



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto de un mortero patron - cusco 2022

Línea de la investigación:

Ciencia y tecnología de materiales e insumos en ingeniería

Presentado por:

Bach. Edson Ricardo Espinoza Garcia
(0009-0008-8209-0279)

Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Víctor Chacon Sanchez
(0000-0001-6891-6902)

CUSCO – PERÚ

2023



METADATOS

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Edson Ricardo Espinoza Garcia
Número de documento de identidad	73045471
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0008-8209-0279
Datos del Asesor	
Nombres y apellidos	Dr. Ing. Victor Chacón Sánchez
Número de documento de identidad	23807993
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0001-6891-6902
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Carmen Cecilia Gil Rodríguez
Número de documento de identidad	23877911
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Jose Luis Ríos Rabelo
Número de documento de identidad	
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Nico Yheison Gonzales Mamany
Número de documento de identidad	41604353
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Raúl Tagle Sanchez
Número de documento de identidad	
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Ciencia y tecnología de materiales e insumos en ingeniería.



Análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto de un mortero patron

Fecha de entrega: 16-abr-2024 08:36 m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2351642283
Nombre del archivo: tesis_formato_ultimo.pdf (6.26M)
Total de palabras: 49134
Total de caracteres: 225300

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
Asesor de tesis



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto de un mortero patron - cusco 2022

Línea de la investigación:

Ciencia y tecnología de materiales e insumos en
ingeniería

Presentado por:

Bach. Edson Ricardo Espinoza Garcia
(0009-0008-8209-0279)

Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Axesor:

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
(0000-0001-6891-6902)

CUSCO – PERÚ

2023

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez



Análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto de un mortero patron

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	1%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	6%
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Homenda, W.. "Balanced fuzzy sets", Information Sciences, 20060903 Publicación	<1%
7	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
Asesor de tesis



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	edson ricardo espinoza garcia
Título del ejercicio:	Tesis final - Espinoza Garcia
Título de la entrega:	Análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas ...
Nombre del archivo:	tesis_formato_ultimo.pdf
Tamaño del archivo:	6.26M
Total páginas:	217
Total de palabras:	49,134
Total de caracteres:	225,300
Fecha de entrega:	16-abr.-2024 08:36a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2351642283



Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dr. Ing. Victor Chacon Sanchez
Asesor de tesis



Dedicatoria

A mi familia, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante y a formarme como persona.

A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todas esas personas que estuvieron durante toda mi etapa universitaria.

Agradecimiento

A dios quien me ha guiado y dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi asesor Ing. Victor Chacon Sanchez, por su dirección, paciencia, entrega y apoyo que me permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

A mis familiares, porque son el cimiento de mi desarrollo, todos y cada uno de ustedes brindaron un valioso tiempo para enseñarme nuevas cosas que me servirán para toda la vida.

Finalmente agradezco a la Universidad Andina del Cusco, mi alma mater, por brindarme las herramientas para ser un profesional y mejor persona.



Resumen

El presente trabajo evalúa las propiedades físico – mecánicas del mortero añadido con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%), para analizar las ventajas en futuras aplicaciones en la construcción.

Las propiedades a analizar fueron: “resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, adherencia a cizalle y fluidez del mortero”, para estos ensayos se utilizó la combinación de agregados (cantera de Cunyac (80%) y cantera de Vicho (20%)), cemento portland tipo IP y nanotubos de carbono, las edades de rotura fueron de 7, 14, 21 y 28 días.

Se utilizaron normas técnicas peruanas (NTP) para el análisis y ensayos de las muestras, los especímenes que se elaboró fueron cubos de (5 cm) de lado para el ensayo de resistencia a la compresión, especímenes rectangulares de (4x4x16 cm) de lado para el ensayo de resistencia a la flexión, una mesa de flujo para el análisis de datos de la fluidez del mortero y para el ensayo de adherencia a cizalle se utilizó ladrillos “Tipo King Kong de 18 huecos (24x12x9 cm)”.

Como resultados de los ensayos realizados, la resistencia a compresión, flexión y adherencia, la sustitución de nanotubos de carbono en porcentaje de 0.4% fue el más óptimo, porque se evidencia un mayor aumento de la resistencia a comparación del mortero patrón. El valor promedio más alto de la resistencia a la compresión fue de (210.15 kg/cm²), el valor promedio más alto de la resistencia a la flexión fue de (113.40 kg/cm²) y el valor promedio más alto de la adherencia a cizalle fue de (9.91 kg/cm²).

Finalmente la población constituida fue de 64 especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión, 64 especímenes para el ensayo de resistencia a la flexión y 20 especímenes para el ensayo de adherencia. Para la elaboración de estas muestras se utilizó la relación a/c de 0.58 para el mortero patrón y la relación a/c de 0.63 para el mortero añadido con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%).

Palabras clave: Mortero, norma técnica peruana (NTP), resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, adherencia, fluidez y nanotubos de carbono.



Abstract

The present work evaluates the physical-mechanical properties of the mortar added with carbon nanotubes in percentages of (0.2%, 0.4% and 0.6%), in order to analyze the advantages in future applications in construction.

