de trabajabilidad el cual permite el aumento en su resistencia a compresión del mortero.
- En la siguiente investigación se conoció la resistencia compresión del mortero con respecto a la muestra control que incremento en un 19.84 %, 32.54% y 38.24% a los 28 días de curado en las adiciones de 0.03%, 0.05% y 0.10% de NPG respectivamente. Además, aumento su resistencia a la compresión en un 29 ,96% a los 28 días sin curado con la adición 0.10% de NPG.
- En la resistencia a compresión axial en pilas de albañilería se concluye que se incrementó su resistencia en comparación con la muestra patrón un 25.98%,34.09% y 25.37% a los 28 días con las adiciones de NPG (0.03%, 0.05% y 0.10%) respectivamente; la que obtuvo mayor resistencia es la adición de 0,05% y con 0.10 % empezó a disminuir.
- En el ensayo de adherencia realizado al mortero con adición de 0.03%,0.05% y 0.10% NPG se incrementó su resistencia al deslizamiento a los 28 días con la muestra control en un 21.88%, 63.43% y 2.19% respectivamente, siendo la adición de 0.05% es la que obtuvo una mayor resistencia a la adherencia.
- En el ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería a los 28 días se puede concluir que la adición de 0.05% de NPG es la que tuvo un mayor incremento con un 72.18% con respecto a la muestra control; mientras que las adiciones de 0.03% y 0.10% incrementaron en un 37.47% y 33.92% respectivamente.
- En la siguiente investigación se realizó la comparación de costos por m² de un muro de albañilería con mortero sin NPG y con adiciones de NPG. Se concluyo que el costo por m² de construcción de un muro de albañilería aumenta si la adicción del porcentaje de NPG incrementa; ya que la muestras control cuesta por m² es de

S/113.11 comparándolo con el porcentaje óptimo de adición de NPG que es de 0.05% el incremento es de S/2.32; es decir el costo por m² aumento en un 2.05%.

- En conclusión, general, el porcentaje óptimo de adición de NPG al mortero es de 0.05% por que se obtuvo mejores resultados en pilas y muretes de albañilería y finalmente las adiciones de NPG mayores al 0.10 % empiezan a no generar mejoras en las propiedades del mortero.

Recomendaciones

- Para investigaciones futuras se recomienda replicar la tesis del mortero con adición NPG para estudiar su durabilidad del mortero realizando los ensayos de ataques de ácido, de sulfatos, de carbonatación, de hielo y deshielo para comparar su comportamiento ante estos agentes externos.
- Para futuras investigaciones se recomienda encontrar el módulo de elasticidad del mortero con adición de NPG para ver la rigidez que aportaría a un muro de albañilería permitiendo modelarlo en algún programa de modelamiento y simular su comportamiento ante un evento sísmico para saber sus deflexiones y derivas.
- Para la elaboración de las pilas y muretes de albañilería se debe emplear el mismo operario y que tenga experiencia, para no alterar los resultados.
- Para investigaciones futuras se debe replicar la misma tesis del mortero con adición de NPG, pero empleando el agregado fino de otra cantera existente en Chilclayo para comparar los resultados y verificar la resistencia a compresión a edades mayores de 28 días para ver si sigue ganando resistencia.
- Se recomienda comparar las propiedades físico-mecánicas del mortero con NPG incorporando un aditivo como un acelerante de fragua.
- Comparar el comportamiento de las NPG en diferentes mezclas de mortero para analizar la reducción de cantidades de cemento en los diseños de mortero y poder generar un ahorro económico por la disminución del cemento brindando una nueva alternativa al sector construcción.
- Para la elaboración de esta tesis se llevo un estricto control de calidad, en el pesaje de los materiales, tiempos de sonicación, vaciado y con una buena calibración de las máquinas empleados para los ensayos. Para eliminar cualquier variable no deseado en la obtención de los resultados de la investigación; además se debe emplear guantes, lentes y mascarilla en la manipulación de las NPG ya que es polvo y con el aire puede ingresar a nuestro organismo y todavía no se sabe cuáles son los efectos que el material generaría a nuestro cuerpo.

- Para futuras investigaciones se recomienda replicar la tesis pero empleando otro método de sonicación como por ejemplo empleando la punta ultrasonica.

Referencias Bibliográficas

- [1] W. Angulo, «RPP NOTICIAS,» 2017. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934>. [Último acceso: 5 JUNIO 2022].
- [2] B. Wang y D. Shuang, «Efecto de las nanoplaquetas de grafeno sobre las propiedades, la estructura de poros y la microestructura de los compuestos de cemento,» *Material Express* , 8 (5), 407-416, 2018.
- [3] G. Chen, M. Yang, L. Xu, Y. Zhang y Y. Wang, «Impacto de las nanoplaquetas de grafeno en el concreto para mejorar la resistencia a la congelación y descongelación,» *Applied Sciences*, vol. 9, nº 17, p. 3582, 2019.
- [4] M. Yang, G. Chen, N. Cao, Y. Zhang y Y. Wang, «Efecto de las nanoplaquetas de grafeno en la microestructura y propiedades del mortero de cemento bajo lluvia ácida simulada,» *Materials Science and Engineering*, Vol. 631, No. 2, p. 022036, octubre 2019.
- [5] F. I. Ismail, S. A. Farhan, N. Husnan , N. Shafiq, M. M. Wahab y S. N. Abd Razak, «Influencia de las nanoplaquetas de grafeno en las resistencias a la compresión y a la tracción dividida del hormigón geopolimérico,» *Earth and Environmental Science; Bristol*, vol. 945, nº 1, p. 012060, Diciembre 2021.
- [6] Y. Zhang, Y. Wang, M. Yang, H. Wang, G. Chen y S. Zheng, «Efecto de las nanoplaquetas de grafeno en la profundidad de carbonatación del hormigón en condiciones climáticas cambiantes,» *Ciencias Aplicadas*, vol. 11, nº 19, p. 9265, 2021.
- [7] Z. Zhou, B. Zhang, M. Wang y W. Wang, «Desempeño en edades tempranas del concreto de alta resistencia modificado con nanoplaquetas de grafeno curado mediante curado térmico eléctrico en regiones de frío intenso,» *Buildings*, vol. 12, nº 2, p. 86, 2022.

- [8] J. M. Pahuacho Aquino y R. Peñares Raymundo, «Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019,» UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, LIMA, 2020.
- [9] Sencico, «Norma E.70 de albañilería,» LIMA, MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2019.
- [10] A. San Bartolomé, Construcción de albañilería - Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural, LIMA: UPC, 1994.
- [11] R. S. CORREA, La Tecnología de los morteros. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Bogotá; Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2001.
- [12] L. GUTIERREZ , «El concreto y otros materiales para la construcción,» Universidad Nacional de Colombia – Sede Manzanales, COLOMBIA, 2003.
- [13] N. A. Palomino Valverde y C. S. Carazas Tito, «Evaluación de las propiedades físico- mecánica y fotocatalíticas del mortero patrón con respecto al mortero con cemento adicionado con dióxido de titanio al 3%,5% 7%-Cuzco 2020,» Universidad Andina del Cuzco, Cuzco, 2020.
- [14] S. Mu, J. Yue, Y. Wang y C. Feng, «Propiedades eléctricas, piezoresistivas y electromagnéticas de compuestos de cemento reforzado con grafeno: una revisión,» *Nanomaterials*, vol. 11, nº 12, p. 3220, 2021.
- [15] N. Zohhadi, N. Aich, F. Matta, N. B. Saleh y P. Zielh, «Nanorefuerzo de grafeno para composites de cemento. En Nanotecnología en la Construcción,» *Actas de NICOM5*, pp. 265-270, 2015.
- [16] M. S. Morsy, S. H. Alsayed y M. Aqel, « Efecto híbrido de nanotubos de carbono y nanoarcillas sobre las propiedades físico-mecánicas de morteros de cemento,» *Construction and Building Materials*, vol. 25, nº 1, pp. 145-149, 2011.
- [17] M. S. Konsta - Gdoutos, Z. S. Metaxa y S. P. Shah, «Materiales a base de cemento reforzado con nanotubos de carbono altamente dispersos,» *Cement and Concrete Research*, vol. 40, nº 7, pp. 1052-1059, 2010.