The properties to be analyzed were: "compressive strength, flexural strength, bond strength and mortar consistency", for these tests were used a combination of aggregates (Cunyac quarry (80%) and Vicho quarry (20%)), portland cement type IP and carbon nanotubes and the breaking ages were 7, 14, 21 and 28 days.

Peruvian technical standards (NTP) were used for the analysis and testing of the samples, the specimens used were cubes (5 cm) on each side for the compressive strength test, rectangular specimens (4x4x16 cm) on each side for the flexural strength test, a flow table for the analysis of mortar fluidity data and for the adhesion test were used a "King Kong type 18-hole bricks (24x12x9 cm)".

As results of the tests performed, the compressive strength, flexural strength and adhesion, the substitution of carbon nanotubes in percentage of 0.4% was the most optimal, because it shows a greater increase in strength compared to the standard mortar. The highest average value of compressive strength was (210.15 kg/cm²), the highest average value of flexural strength was (113.40 kg/cm²) and the highest average of the adhesion resistance was (9.91 kg/cm²).

Finally, the population consisted of 64 specimens for the compressive strength test, 64 specimens for the flexural strength test and 20 specimens for the adhesion test. For the preparation of these specimens, a w/c ratio of 0.58 was used for the standard mortar and a w/c ratio of 0.63 for the mortar added with carbon nanotubes in percentages of (0.2%, 0.4% and 0.6%).

Keywords: Mortar, Peruvian technical standard (NTP), compressive strength, flexural strength, adhesion, flowability and carbon nanotubes.



Introducción

En un mundo en constante cambio, las nuevas tecnologías nos obligan a estar a la vanguardia para no depender de métodos antiguos, por lo que en la última década ha aparecido el concepto de nanotecnología y este concepto ha sido pionero en el mundo a través del estudio de moléculas, reacciones, procesos a nano escala que tienen un gran impacto en diversas ciencias como la ingeniería, la medicina, la física, la química, entre otras.

Un nanotubo de carbono es una configuración muy pequeña de átomos de carbono de forma cilíndrica, debido a sus excepcionales propiedades mecánicas y eléctricas, los nanotubos de carbono son actualmente de gran interés para la comunidad industrial mundial. Su capacidad para mejorar o sustituir materiales han generado un inmenso interés en el estudio y optimización de su producción y funcionalización. Se pueden encontrar dos tipos de nanotubos de carbono, los cuales se dividen en: nanotubos de pared simple y nanotubos de pared múltiple; los de pared simple son más costosos, por lo que se elegirán los nanotubos de pared múltiple en esta investigación

El presente trabajo tiene como finalidad determinar y comparar, como varia las propiedades físico - mecánicas de un mortero patrón y un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2, 0.4% y 0.6% en reemplazo del peso del cemento, donde se evaluarán las siguientes propiedades, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, adherencia y la consistencia del mortero. Estos ensayos se realizarán en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco. Se emplearán como materiales el cemento portland tipo IP, agregados fino de la cantera de Cunyac (80%) y Vicho (20%), y nanotubos de carbono de pared múltiple.

Con los resultados obtenidos se podrá afirmar si la incorporación de nanotubos de carbono mejora las propiedades del mortero.



ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
INDICE DE TABLAS.....	14
Índice de figuras.....	18
Capítulo I.....	22
1 Planteamiento del Problema.....	22
1.1 Identificación del problema.....	22
1.1.1 Descripción del problema.....	22
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	25
1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.....	25
1.2.1 Justificación por Relevancia.....	25
1.2.2 Justificación por Viabilidad.....	25
1.2.3 Justificación Técnica.....	26
1.2.4 Justificación Social.....	27
1.3 Delimitación de la investigación.....	27
1.3.1 Limitaciones Geográficas.....	27
1.3.2 Limitaciones de Equipos y Materiales.....	27
1.3.3 Limitaciones de Ensayos.....	28
1.4 Objetivos.....	29
1.4.1 Objetivo General.....	29
1.4.2 Objetivos Específicos.....	29
Capitulo II.....	30



2	Marco Teórico.....	30
2.1	Antecedentes de la Tesis.....	30
2.1.1	Antecedente a Nivel Nacional.....	30
2.1.2	Antecedente a Nivel Internacional.....	32
2.2	Bases teóricas.....	33
2.2.1	Nanotubos de Carbono.....	33
2.2.2	El Mortero.....	41
2.2.3	Cemento portland.....	45
2.2.4	Agua.....	46
2.2.5	Agregado fino.....	48
2.2.6	Propiedades del mortero.....	58
2.3	Hipótesis.....	69
2.3.1	Hipótesis General.....	69
2.3.2	Hipótesis específicas.....	69
2.4	Definición de Variables.....	69
2.4.1	Variable independiente (X1).....	69
2.4.2	Variable dependiente (Y1).....	69
2.4.3	Cuadro de operacionalización de variables.....	70
	Capitulo III.....	71
3	Método.....	71
3.1	Metodología de la investigación.....	71
3.1.1	Enfoque de la investigación.....	71
3.1.2	Nivel o alcance de la investigación.....	71
3.2	Diseño de la investigación.....	71
3.2.1	Diseño metodológico.....	71
3.2.2	Diseño de ingeniería.....	72