- [18] T. Hielscher, «Producción ultrasónica de dispersiones y emulsiones de tamaño nanométrico,» arXiv preprint arXiv:0708.1831, Paris (Francia), 2007.
- [19] V. A. Apaza Mango y K. M. Quispe Mamani, «Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa, 2018.
- [20] I. I. Consulting, «Infinitia Industrial Consulting,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-propiedades-mecanicas-materiales/?fbclid=IwAR3AXdaNb-0gikkv5dxOOFpShr7hhKciETWtHejT6u9iWNkEK5gaJ7kKzKw>. [Último acceso: 27 05 2022].
- [21] INDECOPI, «INDECOPI,» MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO , LIMA, 2021.
- [22] J. Avila , H. Eguez y O. Roa, «Evaluación del comportamiento en compresión de morteros reforzado con oxido de grafeno y costos inherentes al proceso productivo de la mezcla,» *INVESTIGATIO*, n° 12, pp. 49-66, 2018.
- [23] J. T. Valerio Yachachin, «Preparación de Probetas de Concreto con Nanotubos de Carbono para el mejoramiento de sus propiedades,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Lima, 2019.
- [24] D. E. Bartra Chujutally, «Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm² Tarapoto, 2018,» UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, TARAPOTO, 2019.

Anexos

Anexo 1: Caracterización de los materiales.

Los materiales que se emplearon son los que siempre se utilizan para la preparación de un mortero convencional como arena fina, cemento y agua; a la siguiente mezcla se le adiciono en ciertos porcentajes con respecto al peso del cemento nanoplaquetas de grafeno. Seguidamente se les describe las propiedades de los materiales usados

Ensayos al agregado fino

La arena empleada para este estudio es proveniente de la cantera la victoria que se encuentra en el distrito de Pátapo- Lambayeque. La razón principal de la elección es por ser una de las distribuidoras de agregados para la construcción más importante de la región.

Granulometría del agregado fino

Este ensayo nos permite saber la graduación de las partículas de nuestro agregado y si cumple con los parámetros establecidos en la NTP 400.012 y la norma E-0.70 de albañilería y también nos permitirá clasificar nuestra arena a través del módulo de fineza.

Procedimiento

Para realizar el ensayo primeramente se realizó un cuarteo y se tomó la parte que sea no homogénea, se pesó 500 g y se lavó para eliminar algún material orgánico o arcillas, para luego proceder a secar la muestra en el horno durante 24h y luego se realizara el tamizado mecánico por las mallas estipuladas en la normativa. Cada peso retenido en las mallas se pasa a las taras para ser trasladados a la balanza y pesar; dichos pesos nos permitirán calcular el porcentaje retenido y retenido acumulado para finalmente calcular el porcentaje acumulado en cada tamiz. Con los resultados podremos graficar nuestra curva granulométrica para comprar con los usos recomendados por la norma E-070 de albañilería y si cumple con los parámetros, también saber cuál es nuestro módulo de finura de la arena.



Imagen 11. Tesista realizando el tamizado mecánico del agregado fino

Contenido de humedad

Este ensayo nos indicara la proporción de agua que posiblemente tiene nuestro agregado fino en su estado normal en porcentaje. Además, permite saber si nuestro agregado fino nos aportara agua o no, para tenerlo en cuenta en nuestro diseño de mezcla. Se respetará los parámetros que indican la NTP 339.189

Procedimiento

Para nuestro ensayo se tomó una muestra de arena (330g) en su estado natural, la cual no tiene que ser mayor de 500g según la NTP 339.185 para luego ser llevado al horno con una Temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$ durante 24 horas para su secado y finalmente se vuelve a pesar la muestra seca y se disminuye el peso de la tara.

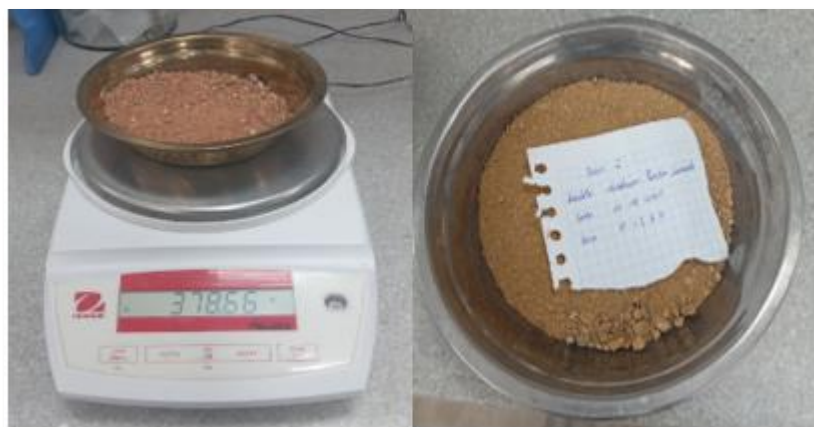


Imagen 12. Pesado del agregado fino después de 24 horas de estar en el horno.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Nos permite saber el volumen que ocupa el agregado fino por m^3 en la mezcla. Esto nos servirá para calcular en volumen la cantidad de agredo a necesitar. Los requisitos establecidos en la NTP 400.017 se seguirán.

Peso unitario suelto

Procedimiento

Antes de iniciar se debe tener nuestra muestra seca para mayor exactitud en los datos, primero se obtienen las dimensiones del molde para saber su volumen y se pesa, a continuación, se llena el molde con el agregado desde una altura de 5 cm y finalmente se enraza, antes de pesar se limpia el excedente con la brocha fuera del molde y así sabremos el PUSS de la muestra. Se realizará varias veces



Imagen 13. Procedimiento del ensayo para calcular el PUS

Peso unitario compactado

Procedimiento

Antes de iniciar se debe tener nuestra muestra seca para mayor exactitud en los datos, primero se obtienen las dimensiones del molde para saber su volumen y se pesa, a continuación, se llena el molde con el agregado desde una altura de 5 cm y cada 1/3 se golpeará 25 veces con la varilla de acero posteriormente se golpea 15 con un martillo de goma, se enraza quitando los excedentes del molde con la brocha para finalmente pesar y saber el PUCS este proceso se realizará varias veces.



Imagen 14. Procedimiento del ensayo para calcular el PUC

Peso específico y absorción del agregado fino

En este ensayo se busca saber la densidad de nuestro agregado fino y también para saber si esta muestra aportara agua a la mezcla o no y se determinara con él % de absorción comparando con él % de humedad. Se tendrá en cuenta los procedimientos de la NTP 400.022.

Procedimiento

Primero se pasa una muestra por el tamiz N°4, se selecciona 500g de agregado fino para ser depositado en una Fiola en donde se verterá agua hasta alcanzar los 500cm³ con la finalidad de saturar la muestra y antes de dejar reposar durante 24 horas se moverá suavemente la Fiola para eliminar los vacíos generados. Al día siguiente se vierte todo el contenido de la Fiola en un recipiente para dejar sedimentar, posteriormente se quita el agua sobrante y finalmente la muestra se procederá a colocar en el horno a una temperatura de 110+-5, pasada las 24 horas se retira la muestra del horno para ser luego pesada y obtener los datos para calcular el peso específico y absorción de nuestra muestra.



Imagen 15. Procedimiento del ensayo para calcular el peso específico y absorción

Ensayo a las unidades de albañilería

Los ensayos para realizar en la siguiente investigación serán aquellos que están en la norma E.070 de albañilería y la NTP 339.604 cumpliendo con todos los requerimientos. El ladrillo para emplear es industrial de la marca “Lark” en su presentación ladrillo King Kong de 18 huecos de tipo V; ya que es más empleado en la industria de la construcción en la región, nos servirán para realizar las pilas y muretes para evaluar el comportamiento del mortero en estudio.

Para la realización de los ensayos se tomaron una muestra de 10 ladrillos



Imagen 16. Tesista con las muestras de unidad de albañilería para ensayar

Variación dimensional

Se busca saber cuánto varían sus dimensiones como largo, ancho y altura con respecto a su ficha técnica el cual nos permitirá clasificarlo de acuerdo con la NTP 399.613 y E-0.70 de albañilería

Procedimiento

Se tomo 5 muestras enteras y secas para tomar sus dimensiones con una regla (largo, ancho y altura), para luego comparar el promedio de dichas mediciones con las especificas por el fabricante.



Imagen 17. Procedimiento de la obtención de las dimensiones del ladrillo

Alabeo

Este ensayo nos permite saber cuál es la variación de alabeo de la unidad de albañilería y existen dos tipos cóncavas y convexas.

Procedimiento

Para la realización de este ensayo se tomaron 5 muestras las mismas que se emplearon para el dimensionamiento, se midió la flecha máxima que se observa cuando medimos diagonalmente la cara de asentamiento del ladrillo, si esta está en el centro se dice que presenta concavidad y si esta esta a los vértices del ladrillo se dice que presenta convexidad.



Imagen 18. Procedimiento de la obtención del alabeo del ladrillo

Absorción

Se busca obtener el porcentaje de absorción de nuestro ladrillo para saber con la finalidad de saber si esta absorberá el agua del mortero cuando se realiza las pilas y muretes.

Procedimiento

Para la realización de esta prueba se emplearon 3 muestras de ladrillo que estén en estado seco y enteras, se llevó al horno que está a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ durante 24 horas, al día siguiente se sacó del horno y se dejó enfriar por 3 horas para posteriormente pesar cada unidad en su estado seco, luego se sumerge en el agua otras 24 horas más. Finalmente se pesa la muestra saturada. Obteniendo esos datos se puede calcular el porcentaje de absorción del ladrillo.



Imagen 19. Procedimiento para saber el porcentaje de absorción del ladrillo

Succión

El propósito de este ensayo es saber cuál es la velocidad del agua para adherirse a la cara de asentamiento, ya que esto influirá cuando el ladrillo entre en contacto con el mortero.

Procedimiento

Para esta prueba se tomaron 3 muestras de ladrillo en estado seco y enteras diferentes a las de absorción, pero igualmente se pone al horno durante 24 horas. Al siguiente día se saca del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente para luego pesarlo y a continuación se prepara una bandeja con agua de 1 cm de altura, donde se pondrá cada muestra durante un tiempo de 60 segundos para luego ser retirada y pesado al instante.



Imagen 20. Procedimiento para saber la capacidad de succión del ladrillo

Porcentaje de área de vacíos

En esta prueba se busca determinar si el ladrillo es una unidad sólida o hueca de acuerdo con los parámetros establecidos en la NTP 399.613 y a continuación se detalla el proceso de obtención de los datos.

Procedimiento

Para la realización de este ensayo se tomó 4 muestras, por cada ladrillo se tomaron tres diámetros de cada hueco seleccionado y sus alturas de los alveolos para luego obtener un promedio. Para obtener el porcentaje de vacíos se restará la diferencia de volumen del ladrillo menos el volumen de los alveolos.

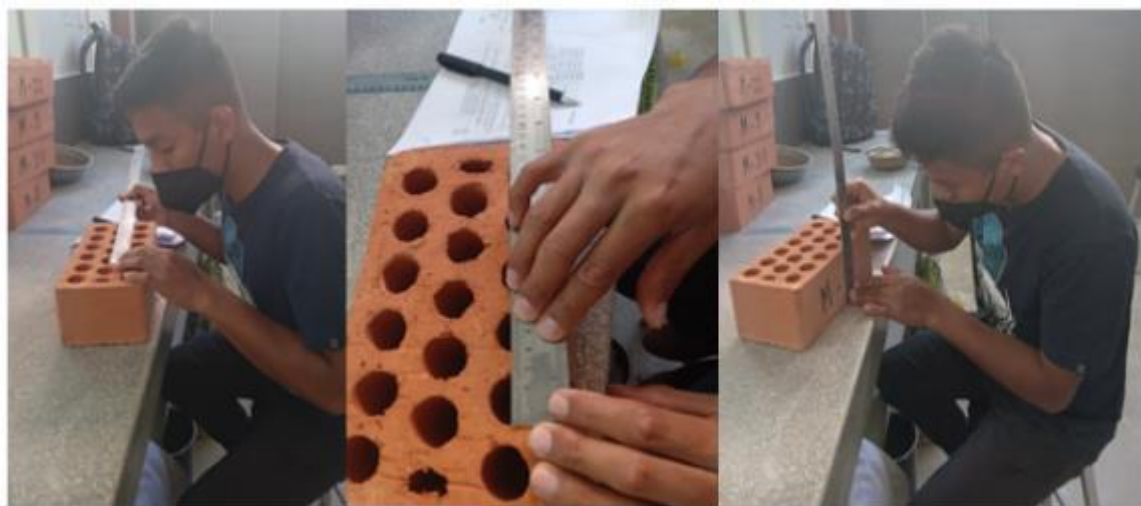


Imagen 21. Procedimiento para saber el porcentaje de vacíos del ladrillo

Resistencia a la compresión

La finalidad de este ensayo es saber la capacidad de resistencia que tiene el ladrillo seleccionado y compararlo con la ficha técnica para clasificarlo de acuerdo con la norma E-0.70 de albañilería por su resistencia.

Procedimiento

Para realizar esta prueba se tomaron 4 muestras que estén secas y enteras, primeramente, se enrazo por ambas caras de asentado del ladrillo con diablo fuerte para nivelar la superficie y se dejó secando durante 5 días. Pasado esos días se llevó a la máquina de compresión para saber su resistencia por cm^2 , se obtendrá un promedio de todas las muestras para sacar la desviación estándar con respecto a su resistencia especificada en la ficha técnica.



Imagen 22. Ensayo de resistencia a compresión del ladrillo King Kong de 30% de vacíos

Procedimiento para elaborar el mortero sin adición NPG y con adición

Antes de elaborar el mortero se realizó un diseño de mezcla con relación de agua/cemento 0.80 y una dosificación de cemento- arena 1:3; es decir por 1kilogramo de cemento se necesitará 800ml de agua, pero a este valor se le tiene que corregir teniendo en cuenta el porcentaje de humedad y absorción para finalmente obtener el agua efectiva de diseño.



Imagen 23. Pesando materiales para elaborar mortero con y sin adición NPG

Primero se elabora la mezcla del mortero patrón, se inicia pesando la arena que paso el tamiz N°4, el cemento y la cantidad de agua de acuerdo con el diseño, luego se mezcla en un depósito el cemento con la arena hasta que esta que se vea homogénea y a continuación se vierte el agua poco a poco y se bate por unos 3 minutos para finalmente realizar el ensayo de fluidez. Para la mezcla con adición de NPG se sigue el mismo procedimiento, pero después de vaciar el agua se agrega las NPG dispersadas en agua.



Imagen 24. Procedimiento para la elaboración del mortero con y sin NPG

Procedimiento de ensayos realizados al mortero patrón y con adición de NPG en estado fresco

Ensayo de fluidez

En este ensayo tiene como finalidad ver la trabajabilidad del mortero y su consistencia apoyándose en la NTP 334.057.

Procedimiento

Una vez que tenemos nuestra mezcla se lleva la mesa de flujo donde esta se humedece, se vierte en el molde de flujo en 2 capas en cada capa se apisonara con el pisón unas 3 veces y al final se enraza para luego retirar el molde verticalmente. Después se golpea la mesa unas 25 veces se medirá 4 diámetros para finalmente sacar un promedio para realizar el cálculo de la fluidez.

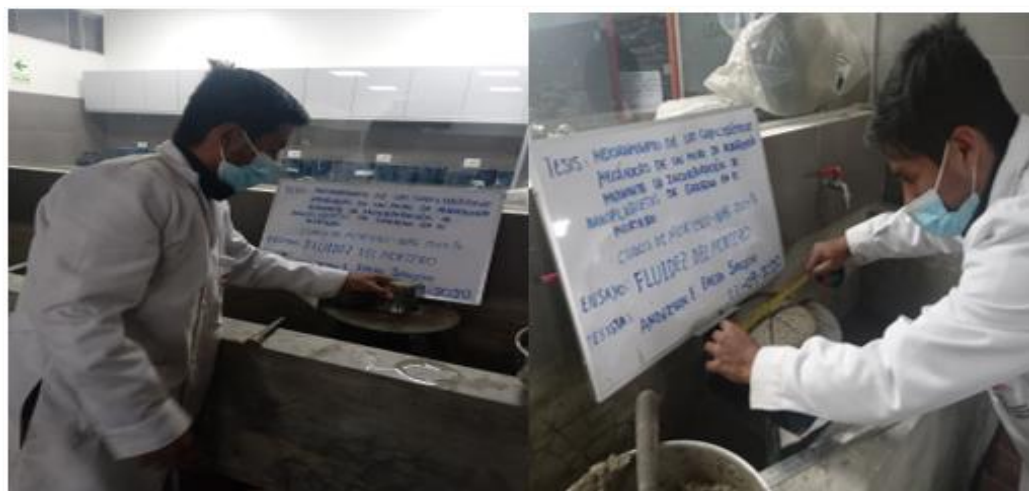


Imagen 25. Procedimiento del ensayo de fluidez del mortero

Procedimiento de ensayos realizados al mortero patrón y con adición de NPG en estado endurecido

Resistencia a la compresión en cubos de mortero

Este ensayo tiene como objetivo determinar su resistencia máxima del mortero con las diferentes dosificaciones sometidos cada cierta cantidad de días como lo indica la NTP 334.051 y a través de estos datos se podrá saber cuál adición tiene la mayor resistencia.

Procedimiento

Para la realización de este ensayo según la NTP 334.051 nos indica que se realiza mediante cubos de arista de 5cm. Primero se realiza los cubos vaciando la mezcla en moldes con las dimensiones indicadas en donde se coloca en dos capas y se apisona 32 veces cada capa y al final se alisa con la misma altura de los moldes. Al siguiente día se desmolda e inmediatamente se pone a curar en un recipiente hasta el día del ensayo, los ensayos se realizarán los días 3, 7,14 y28.