3.3	Población y Muestra	73
3.3.1	Población.....	73
3.3.2	Muestra.....	74
3.4	Instrumentos	76
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	76
3.4.2	Instrumentos de Ingeniería	85
3.5	Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos	86
3.5.1	Ensayo de granulometría de: agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho 86	
3.5.2	Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino	93
3.5.3	Peso específico y absorción del agregado fino	102
3.5.4	Contenido de humedad.....	106
3.5.5	Diseño de mezcla	110
3.5.6	Costo del mortero.....	116
3.5.7	Ensayo de fluidez del mortero	122
3.5.8	Ensayo de resistencia a la compresión del mortero	124
3.5.9	Ensayo a la resistencia a la flexión del mortero	131
3.5.10	Ensayo adherencia a cizalle.....	137
3.6	Procedimiento de análisis de datos	140
3.6.1	Ensayo de granulometría y módulo de fineza de los agregados finos	140
3.6.2	Ensayo de peso específico y absorción	144
3.6.3	Ensayo de contenido de humedad.....	150
3.6.4	Ensayo de peso unitario.....	152
3.6.5	Ensayo de fluidez del mortero	156
3.6.6	Ensayo de resistencia a compresión.....	161
3.6.7	Ensayo de resistencia a la flexión	171
3.6.8	Ensayo de adherencia a cizalle	181



Capítulo IV.....	186
4. Resultados.....	186
4.1 Resultados del ensayo de granulometría.....	186
4.2 Resultados del ensayo de peso específico.....	187
4.3 Resultados del ensayo de contenido de humedad.....	187
4.2 Resultados del ensayo de peso unitario	187
4.5 Resultados del ensayo de fluidez del mortero	188
4.6 Resultados del ensayo de compresión	189
4.5 Resultados del ensayo a la flexión.....	190
4.6 Resultados del ensayo de adherencia a cizalle	192
Capítulo V.....	193
5. Discusión	193
5.1 Contraste de resultados con referentes del marco teórico.....	193
5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	193
5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis	195
5.4 Aporte de la investigación.....	195
Glosario.....	196
Conclusiones	199
Sugerencias	201
Referencias.....	202
Apéndice	205
Datos estadísticos de confiabilidad	206
de resultados por alfa de Cronbach	206
Anexos	212
Ficha de datos de seguridad – Nanotubos de Carbono.....	212



INDICE DE TABLAS

Tabla1 <i>Clasificación de mortero de pega</i>	42
Tabla2 <i>Usos de los morteros de cemento</i>	43
Tabla3 <i>Compuestos principales del cemento portland</i>	45
Tabla4 <i>Tolerancia de impurezas en el agua de mezcla</i>	48
Tabla5 <i>Granulometría del agregado fino</i>	50
Tabla6 <i>Ecuaciones para el cálculo de densidad</i>	53
Tabla7 <i>Ecuación para el cálculo de absorción</i>	54
Tabla8 <i>Ecuación para el cálculo de contenido de humedad</i>	56
Tabla9 <i>Ecuación para el cálculo de peso unitario</i>	57
Tabla10 <i>Fluidez recomendada para morteros</i>	59
Tabla11 <i>Ecuación para el cálculo de fluidez</i>	59
Tabla12 <i>Tolerancia de especímenes</i>	61
Tabla13 <i>Ecuación para el cálculo de la resistencia a la compresión</i>	61
Tabla14 <i>Tolerancia de especímenes</i>	62
Tabla15 <i>Ecuación para el cálculo de la resistencia a la flexión</i>	63
Tabla16 <i>Especímenes para ensayo de resistencia a la compresión</i>	73
Tabla17 <i>Especímenes para ensayo de resistencia a la flexión</i>	74
Tabla18 <i>Especímenes para ensayo de adherencia a cizalle</i>	74
Tabla19 <i>Formato para recolección de datos del ensayo de "Granulometría y módulo de fineza"</i>	77
Tabla20 <i>Formato para recolectar datos del ensayo "Peso unitario del agregado fino"</i>	78
Tabla21 <i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Peso específico y absorción"</i>	79
Tabla22 <i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Contenido de humedad"</i>	80
Tabla23 <i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Fluidez del mortero"</i>	81
Tabla24 <i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Resistencia a la compresión"</i>	82
Tabla25 <i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Resistencia a la flexión del mortero"</i>	83



Tabla26	<i>Formato para recolectar datos del ensayo de "Adherencia a cizalle"</i>	84
Tabla27	<i>Datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de Cunyac</i>	90
Tabla28	<i>Datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de Vicho</i>	91
Tabla 29	<i>Datos obtenidos de la granulometría de la combinación de agregados</i>	92
Tabla30	<i>Datos obtenidos del peso unitario suelto del agregado fino de Cunyac</i>	96
Tabla31	<i>Datos obtenidos del peso unitario suelto del agregado fino de Vicho</i>	97
Tabla32	<i>Datos obtenidos del peso unitario suelto de la combinación de agregados</i>	98
Tabla33	<i>Datos obtenidos del peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac</i>	99
Tabla34	<i>Datos obtenidos del peso unitario compactado del agregado fino de Vicho</i>	100
Tabla35	<i>Datos obtenidos del peso unitario compactado de la combinación de agregados</i>	101
Tabla 36	<i>Datos obtenidos de peso específico del agregado fino de Cunyac</i>	105
Tabla 37	<i>Datos obtenidos de peso específico del agregado fino de Vicho</i>	105
Tabla 38	<i>Datos obtenidos de peso unitario de la combinación de agregados</i>	106
Tabla 39	<i>Datos de contenido de humedad del "agregado fino de Cunyac"</i>	108
Tabla 40	<i>Datos de contenido de humedad del agregado fino de Vicho</i>	109
Tabla41	<i>Proporción y cantidad de materiales a utilizar</i>	116
Tabla42	<i>Costo del mortero patron por m2 para un muro tipo cabeza</i>	120
Tabla43	<i>Costo del mortero experimental (0.2%) por m2 para un muro tipo cabeza</i>	120
Tabla44	<i>Costo del mortero experimental (0.4%) por m2 para un muro tipo cabeza</i>	120
Tabla45	<i>Costo del mortero experimental (0.6%) por m2 para un muro tipo cabeza</i>	121
Tabla46	<i>Costo del mortero patron por m2 para un muro tipo sogá</i>	121
Tabla47	<i>Costo del mortero experimental (0.2%) por m2 para un muro tipo sogá</i>	121
Tabla48	<i>Costo del mortero experimental (0.4%) por m2 para un muro tipo sogá</i>	122
Tabla49	<i>Costo del mortero experimental (0.6%) por m2 para un muro tipo sogá</i>	122
Tabla50	<i>Datos de la fluidez del mortero.</i>	124
Tabla 51	<i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (7 días)</i>	127



Tabla 52 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (14 días)</i>	128
Tabla 53 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (21 días)</i>	129
Tabla 54 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (28 días)</i>	130
Tabla 55 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (7 días)</i>	133
Tabla 56 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (14 días)</i>	134
Tabla 57 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (21 días)</i>	135
Tabla 58 <i>Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (28 días)</i>	136
Tabla 59 <i>Toma de datos del ensayo – adherencia corte por cizalla del mortero (28 días)</i>	139
Tabla 60 <i>Análisis de la granulometría y módulo de fineza del “agregado fino de Cunyac”</i>	141
Tabla 61 <i>Análisis de la granulometría y módulo de fineza del “agregado fino de Vicho”</i>	142
Tabla 62 <i>Análisis de la granulometría y módulo de fineza de la combinación de canteras</i>	143
Tabla 63 <i>Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Cunyac</i>	146
Tabla 64 <i>Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Vicho</i>	147
Tabla 65 <i>Análisis de datos del peso específico y absorción de la combinación de canteras</i>	148
Tabla 66 <i>Análisis de los datos de contenido de humedad del agregado de Cunyac</i>	150
Tabla 67 <i>Análisis de los datos de contenido de humedad del agregado de Vicho</i>	151
Tabla 68 <i>Análisis de datos de peso unitario del agregado de Cunyac</i>	153
Tabla 69 <i>Análisis de datos de peso unitario del agregado de Vicho</i>	154
Tabla 70 <i>Análisis de datos de peso unitario de la combinación de canteras</i>	155
Tabla 71 <i>Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero patrón</i>	157
Tabla 72 <i>Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.2% de N.C.</i>	158
Tabla 73 <i>Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.4% de N.C.</i>	159
Tabla 74 <i>Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.6% de N.C.</i>	160



Tabla 75 <i>Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (7 días)</i>	163
Tabla76 <i>Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (14 días)</i>	165
Tabla77 <i>Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (21días)</i>	167
Tabla78 <i>Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (28días).</i>	169
Tabla 79 <i>Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (7 días)</i>	173
Tabla80 <i>Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (14días)</i>	175
Tabla81 <i>Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (21días)</i>	177
Tabla82 <i>Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (28días)</i>	179
Tabla83 <i>Tipos de morteros (proporciones)</i>	182
Tabla84 <i>Valores de acuerdo al tipo de mortero</i>	182
Tabla85 <i>Análisis de datos del ensayo de adherencia a cizalle del mortero (28días)</i>	183
Tabla86 <i>Resultados del ensayo de granulometría, combinación de canteras Cunyac (80%) y Vicho (20%).</i>	186
Tabla87 <i>Resultados del ensayo de peso específico</i>	187
Tabla88 <i>Resultados del ensayo de contenido de humedad</i>	187
Tabla89 <i>Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado</i>	187
Tabla90 <i>Resultados del ensayo de fluidez del mortero</i>	188
Tabla91 <i>Resultado del ensayo a compresión del mortero</i>	189
Tabla92 <i>Resultados del ensayo a la flexión del mortero</i>	190
Tabla93 <i>Resultado del ensayo de adherencia a cizalle del mortero</i>	192