Imagen 26. Procedimiento de elaboración de cubos de mortero de aristas de 5cm



Imagen 27. Ensayo de resistencia de compresión de cubos de mortero patrón

Resistencia a la compresión en pilas de albañilería

En el siguiente ensayo tiene la finalidad de saber cuál es la resistencia de compresión axial de las pilas de albañilería a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Los datos serán procesados de acuerdo con la NTP 339.605

Procedimiento

Para elaboración de las pilas primeramente se seleccionaron 3 ladrillos que estén secos y enteros para ser humedecidos antes de unirse con el mortero, tendrá un espesor de junta 1.5 cm en el asentado vertical con ayuda de una plomada y nivel se verifica que estén alineados. En 28 días después de su elaboración se ensayará en la máquina de compresión para saber su resistencia de compresión del mortero juntamente con el ladrillo.



Imagen 28. Muestra de pilas para ser analizados a los 28 días

Adherencia corte por cizalle

En el siguiente ensayo tiene la finalidad de saber cuál es la resistencia a flexión por adherencia del mortero en pilas de albañilería por cizalle a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Los datos serán procesados de acuerdo con la NCh 167

Procedimiento

Para elaboración de las pilas primeramente se seleccionaron 3 ladrillos que estén secos y enteros para ser humedecidos antes de unirse con el mortero, pero un ladrillo se encontrara entre salido a la mitad con respecto a los demás y tendrá un espesor de junta 1.5 cm en el asentado vertical con ayuda de una plomada y nivel se verifica que estén alineados. En 28 días después de su elaboración se ensayará en la máquina de compresión para saber su resistencia de compresión del mortero juntamente con el ladrillo.



Imagen 29. Muestra de pilas para adherencia para ser analizados a los 28 dias

Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería

En el siguiente ensayo tiene la finalidad de saber cuál es la resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería a los 28 días de elaboración de las muestras sin o con adición de NPG. Los datos serán procesados de acuerdo con la NTP 339.621 y la norma E-0.70 de albañilería.

Procedimiento

Para elaborar los muretes primeramente se seleccionaron los ladrillos que estén secos y enteros para ser humedecidos antes de unirse con el mortero, tendrá un espesor de junta 1.5 cm en el asentado vertical con ayuda de una plomada y nivel. En 28 días después de su elaboración se ensayará en la máquina de compresión para saber su resistencia de compresión del mortero juntamente con el ladrillo.



Imagen 30. Muestra de muretes para ser analizados a los 28 dias

Anexo 2: Diseño de mezcla del mortero patrón

Paso N° 1 cálculo de la cantidad material inicial

Si la dosificación elegida en volumen para el mortero patrón es de 1:3

- Cemento: 1 pie³ = 42.5 kg
- Arena :3 pie³

Emplearemos la siguiente fórmula para calcular la cantidad de arena

$$4\text{pie}^3 * \frac{1\text{m}^3}{35.3147 \text{ pie}^3} * PUS$$

$$4\text{pie}^3 * \frac{1\text{m}^3}{35.3147 \text{ pie}^3} * 1515.77 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 128.77 \text{ kg}$$

Usamos la siguiente fórmula para calcular la cantidad de agua en función del agua y cemento que hemos seleccionado que es de 0.80

$$\text{Agua} = 0.80 * 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 34.00 \text{ litros}$$

Paso N° 2 cálculo del volumen del material

Calculamos el volumen del cemento

$$\text{Cemento} = \frac{\text{peso de la bolsa de cemento}}{\text{peso específico del cemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{42.5 \text{ kg}}{3130 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.01358 \text{ m}^3$$

Calculamos el volumen de la arena

$$\text{Arena fina} = \frac{\text{peso de la arena fina}}{\text{peso específico de la arena fina}}$$

$$\text{Arena fina} = \frac{128.77 \text{ kg}}{2562.85 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Arena fina} = 0.05024 \text{ m}^3$$

Calculamos el volumen del agua

$$\text{Agua} = \frac{\text{peso de la bolsa de cemento} * \text{relación A/C}}{\text{peso específico del agua}}$$

$$\text{Agua} = \frac{42.5 \text{ kg} * 0.80}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.034 \text{ m}^3$$

Sumamos todos los volúmenes obtenidos para hallar el aire atrapado

$$\text{Subtotal} = 0.0978 \text{ m}^3; \text{aire atrapado } 5\% = 0.00489 \text{ m}^3$$

Calculamos el rendimiento que será la suma del total de volúmenes obtenidos

$$\text{Total (rendimiento)} = 0.10271 \text{ m}^3$$

Paso N° 3 cálculo del material según rendimiento

Calculamos la cantidad de cemento, arena, agua y aire atrapado con la siguiente formula

$$\text{Cemento (bolsa)} = \frac{1}{\text{rendimiento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{1}{0.10271 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 9.7359 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento (kg)} = 9.7359 * 42.5 \text{ kg} = 413.78 \text{ kg}$$

Arena fina= cemento en bolsa* peso arena fina

$$\text{Arena fina} = 9.7359 * 128.765$$

$$\text{Arena fina} = 1253.65 \text{ kg}$$

Agua = cemento(kg) * relación A/C

$$\text{Agua(litros)} = 413.78 \text{ kg} * 0.80$$

$$\text{Agua} = 331.02 \text{ litros}$$

Paso N° 4 cálculo de la cantidad de arena y agua

Hallamos la cantidad de arena y agua para la cantidad de cemento hallada (9.7359 bolsas)

$$\text{Arena fina húmeda} = \text{arena seca} * \left(1 + \frac{W\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena fina húmeda} = 1253.65 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.89}{100}\right)$$

$$\text{Arena fina húmeda} = 1264.84 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua} - \left(\frac{W\% - \text{abs}\%}{100}\right) * \text{arena fina}$$

$$\text{Agua efectiva} = 331.022 \text{ L} - \left(\frac{0.89 - 1.05}{100}\right) * 1264.84 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 332.98 \text{ litros}$$

Material	Volumen	Peso
Cemento	1.00 m ³	1.00 kg
Arena fina	3.00 m ³	3.06 kg
Agua efectiva	34.20 Lt/bls	0.80 lt/kg

Paso N° 5 cálculo de la cantidad material requerido para 1 m³ de mortero para cada componente.

- Calculamos la cantidad de material inicial

Cemento: 1 pie³=42.5 kg

Arena: 3.06 kg = 3.06*42.5=129.91 kg

agua: 34 litros

Aire atrapado: 5%

- Cálculo del volumen del material

Cemento: 0.0136m³

Arena: 0.0502m³

agua: 0.034 m³

Aire atrapado: 0.0049 m³

Total (rendimiento): 0.1027 m³

- Cálculo final del volumen del material por rendimiento

Cemento: 9.736*42.5=413.78 kg

Arena: $3.06 \times 413.78 = 1264$ kg

Agua: $0.80 \times 413.78 = 331.02$ litros

Anexo 3: Tablas de resistencia a compresión de cubos de mortero patrón y mortero con adición de NPG

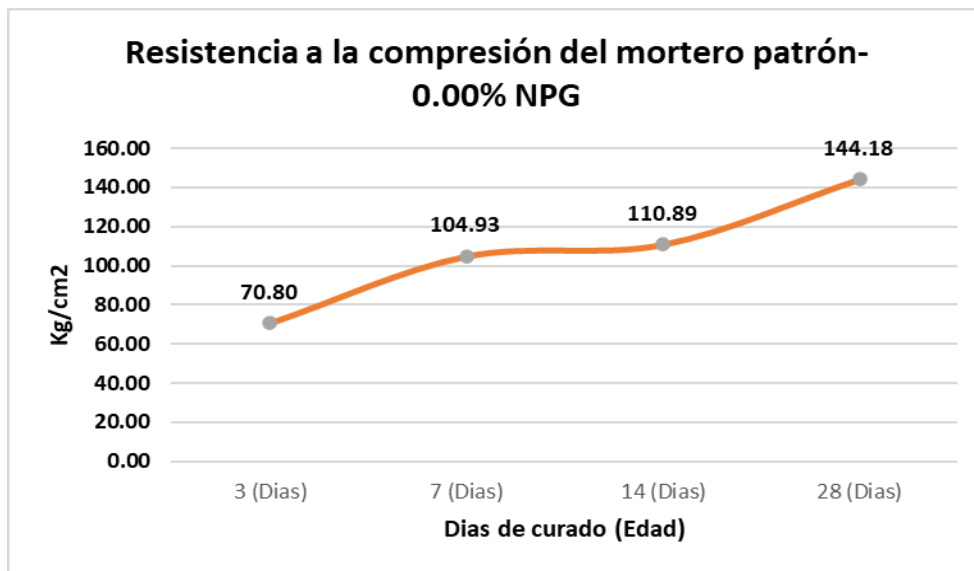
Mortero patrón con 0.00% NPG

Tabla 43. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón a los 3,7,14 y 28 días.