Índice de figuras

Figura1 <i>Eflorescencia en el mortero</i>	24
Figura2 <i>Deslizamiento y mala adherencia en el mortero</i>	24
Figura3 <i>Agrietamiento del mortero y ladrillo</i>	24
Figura4 <i>Algunos alótropos del carbono-Diamante b) Grafito c) Nanotubo de Carbono</i>	33
Figura5 <i>Estructura de pared única o simple (SWCNT)</i>	35
Figura6 <i>Estructura de nanotubo de pared múltiple (MWNT)</i>	35
Figura7 <i>Esquema de reactor de descarga eléctrica</i>	38
Figura8 <i>Partículas metálicas catalizadas</i>	38
Figura9 <i>Formación de nanotubos</i>	39
Figura10 <i>Estados de saturación del agregado</i>	55
Figura11 <i>Adherencia a cizalle</i>	64
Figura12 <i>Ecuación de adherencia a cizalle</i>	64
Figura13 <i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales</i>	65
Figura14 <i>Fluidez recomendada para morteros</i>	65
Figura15 <i>Resistencia a la compresión del mortero vs A/C</i>	67
Figura16 <i>Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs. contenido de cemento</i>	67
Figura17 <i>Cuarteo del agregado de la cantera de Vicho</i>	87
Figura18 <i>Mezcla y cuarteo del agregado de la cantera de Cunyac</i>	87
Figura19 <i>Muestras representativas del agregado</i>	87
Figura20 <i>Lavado del agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho</i>	88
Figura21 <i>Colocado del agregado Fino en la serie de tamices</i>	88
Figura22 <i>Tamizado de los agregados finos</i>	89
Figura23 <i>Peso retenido en los tamices</i>	89
Figura24 <i>Toma de medidas del molde cilíndrico</i>	93
Figura 25 <i>Llenado del molde con material suelto</i>	94



Figura 26 <i>Peso del molde con el material suelto</i>	94
Figura 27 <i>Apisonado y enrazado del agregado fino</i>	95
Figura 28 <i>Peso del molde con el material compactado</i>	95
Figura 29 <i>Saturación y secado del agregado fino de Cunyac y Vicho</i>	103
Figura 30 <i>Prueba del ensayo de humedad del agregado fino</i>	103
Figura 31 <i>Estado de superficie seca del agregado fino</i>	103
Figura 32 <i>Toma de datos del peso del picnómetro con agua</i>	104
Figura 33 <i>Llenado de agregado fino al picnómetro y eliminación de aire con la bomba de vacío</i>	104
Figura 34 <i>Peso del picnómetro con agua y la muestra de agregado fino</i>	104
Figura 35 <i>Muestra representativa húmeda de los agregados Cunyac y Vicho</i>	107
Figura 36 <i>Secado del agregado en el horno y peso del material seco</i>	107
Figura37 <i>Cuadro de fluidez</i>	110
Figura 38 <i>Dimensión del ladrillo King Kong 18 huecos y tipo de muro (cabeza)</i>	116
Figura39 <i>Dimensión del ladrillo King Kong 18 huecos y tipo de muro sogá</i>	117
Figura40 <i>Volumen de mortero por m²</i>	118
Figura41 <i>Volumen de mortero por m²</i>	119
Figura42 <i>Mezcla de mortero después de 25 golpes</i>	123
Figura43 <i>Toma de medidas del diámetro</i>	123
Figura44 <i>Peso de cada componente (cemento, agregado fino y nanotubos de carbono)</i>	125
Figura45 <i>Aplicación de petróleo a los moldes y llenado de mortero</i>	126
Figura46 <i>Rotura de especímenes de mortero</i>	126
Figura47 <i>Mezclado de componentes</i>	131
Figura 48 <i>Apoyo para el ensayo de resistencia a la flexión</i>	132
Figura 49 <i>Rotura del espécimen, ensayo a flexión</i>	132
Figura 50 <i>Falla de los prismas rectangulares</i>	132
Figura 51 <i>Saturación del ladrillo</i>	137



Figura52 Ensayo de adherencia de los especímenes de albañilería	138
Figura53 Especímenes de albañilería	138
Figura54 Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac	141
Figura 55 Curva granulométrica del agregado fino de Vicho	142
Figura 56 Curva granulométrica de la combinación de agregado	143
Figura 57 Grafica de la comparación de pesos específicos	148
Figura 58 Absorción de los agregados	149
Figura 59 Gráfico de la comparación de contenido de humedad de los agregados fino	151
Figura 60 Grafica de la comparación de pesos unitario suelto y compactado de los agregados finos y combinación	156
Figura 61 Grafica de la fluidez del mortero patrón con respecto a la relación a/c	157
Figura 62 Grafica de la fluidez del mortero con 0.2% de N.C con respecto a la relación agua – cemento	158
Figura 63 Grafica de la fluidez del mortero con 0.4% de N.C con respecto a la relación agua – cemento	159
Figura 64 Grafica de la fluidez del mortero con 0.6% de N.C con respecto a la relación agua – cemento	160
Figura 65 Datos de la resistencia a compresión del mortero patrón (7 días)	164
Figura 66 Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (7dias).	164
Figura67 Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (14dias)	166
Figura68 Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (14dias)	166
Figura69 Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (21dias)	168
Figura70 Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (21dias)	168
Figura71 Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (28dias).	170
Figura72 Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28dias)	170