Edad del Muestreo (Días de curado)	Nº de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)
3 Días	Mortero patrón	1630	5.0	5.0	25.00	65.20	70.80
		1930	5.0	5.0	25.00	77.20	
		1750	5.0	5.0	25.00	70.00	
7 Días		2740	5.0	5.0	25.00	109.60	104.93
		2860	5.0	5.0	25.00	114.40	
		2270	5.0	5.0	25.00	90.80	
14 Días		3260	5.0	4.9	24.50	133.06	110.89
		2360	5.0	5.0	25.00	94.40	
		2500	4.9	4.9	23.77	105.20	
28 Días	3580	5.0	5.0	25.00	143.20	144.18	
	3290	5.0	4.9	24.26	135.64		
	3690	4.9	4.9	24.01	153.69		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 11 Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero patrón a los 3,7,14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico los resultados del ensayo a la compresión del mortero patrón en cubos de 5 cm de arista de lado nos muestran que nos dio una resistencia a compresión promedio de 144.18 kg/cm² a los 28 días.

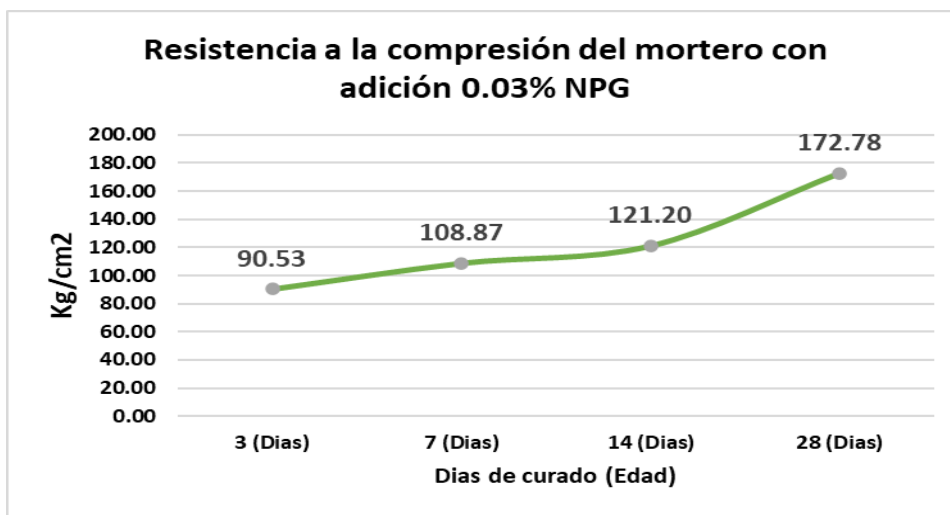
Mortero patrón con 0.03% NPG

Tabla 44. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.03% NPG a los 3,7,14 y 28 días.

Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f'c= Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)
3 Días	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	2550	5.0	5.0	25.00	102.00	90.53
		2360	5.0	5.0	25.00	94.40	
		1880	5.0	5.0	25.00	75.20	
7 Días		2270	4.9	4.9	24.01	94.54	108.87
		2470	5.0	5.0	25.00	98.80	
		3200	4.9	4.9	24.01	133.28	
14 Días		2680	5.0	5.0	25.00	107.20	121.20
		3910	5.0	5.0	25.00	156.40	
		2500	5.0	5.0	25.00	100.00	
28 Días	4320	5.0	5.0	25.00	172.80	172.78	
	4180	5.0	5.0	25.00	167.20		
	4280	4.8	5.0	24.00	178.33		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 12. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.03% de NPG a los 3,7,14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico los resultados del ensayo a la compresión del mortero con porcentajes de adición de 0.03% de NPG en cubos de 5 cm de arista de lado nos muestran un incremento en su resistencia, siendo esta una resistencia a compresión promedio de 172.78 kg/cm² a los 28 días.

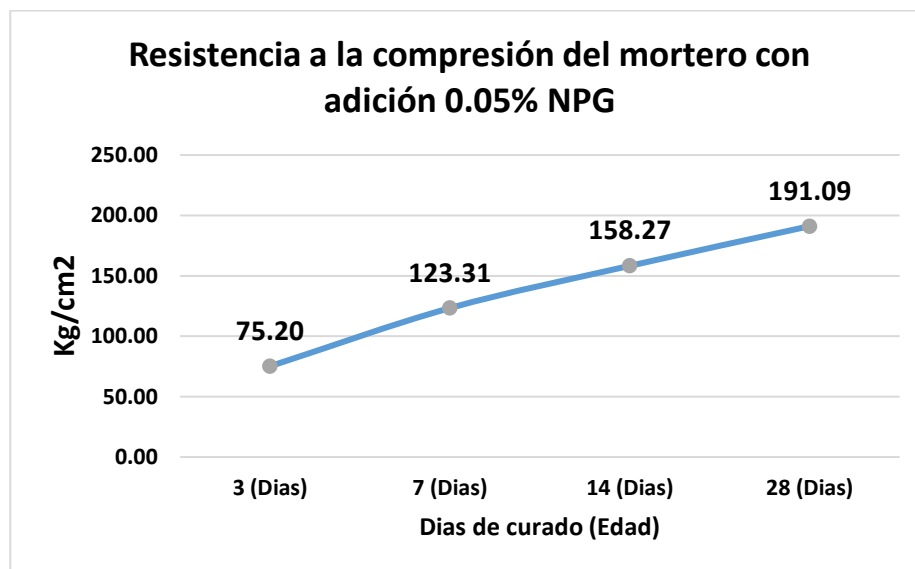
Mortero patrón con 0.05% NPG

Tabla 45. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.05% NPG a los 3,7,14 y 28 días.

Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f'c= Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)
3 Días	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	1830	5.0	5.0	25.00	73.20	75.20
		1600	5.0	5.0	25.00	64.00	
		2210	5.0	5.0	25.00	88.40	
7 Días		3350	5.0	5.0	25.00	134.00	123.31
		3000	4.9	5.0	24.50	122.45	
		2780	5.0	4.9	24.50	113.47	
14 Días		3660	5.0	5.0	25.00	146.40	158.27
		3840	5.0	5.0	25.00	153.60	
		4370	5.0	5.0	25.00	174.80	
28 Días		4750	4.9	4.9	23.77	199.87	191.09
		4520	4.9	5.0	24.25	186.39	
		4490	4.9	4.9	24.01	187.01	

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 13. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.05% NPG a los 3,7,14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico los resultados del ensayo a la compresión del mortero con porcentajes de adición de 0.05% de NPG en cubos de 5 cm de arista de lado, nos muestran un incremento en su resistencia con respecto a la muestra control, teniendo una resistencia a compresión promedio de 191.09 kg/cm² a los 28 días

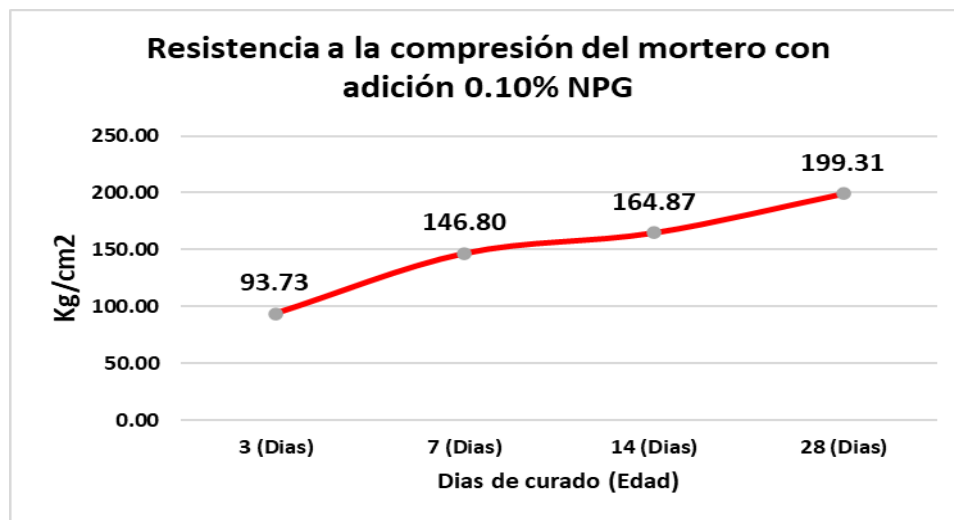
Mortero patrón con 0.10% NPG

Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,7,14 y 28 días.

Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)
3 Días	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	1720	5.0	5.0	25.00	68.80	93.73
		2720	5.0	5.0	25.00	108.80	
		2590	5.0	5.0	25.00	103.60	
7 Días		3760	5.0	5.0	25.00	150.40	146.80
		3390	5.0	5.0	25.00	135.60	
		3860	5.0	5.0	25.00	154.40	
14 Días		4350	4.9	4.9	24.01	181.17	164.87
		3810	4.9	4.9	24.01	158.68	
		3640	4.8	4.9	23.52	154.76	
28 Días	5290	4.9	4.9	24.01	220.32	199.31	
	4520	4.9	4.9	24.01	188.25		
	4500	4.9	4.9	23.77	189.35		

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental – USAT

Grafica 14. Se muestran los resultados de resistencia a la compresión de cubos (5 cm de arista) de mortero con adición de 0.10% NPG a los 3,7,14 y 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el grafico los resultados del ensayo a la compresión del mortero con adición de 0.10% NPG en cubos de 5 cm de arista de lado alcanzo una resistencia a compresión promedio de 199.31 kg a los 28 días.

Anexo 4: Ficha técnica del ladrillo King Kong 30% vacío de 18 huecos marca “LARK”



FICHA TÉCNICA



MANUAL APOYO

LADRILLO KING KONG 30% VACIO

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien	: KING KONG 30%		
Denominación técnica	: KING KONG 30% VACIO		
Grupo/clase/familia	: CONSTRUCCIONES DE MURO PORTANTE		
Dimensiones (mm)	L.Corte	Ancho	Largo
	90	130	240
Peso	: 3.80 Kg.		
Unidades m ²	: 36		



Anexos adjuntos:

Descripción general: Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.

CARACTERISTICAS TECNICAS

DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 399.613 - 331.040 - 331.041 este ladrillo corresponde:

Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

CARACTERISTICAS FISICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 2.0	± 1.0
ALABEO (mm)	2	1
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	180.0 Kg/cm ²	311.2 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	<22	13.20
EFLORESCENCIA	NO EFLORESCENTE	NO EFLORESCENTE

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto.
- Secado tradicional.

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Anexo 5: Informe de laboratorio de materiales del ensayo variación dimensional de unidades de albañilería.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Ubicación : Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT
Fecha : Chiclayo, 07 Noviembre del 2022

NSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

RENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabrican **LADRILLOS LARK**

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	236.00	129.00	89.00
02		239.00	127.50	89.50
03		235.00	127.00	89.10
04		239.00	126.00	91.00
05		239.20	128.50	90.50
PROMEDIO (mm)		237.64	127.60	89.82
C.V (%)		0.84%	0.94%	0.99%
V.D (%)		-0.983%	-1.846%	-0.200%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



[Handwritten Signature]
DNI: 72758044
TESISTA

Anexo 6: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de alabeo de unidades de albañilería.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Ubicación : Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT
Fecha : Chiclayo, 19 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante: **LADRILLOS LARK**

ALABEO EN LADRILLOS				
MUESTRA	LADRILLO KING KONG TIPO V			
	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
# / CÓDIGO	mm		mm	
M - 1	0.00	2.10	0.50	0.00
M - 2	0.00	2.10	0.00	0.50
M - 3	0.60	0.00	1.00	0.00
M - 4	0.00	3.00	0.70	0.00
M - 5	0.90	0.40	0.00	1.50
PROMEDIO	0.30	1.52	0.44	0.40
D. EST. (%)	0.42	1.27	0.44	0.65
CV		83.40%		162.98%
			Concavidad promedio (mm)	0.7
			Convexidad promedio (mm)	1.9
			ALABEO (mm)	1.3

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 7: Informe de laboratorio de materiales del ensayo porcentaje de vacios de unidades de albañilería.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista: Anderson Efraín Racho Saucedo
 Escuela: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis: Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno
 Ubicación: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT
 Fecha: Chiclayo, 07 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, % de vacíos
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005
 Fabricante: "Ladrillos Lark"

Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (cm) (a)	ANCHO (cm) (b)	ALTO PRIM. (cm) (c)	D. PRIM. (cm) (d)	VOL. LADRILLO (cm ³)	VOL. VACIOS (cm ³)	PORCENTAJE DE VACIOS (%)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.60	12.90	8.90	2.43	2709.52	745.00	27.50
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.90	12.75	8.85	2.42	2696.82	730.70	27.09
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.50	12.70	9.08	2.50	2710.92	802.58	29.61
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	23.90	12.60	8.98	2.48	2705.24	783.20	28.95
PROMEDIO (%)								28.28



[Signature]
 DNI: 72758449
 TESISISTA

Anexo 8: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de porcentaje de succión de unidades de albañilería.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Anderson Efrain Racho Saucedo
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Ubicación : Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental-
Fecha : Chiclayo, 07 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de succión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Peso		Dimensiones		Area cm ²	Succión gr
	Humedo (g)	Seco (g)	Largo cm	Ancho cm		
01	3570.0	3542.0	23.8	12.8	304.6	18.4
02	3550.0	3520.0	24.1	13.05	314.5	19.1
03	3522.0	3494.0	23.9	12.85	307.1	18.2
Desviación estandar (σ)						0.4503
Coeficiente de variación (V%)						0.02426
Succión promedio (gr)						18.56



[Handwritten Signature]
DNI: 72352449
TESISTA

Anexo 9: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de porcentaje de absorción de unidades de albañilería.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

(Pág. 01 de 01)

Tesista: Racho Saucedo Anderson Efraim
Escuela: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis: Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de ranoplaquetas de grafeno en el mortero
Ubicación: Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT
Fecha: Chiclayo, 07 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo de king kong 30% vacíos	3790	3410	11.1
02	Ladrillo de king kong 30% vacíos	3924	3520	11.5
03	Ladrillo de king kong 30% vacíos	3812	3440	10.8
Promedio (%)				11.1

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



[Handwritten Signature]
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 10: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

(Pág. 01 de 01)

Tesista : Racho Saucedo Anderson Efraín
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero

Ubicación : Laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental- USAT

Fecha : Chiclayo, 07 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Area bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo de king kong 30% vacios	297	68790	213
02	Ladrillo de king kong 30% vacios	305	61210	185
03	Ladrillo de king kong 30% vacios	294	61420	192
04	Ladrillo de king kong 30% vacios	299	64520	199

Promedio (P)	197
Desviación estandar (σ)	11.88
Coefficiente de variación (V%)	0.06
F _b (kg/cm ²)	185

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- No se reporta resultado promedio por presentar muestra incompleta
- Ruc: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Ruc: 0.92 x R ma)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 20/10/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



[Handwritten Signature]
DNI: 92752449
TESISTA

Anexo 11: Informe de laboratorio de materiales del ensayo análisis granulométrico del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

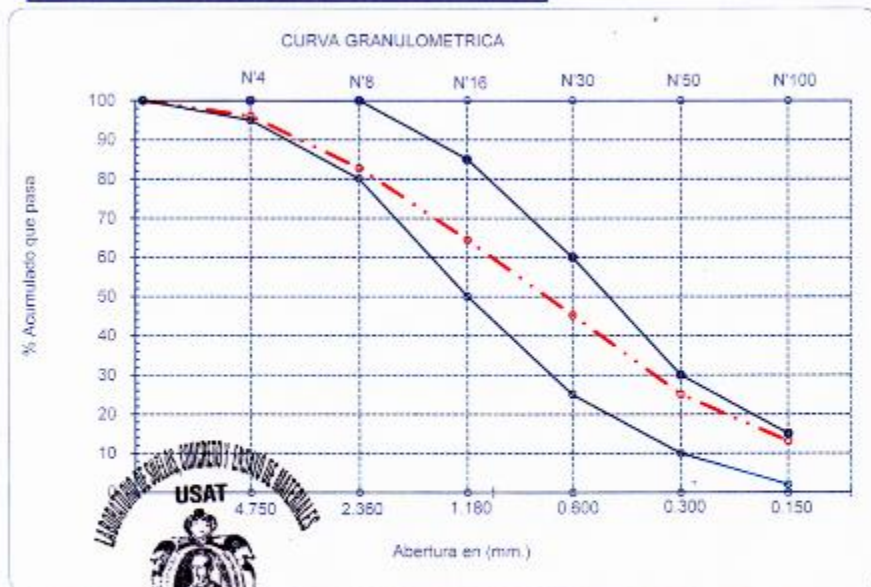
Tesista : Racho Saucedo Anderson Efraín
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 8 de Noviembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo. **P. Inicial H.** 504.5 **% de Humedad =** 0.89
P. Inicial S. 500.0

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					100	100
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	19.8	4.0	4.0	96.0	95	100
Nº 08	2.360	66.3	13.3	17.2	82.8	80	100
Nº 16	1.180	91.8	18.4	35.6	64.4	50	85
Nº 30	0.600	95.94	19.2	54.8	45.2	25	60
Nº 50	0.300	100.79	20.2	74.9	25.1	10	30
Nº 100	0.150	60.0	12.0	86.9	13.1	2	15
Fondo		65.3	13.1	100.0	0.0		

Módulo de Fineza 2.734
 Abertura de malla de referencia 9.500



[Firma]
 DNI: 72752441
 TESISTA

Anexo 12: Informe de laboratorio de materiales del ensayo contenido de humedad del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 8 de Noviembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	330	330
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	327.08	327.08
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.89	0.89
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.89	




DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 13: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 8 de Noviembre del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	984.1	984.1
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	677.2	677.2
3.- Peso del Agua	(g)	306.9	306.9
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	672	672
5.- Peso del Frasco	(g)	177.2	177.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.562
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.589
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.633
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.05



[Handwritten Signature]
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 14: Informe de laboratorio de materiales del ensayo peso unitario suelto y compactado del agregado fino – cantera la Victoria (Pátapo)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 8 de Noviembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8460	8466
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8460	8466
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1529	1530
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1516	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9458	9456
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9458	9456
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1709	1709
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1694	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185



[Handwritten Signature]
DNI : 7275 2449
TESISTA

Anexo 15: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de fluidez realizado al mortero en estado fresco



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022
Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Pórtland
Referencia : NTP 334-057

Nº de pruebas	Diametro de Inicio en mm	Promedio de los diametros	% De Fluidez
0% NPG	90	208.25	131.39
0.03% NPG	90	201.50	123.89
0.05% NPG	90	193.00	114.44
0.10% NPG	90	186.50	107.22



[Handwritten Signature]
DNI: 32752449
TESISTA

Anexo 16: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión axial en cubos de mortero patrón y con adición de diferentes porcentajes de NPG a los 3,7,14 y 28 días con curado.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesieta : **Bacho Saucalo Anderson Efraim**
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : **Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de alfarería mediante la incorporación de nanopláquetas de grafeno en el mortero**
Lugar : **Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.**
Fecha de emisión : **Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022**
Ensayo : **CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado**
Referencia : **NTP 334.051**

Edad del Muestras (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	F _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)
3 Días	Mortero patrón	1630	5.0	5.0	25.00	65.20	70.80
		1930	5.0	5.0	25.00	77.20	
		1750	5.0	5.0	25.00	70.00	
7 Días		2740	5.0	5.0	25.00	109.60	104.93
		2860	5.0	5.0	25.00	114.40	
		2270	5.0	5.0	25.00	90.80	
14 Días		3360	5.0	4.9	24.50	133.06	110.89
		2360	5.0	5.0	25.00	94.40	
		2500	4.9	4.9	23.77	105.20	
28 Días		3580	5.0	5.0	25.00	143.20	144.18
		3290	5.0	4.9	24.26	135.64	
		3690	4.9	4.9	24.01	153.69	
3 Días	Mortero con adición 0.03% de nanopláquetas de grafeno	2550	5.0	5.0	25.00	102.00	90.53
		2360	5.0	5.0	25.00	94.40	
		1880	5.0	5.0	25.00	75.20	
7 Días		2270	4.9	4.9	24.01	94.54	108.87
		2470	5.0	5.0	25.00	98.80	
		3200	4.9	4.9	24.01	133.28	
14 Días		2640	5.0	5.0	25.00	107.20	121.20
		3910	5.0	5.0	25.00	156.40	
		3500	5.0	5.0	25.00	100.00	
28 Días		4320	5.0	5.0	25.00	172.80	172.78
		4180	5.0	5.0	25.00	167.20	
		4280	4.8	5.0	24.00	178.53	
3 Días	Mortero con adición 0.05% de nanopláquetas de grafeno	1830	5.0	5.0	25.00	73.20	78.20
		1600	5.0	5.0	25.00	64.00	
		2210	5.0	5.0	25.00	88.40	
7 Días		3350	5.0	5.0	25.00	134.00	123.31
		3000	4.9	5.0	24.50	122.45	
		2780	5.0	4.9	24.50	113.47	
14 Días		3660	5.0	5.0	25.00	146.40	158.27
		3840	5.0	5.0	25.00	153.60	
		4370	5.0	5.0	25.00	174.80	
28 Días		4750	4.9	4.9	23.77	199.87	191.09
		4520	4.9	5.0	24.25	186.39	
		4490	4.9	4.9	24.01	187.01	
3 Días	Mortero con adición 0.10% de nanopláquetas de grafeno	1720	5.0	5.0	25.00	68.80	93.73
		2720	5.0	5.0	25.00	108.80	
		2590	5.0	5.0	25.00	103.60	
7 Días		3760	5.0	5.0	25.00	150.40	146.80
		3390	5.0	5.0	25.00	135.60	
		3840	5.0	5.0	25.00	154.40	
14 Días		4350	4.9	4.9	24.01	181.17	164.87
		3810	4.9	4.9	24.01	158.68	
		3640	4.8	4.9	23.52	154.76	
28 Días		5290	4.9	4.9	24.01	220.32	199.31
		4520	4.9	4.9	24.01	188.25	
		4500	4.9	4.9	23.77	189.35	



DNI: 72752444
TESISTA

Anexo 17: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión axial en cubos de mortero patrón y con adición de diferentes porcentajes de NPG a los 3,14,21 y 28 días sin curado.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Racho Saucedo Anderson Efrain
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque

Fecha de en : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado

Referencia : NTP 334.051

Edad del Muestreo	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f'c= Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM
3 Días	Mortero patrón	1350	5.0	5.0	25.00	54.00	54.13
		1430	5.0	5.0	25.00	57.20	
		1280	5.0	5.0	25.00	51.20	
14 Días		3300	5.0	5.0	25.00	132.00	101.33
		1870	5.0	5.0	25.00	74.80	
		2430	5.0	5.0	25.00	97.20	
21 Días		2090	5.0	5.0	25.00	83.60	133.60
		3780	5.0	5.0	25.00	151.20	
		4150	5.0	5.0	25.00	166.00	
28 Días		3270	5.0	5.0	25.00	130.80	138.40
		3200	5.0	5.0	25.00	128.00	
		3910	5.0	5.0	25.00	158.40	
3 Días	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	2590	5.0	5.0	25.00	103.60	85.73
		1860	5.0	5.0	25.00	74.40	
		1980	5.0	5.0	25.00	79.20	
14 Días		3300	5.0	5.0	25.00	132.00	140.13
		3200	5.0	5.0	25.00	128.00	
		4010	5.0	5.0	25.00	160.40	
21 Días		4330	5.0	5.0	25.00	173.20	161.47
		3780	5.0	5.0	25.00	151.20	
		4000	5.0	5.0	25.00	160.00	
28 Días		4840	5.0	5.0	25.00	193.60	179.87
		3840	5.0	5.0	25.00	153.60	
		4810	5.0	5.0	25.00	192.40	



Racho Saucedo Anderson Efrain
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 18: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero patrón -0.00% NPG a los 28 días.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

CÓDIGO : N.T.P. 339.605 : 2003

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h	e	Relación	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm (kg/cm ²)
					(cm)	(cm)					
01	Mortero con adición 0.00% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.0	12.5	2.430	299	25560	1.04	89
02		07/10/2022	04/11/2022	28	31.0	12.6	2.430	301	28450	1.04	98
03		07/10/2022	04/11/2022	28	31.1	12.4	2.538	295	24680	1.04	87
Promedio F'm (kg/cm2)											91

DONDE:

h : altura del prisma.

e : espesor del prisma.



TECNICO DE LABORATORIO

[Firma]
DNI: 72752449
TECISTA

Anexo 19: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.03% NPG a los 28 días.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

CÓDIGO : N.T.P. 339.605 - 2003

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h	e	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm (kg/cm ²)
					(cm)	(cm)					
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/10/2022	28	31.0	12.6	2.460	300	35100	1.04	121
02		07/10/2022	04/10/2022	28	30.9	12.5	2.472	298	32312	1.04	112
03		07/10/2022	04/10/2022	28	30.6	12.7	2.409	304	32740	1.03	111
Promedio F'm (kg/cm²)											115

DONDE:

h : altura del prisma.

e : espesor del prisma.



[Firma]
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 20: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.05% NPG a los 28 días.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS DE SUELOS CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

CÓDIGO : N.T.P. 339.605 : 2003

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h	e	Relación	Área bruta	Carga	Coef. De	F'm
					(cm)	(cm)	(h/e)	(cm ²)	(kg)	corrección	(kg/cm ²)
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.1	12.6	2.468	300	34260	1.04	119
02		07/10/2022	04/11/2022	28	30.6	12.7	2.419	301	35080	1.03	120
03		07/10/2022	04/11/2022	28	31.5	12.6	2.500	301	37210	1.04	129
Promedio F'm (kg/cm²)											122

DONDE :

h : altura del prisma.

e : espesor del prisma.



[Handwritten Signature]
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 21: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería del mortero con adición de 0.10% NPG a los 28 días.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

CÓDIGO : N.T.P. 339.605 : 2003

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h	e	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm (kg/cm ²)
					(cm)	(cm)					
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	31.2	12.7	2.466	301	32990	1.04	114
02		07/10/2022	04/11/2022	28	31.2	12.5	2.496	298	30910	1.04	108
03		07/10/2022	04/11/2022	28	30.9	12.5	2.472	299	35150	1.04	122
Promedio F'm (kg/cm²)											115

DONDE :

h : altura del prisma.
e : espesor del prisma.