Figura73 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (7días)</i>	174
Figura74 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (7días)</i>	174
Figura75 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (14días)</i>	176
Figura76 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (14días)</i>	176
Figura77 <i>Datos de la resistencia ala flexión del mortero patron (21días)</i>	178
Figura78 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (21días)</i>	178
Figura79 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (28días)</i>	180
Figura80 <i>Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28días)</i>	180
Figura81 <i>Datos de la resistencia a la adherencia del mortero patron (28días)</i>	184
Figura82 <i>Datos de la resistencia a la adherencia del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28días)</i>	184
Figura83 <i>Curva granulométrica de la combinación de canteras Cunyac (80%) y Vicho (20%)</i>	186
Figura84 <i>Comparación de la fluidez del mortero</i>	188
Figura85 <i>Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 7 días</i>	189
Figura86 <i>Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 14 días</i>	189
Figura87 <i>Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 21 días</i>	190
Figura88 <i>Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 28 días</i>	190
Figura89 <i>Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 7 días</i>	191
Figura90 <i>Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 14 días</i>	191
Figura91 <i>Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 21 días</i>	191
Figura92 <i>Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 28 días</i>	192
Figura93 <i>Comparación de la adherencia a cizalle a los 28 días</i>	192



Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

En el Perú, el método constructivo comúnmente utilizado es la albañilería confinada, el cual se compone por muros confinados compuestos por ladrillos de arcilla, asentados con mortero, columnas de amarre, cimientos y vigas soleras. Uno de los principales componentes de la albañilería confinada, pero que a veces no se le toma mucha importancia es el mortero, que sirve para la unión de ladrillos en el levantamiento de muros de carga y muros no portantes. (La barrera Grados & Mesias Champi, 2018, p. 20)

En los últimos 20 años los movimientos sísmicos en el Perú han ocasionado daños en las edificaciones de mampostería. Por ejemplo, los estudios realizados por el CISMID FIC/UNI después del sismo ocurrido en la Región Ica de 2007, como consecuencia del terremoto, indican que el 2% de las viviendas de albañilería colapso, el 3% resultó con daños severos y un 95% tuvo daños leves. Los principales y más frecuentes problemas fueron el agrietamiento y deslizamiento que se produjeron en los muros de albañilería.

En la actualidad la mayoría de ciudades del Perú y el mundo, el mortero es uno de los materiales más comunes en las construcciones de edificaciones, ya que tiene la propiedad de poderse moldear, unir materiales entre sí, endurecerse y alcanzar resistencias. Hay muchos factores que afectan las propiedades del mortero, ya sea en propiedades químicas, mecánicas o físicas. Las posibles causas son la mala adherencia; la eflorescencia que es producida por la humedad y que en muy pequeñas cantidades de sales y sulfatos presentes en los materiales con la que se elabora el mortero, pueden causar el deterioro de los acabados y desprendimiento del propio mortero, dentro de los factores externos, está el desgaste que se genera debido a la suciedad e intemperie a la que el mortero está expuesto

Un Análisis del Riesgo sísmico de las viviendas de la APV Cachimayo San Sebastián – Cusco realizado por los bachilleres Mozo Barrantes, Keyla Danitza y Salinas Villena, Claudia Marcela de la Universidad Andina del Cusco determinaron que



existe un 57% de viviendas verificadas donde los elementos estructurales y de albañilería se encuentran en deterioro y/o humedad, por lo cual son propensos a tener eflorescencia, rajaduras, derrumbes parciales y desplazamientos.

Según Salamanca Correa (2001) “En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y 20 % del volumen total del material; no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica el porcentaje” (p. 42).

En la última década el avance de la tecnología ha sido clave en la búsqueda y optimización para mejorar los materiales, hoy en día se necesitan materiales cada vez más sofisticados y de alto rendimiento que satisfagan eficazmente las necesidades de los proyectistas, por lo cual el mortero al ser uno de los materiales más utilizados en proyectos de construcción, necesita ser investigado para mejorar sus propiedades físico-mecánicas.

En el campo de la construcción la nanotecnología ha empezado a hacer su aparición, existe un material derivado del Grafeno que según estudios ha demostrado poseer excelentes propiedades mecánicas, muy superiores al acero, además de presentar alta conductividad eléctrica y térmica, nos referimos a los Nanotubos de Carbono, que han alcanzado gran importancia debido a las diferentes propiedades físicas y químicas que presentan, como resistencia y alta dureza.

Por lo cual surge la necesidad de investigar la utilización de los nanotubos de carbono en el mortero, y así conocer su comportamiento y posibles aplicaciones en las edificaciones. Al estar manejando materiales de medidas nanométricas se está mejorando directamente la estructura molecular del cemento, dando como resultado un aumento en sus propiedades físicas como resistencia a la compresión, flexibilidad y rigidez aumentando su durabilidad o vida útil, buscando un mejor comportamiento del mortero en los muros de albañilería, capaz de reducir su porosidad y controlando las microgrietas que se puedan generar en el mortero ya sea por temperaturas externas o por su mismo proceso de fraguado.

El aporte de la investigación pretende analizar y comparar las propiedades físico-mecánicas de un mortero patrón, con un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono del tipo pared múltiple en diferentes porcentajes (0.2%, 0.4% y



.6%), de tal forma encontrar el porcentaje óptimo, con el cual el mortero añadido con nanotubos de carbono llega a una resistencia igual o mejor que el mortero patrón.

Figura 1

Eflorescencia en el mortero



Nota. Adaptado de lugar *morteros libres de eflorescencia* [fotografía], por construnario, 2011, (<https://images.app.goo.gl/iW1aDJTMGQrgtXLu5>).

Figura 2

Deslizamiento y mala adherencia en el mortero



Nota. El mortero está expuesto a la intemperie por lo cual causa un deterioro.