[Handwritten Signature]
DNI: 72752449
TESISTA

Anexo 22: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en prismas de albañilería de mortero patrón y con adición de 0.03%,0.05% y 0.10% de NPG a los 28 días.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIMENTOS
 Av. San José María Estrada 1938, Chiclayo - Perú.



Solicitante : Racho Saucedo Anderson Efrain
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

CÓDIGO : NCh167 : 2001

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la adherencia a cizalle en prisma de albañilería

Muestra	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	L (cm)	A (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL (kg/cm ²)
01	Mortero patrón	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1900	6.6	5.29
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1300	4.5	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1370	4.8	
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1710	5.9	6.45
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1440	5.0	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2420	8.4	
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1840	6.4	8.65
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2760	9.6	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	2870	10.0	
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1720	6.0	5.41
02		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1380	4.8	
03		07/10/2022	04/11/2022	28	12.0	12.0	288	1570	5.5	

LEYENDA:
 h : altura del prisma.
 e : espesor del prisma.



[Handwritten Signature]
 DNI : 7275 2449
 TESISTA

Anexo 23: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería sin adición de NPG a los 28 días.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswceirl@gmail.com

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50608589

Solicitante : RACHO SAUCEDO ANDERSON EFRAIN
Proyecto : Tesis: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN EL MORTERO".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de asentado : Sábado, 08 de octubre del 2022.

Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Norma : NTP 399.621 (revisada el 2015).
Ensayo : Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm ²)
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	652	657	128	83776	99145	0.84	8.53
02		08/10/2022	05/11/2022	28	655	650	128	84160	90829	0.76	7.78
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640	650	121	78045	79463	0.72	7.34

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo 24: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.03% NPG a los 28 días.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswceirl@gmail.com

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50608589

Solicitante : RACHO SAUCEDO ANDERSON EFRAIN
Proyecto : Tesis: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN EL MORTERO".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de asentado : Sábado, 08 de octubre del 2022.

Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Norma : NTP 399.621 (revisada el 2015).
Ensayo : Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm ²)
01	Mortero con adición 0.03% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	652	657	128	83776	99145	0.84	8.53
02		08/10/2022	05/11/2022	28	655	650	128	84160	90829	0.76	7.78
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640	650	121	78045	79463	0.72	7.34


OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Anexo 25: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.05% NPG a los 28 días.

	LEMS W&C EIRL Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0606589	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: lemswceir@gmail.com
Solicitante	: RACHO SAUCEDO ANDERSON EFRAIN	
Proyecto	: Tesis: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN EL MORTERO".	
Ubicación	: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	
Fecha de asentado	: Sábado, 08 de octubre del 2022.	
<u>Título</u>	: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.	
<u>Norma</u>	: NTP 399.621 (revisada el 2015).	
<u>Ensayo</u>	: Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.	

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	Mortero con adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	650	645	128	82880	98057	0.84	8.53
02		08/10/2022	05/11/2022	28	640	650	128	82560	114718	0.98	10.02
03		08/10/2022	05/11/2022	28	635	635	121	76835	120945	1.11	11.35

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 26: Informe de laboratorio de materiales del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería con adición de 0.10% NPG a los 28 días.

	LEMS W&C EIRL Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0606589	Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: lemswceir@gmail.com
Solicitante	: RACHO SAUCEDO ANDERSON EFRAIN	
Proyecto	: Tesis: "MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN EL MORTERO".	
Ubicación	: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.	
Fecha de asentado	: Sábado, 08 de octubre del 2022.	
<u>Título</u>	: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.	
<u>Norma</u>	: NTP 399.621 (revisada el 2015).	
<u>Ensayo</u>	: Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.	

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	Mortero con adición 0.10% de nanoplaquetas de grafeno	08/10/2022	05/11/2022	28	660	657	128	84288	87671	0.74	7.50
02		08/10/2022	05/11/2022	28	650	657	129	84302	84043	0.70	7.19
03		08/10/2022	05/11/2022	28	640	645	121	77743	92183	0.84	8.55

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 27: Panel fotográfico del ensayo de fluidez del mortero en estado fresco.



Imagen 31: Tesista realizando el ensayo de fluidez



Imagen 32: Mortero listo para el ensayo de fluidez



Imagen 33: Mortero en la mesa de fluidez



Imagen 34: Tesista realizando la medición del diámetro del mortero para calcular el porcentaje de fluidez.

Fuente: elaboración propia

Anexo 28: Panel fotográfico de especímenes cúbicos de mortero.



Imagen 35: Tesista con los especímenes cúbicos de mortero con 0.00% NPG



Imagen 36: Tesista con los especímenes cúbicos de mortero con 0.03% NPG



Imagen 37: Tesista con los especímenes cúbicos de mortero con 0.05% NPG



Imagen 38: Tesista con los especímenes cúbicos de mortero con 0.10% NPG

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión en cubos (5 cm de arista) de mortero.



Imagen 39: Cubos de mortero patrón con adición de 0.00% NPG



Imagen 40: Carga resistida del mortero patrón a los 28 días



Imagen 41: Cubos de mortero patrón con adición de 0.03% NPG



Imagen 42: Carga resistida del mortero patrón con adición de 0.03% NPG a los 28 días



Imagen 43: Cubos de mortero patrón con adición de 0.05% NPG

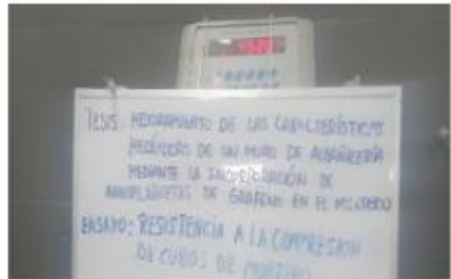


Imagen 44: Carga resistida del mortero patrón con adición de 0.05% a los 28 días



Imagen 45: Cubos de mortero patrón con adición de 0.10% NPG



Imagen 46: Carga resistida del mortero patrón con adición de 0.10% NPG a los 28 días



Imagen 47: Cubos de mortero patrón con 0.00% NPG sin curado



Imagen 48: Carga resistida del mortero patrón con adición de 0.00% a los 28 días sin curado



Imagen 49: Cubos de mortero patrón con adición de 0.10% NPG sin curar



Imagen 50: Carga resistida del mortero patrón con adición de 0.10% NPG a los 28 días sin curar

Fuente: Elaboración propia

Anexo 30: Panel fotográfico de la elaboración de pilas para resistencia compresión y adherencia



Imagen 51: Preparación de la mezcla con NPG para asentar pilas de albañilería



Imagen 52: Verificación de nivelación del prisma



Imagen 53: Tesista con las muestras de pilas de albañilería



Imagen 54: Tesista con las muestras de pilas para adherencia

Fuente: Elaboración propia

Anexo 31: Panel fotográfico de la elaboración de muretes de albañilería



*Imagen 55: Preparación de las NPG para
La dispersión por ultrasonido*



*Imagen 56: Preparación de la mezcla
con NPG para asentar muretes de
albañilería*



*Imagen 57: Elaboración de los muretes
de albañilería*



*Imagen 58: Muestra de los muretes para
ensayar a los 28 días de su elaboración*

Anexo 32: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión de pilas de albañilería



Imagen 59: Ensayo de resistencia a compresión en pilas de albañilería con 0.00% NPG



Imagen 60: Carga resistida por el prisma con 0.00% NPG a los 28 días



Imagen 61: Ensayo de resistencia a compresión en pilas de albañilería con 0.03% NPG



Imagen 62: Carga resistida por el prisma con 0.03% NPG a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

Anexo 33: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería



Imagen 63: Ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería con 0.03% NPG



Imagen 64: Pilas de mortero patrón con 0.03% NPG alcanzo $f'm=2420$ kg



Imagen 65: Ensayo de resistencia a la adherencia a cizalle en pilas de albañilería con 0.05% NPG



Imagen 66: Pilas con mortero patrón 0.05% NPG alcanzo un $f'm= 2760$ kg

Fuente: Elaboración propia

Anexo 34: Panel fotográfico del ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería



Imagen 67: Murete con mortero patrón alcanzó $V'm = 5582$ kg



Imagen 68: Murete con mortero patrón con 0.03% NPG alcanzó $V'm = 9262$ kg



Imagen 69: Murete con mortero patrón con 0.05% NPG alcanzó $V'm = 12333$ kg



Imagen 70: Tesista con murete patrón con adición 0.10% NPG alcanzó $V'm = 8940$ kg



Imagen 71: Laboratorista verificando la realización del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes

Fuente: Elaboración propia