Figura 3

Agrietamiento del mortero y ladrillo



Nota. Adaptado de lugar *grietas en fachadas de ladrillo* [fotografía], por Ingenieros asesores, 2021, (<https://images.app.goo.gl/zbdGavfBvN9GfrEu5>).



1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.1.1 Formulación Interrogativa del Problema General

¿De qué manera influye la incorporación de nanotubos de carbono en las propiedades físico - mecánicas del mortero, al sustituir el cemento en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%?

1.1.1.2 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

P.E.1. ¿Cómo varía la resistencia a la flexión de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?

P.E.2. ¿Cómo varía la adherencia a cizalle de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?

P.E.3. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de nanotubos de carbono para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron?

P.E.4. ¿En qué porcentaje varía la fluidez del mortero al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?

1.2 Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1 Justificación por Relevancia

El trabajo de tesis a realizar justifica su importancia debida, ya que no se presentan investigaciones realizadas sobre morteros añadidos con nanotubos de carbono en la Universidad Andina del Cusco. El análisis del tema permitirá determinar si los nanotubos de carbono son una opción para mejorar las propiedades del mortero, y si esta brindara una alternativa de material de construcción donde se requiera un mortero más resistente y duradero.

1.2.2 Justificación por Viabilidad

Para el trabajo de investigación se evaluaron diferentes aspectos, los cuales son:

El Laboratorio de Concreto y Asfaltos de la Universidad Andina del Cusco, cuenta con los equipos de compresión axial, mesa de fluidez, serie de tamices para la granulometría, etc.



Los instrumentos y equipos necesarios para la preparación de muestras y obtención de resultados son accesibles, además de contar con trabajos de investigación similares en nuestro medio para la realización de ensayos, normativas RNE E.070, NTP (Norma Técnica Peruana) y textos sobre estudios del mortero.

La presente investigación es viable, debido a que contamos con materiales y equipos necesarios para la realización de los ensayos pertinentes a la investigación, así como también se cuenta con el material de Nanotubos de Carbono, que será proporcionado por la empresa Jiangsu XFNANO Materials Tech Co. Ltd.

1.2.3 Justificación Técnica

El tema de investigación se trata de analizar y saber nuevos diseños de mezclas de morteros debido a las innovaciones tecnológicas, las que nos ofrecerá un mayor desempeño y por lo tanto mayor vida útil del material.

Los nanotubos de carbono (Tipo pared múltiple), son materiales con excelentes propiedades mecánicas, térmicas, semiconductoras y elásticas. Como poseedores de estas propiedades, los nanotubos de carbono nos proporcionaran un mayor desempeño (físico – mecánico).

Se busca elaborar un mortero, reemplazando el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%) para poder mejorar sus propiedades, el cual será sometido a ensayos de: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la adherencia y pruebas de variación de fluidez.

El mortero en estudio es del tipo “M”, este es una mezcla de alta resistencia que llega alcanzar una resistencia a la compresión promedio de($175 = kg/cm^2$ a los 28 días), ofrece más durabilidad que otros morteros y es recomendable para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes y temblores (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 116).

El uso que tendrá será como **Mortero de Pega**, porque estará aplicada para la adherencia o pega de unidades de albañilería. Sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 116).



El estudio y ensayos realizados al mortero elaborado serán con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%, estarán ubicados en el área de Tecnología del Concreto ya que se obtendrá un nuevo material conforme a los resultados para su aprobación. Según los resultados obtenidos, se podrá mejorar las nuevas formas de construcción en nuestro medio y la calidad de las obras.

1.2.4 Justificación Social

Este trabajo de tesis contribuirá en la implementación y búsqueda de nuevos materiales, que están a la vanguardia de la tecnología, en la cual se beneficiaran los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, así como profesionales de diferentes áreas, o específicamente a los que están interesados en brindar mejores alternativas en el diseño de mezclas de mortero.

La utilización de los nanotubos de carbono en el mortero, genera la necesidad de investigar para conocer su comportamiento y posibles aplicaciones en las edificaciones, conocer nuevas investigaciones y propiedades que ya se han desarrollado, aprovechándolas para impulsarnos a realizar un mortero resistente y eficiente.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Limitaciones Geográficas

Esta investigación tendrá como ámbito de influencia a la ciudad del Cusco, la cual está ubicado a una altitud de 3399 msnm.

1.3.2 Limitaciones de Equipos y Materiales

El proyecto de investigación se limitará a hacer uso del laboratorio de la “Universidad Andina del Cusco”, el cual cuenta con los equipos necesarios.

- Se limita al uso de mesa de flujo para evaluar la fluidez del mortero.
- Se limita al uso del equipo de compresión axial para realizar los ensayos de: compresión, flexión y adherencia.
- Se limita al uso de los tamices y el agitador de tamices, para el análisis granulométrico.



- Se limita al uso del cemento portland tipo IP (con peso específico 2.85gr/cm³), de la marca Yura.
- Se limita al uso de agregados de la cantera proveniente de Cunyac (80%) y Vicho (20%).
- Se limita al uso de nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%) con respecto al peso del cemento.
- Se limita al uso de las unidades de albañilería para la elaboración de pilas fueron ladrillos tipo King Kong sólidos de 18 huecos con dimensiones de 24 x 12 x 9 cm.
- Se utilizará agua potable de la red pública de la ciudad del cusco.
- Los Nanotubos de Carbono es del tipo de Pared Múltiple, este material no es comercial en el Perú, pero es de fácil adquisición importarlo hacia el Perú, en esta investigación el material será proporcionado por una empresa China “Jiangsu XFNANO Materials Tech Co. Ltd”.

1.3.3 Limitaciones de Ensayos

- Se limita a elaborar las probetas de dimensiones 40mm – 40mm – 160mm según la norma (NTP 334.120).
- Se limita a elaborar las probetas cubicas de dimensiones 50mm según la norma (NTP 334.051).
- Se limita a realizar el ensayo de resistencia a la compresión según la (NTP 334.051).
- Se limita a realizar el ensayo de resistencia a la flexión según la (NTP 334.120).
- Se limita a realizar el ensayo de adherencia a cizalle según la norma chilena (NCh.167).
- Para la determinación de la fluidez se realizará según la norma (NTP 334.057 - 2016) que nos indica lo siguiente:
- “El mortero deberá ser la que produzca una fluidez de 110% ± 5% luego de 25 golpes en la mesa de flujo” (p. 4).



1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

Analizar y comparar las propiedades físico- mecánicas de un mortero después de sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

O.E.1. Determinar la variación de la resistencia a la flexión de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron.

O.E.2. Determinar la variación de la adherencia a cizalle de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron.

O.E.3. Determinar el porcentaje óptimo de nanotubos de carbono para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron.

O.E.4. Determinar la variación en porcentaje de la fluidez del mortero al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron.



Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Tesis

2.1.1 Antecedente a Nivel Nacional

Antecedente Nacional N°1:

Valerio (2019), en su tesis titulada “Preparación de Probetas de Concreto con Nanotubos de Carbono para el Mejoramiento de sus Propiedades”. Desarrollada en la Universidad Nacional de Ingeniería de la ciudad de Lima (Perú), cuyo objetivo principal fue el estudio de la elaboración y de las propiedades de carbonatación, mecánicas, morfológicas, estructurales y eléctricas del concreto dopado con nanotubos de carbono para analizar sus ventajas en futuras aplicaciones en la construcción. Para el desarrollo de esta investigación se elaboraron probetas cilíndricas y cúbicas, como también se diseñó una cámara de carbonatación.

En base a los resultados, se concluyó que: Las probetas con CNT aumentan sus propiedades mecánicas a medida que se aumenta la concentración de CNT llegando a ser el 1% el porcentaje máximo el cual genero un aumento del 30% comparado con las probetas sin aditivo con lo que se concluye que las propiedades mecánicas de las probetas con CNT no dependen en gran medida de la porosidad sino de la unión de los CNT con las estructuras del concreto.

Finalmente esta tesis tuvo como aporte, el porcentaje adecuado de nanotubos a considerar al momento de añadirle a la mezcla del mortero, nos dice que el valor optimo a considerar es aproximadamente de 0.5%, y concluye que tanto para pasta de cemento como para morteros los CNT aumentan la impermeabilidad y resistencia a diferencia de los aditivos convencionales.

Antecedente Nacional N°2:

Apaza & Quispe (2018), en su tesis titulada “Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de Nanotubos de Carbono”. Desarrollada en la ciudad de Arequipa (Perú), cuyo objetivo principal fue ver las mejoras que puede brindar la adición de Nanotubos de Carbono a las mezclas de concreto elaboradas con 2 tipos distintos de cemento, por una parte mezclas elaboradas con cemento Yura tipo IP y por otra parte mezclas elaboradas con cemento Wari tipo I.



En base a los resultados, se concluyó que: la adición de Nanotubos de Carbono mejora las propiedades mecánicas del concreto de forma integral usando cantidades óptimas de NTC, donde para el caso de mezclas elaboradas con cemento Yura tipo IP es 0,05% del peso del cemento. En el caso de concretos con cemento tipo I -Wari se ha llegado a una dosificación óptima de 0,10%, sin embargo, esta alternativa resulta antieconómica. Los Nanotubos de Carbono reducen la trabajabilidad del concreto proporcionalmente al porcentaje de adición debido a su gran superficie específica la cual absorbe gran cantidad de agua. La resistencia a compresión mejora levemente por la adición de NTC en comparación con la muestra patrón y los nanotubos favorecen la resistencia a la tracción de las mezclas de concreto.

Finalmente el aporte de la tesis mencionada se pudo resaltar el efecto de los nanotubos de carbono, de cómo este material aporta propiedades mecánicas al concreto, este antecedente nos sirve para aplicarlo a nuestra investigación y así determinar de qué manera los nanomateriales, mejora las propiedades fisico-mecánicas del mortero a desarrollar.

Antecedente Nacional N°3

Baca (2019), en su tesis titulada “Estudio comparativo de las propiedades fisico-mecánicas del mortero de cemento Portland tipo IP elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi - cusco”. Desarrollada en la ciudad de Cusco (Perú), para optar al título de ingeniero civil. Cuyo objetivo principal fue el estudio de las propiedades fisico – mecánicas del mortero, reemplazando el cemento con residuo de mármol en porcentajes de 10, 15 y 20 %, el análisis del tema permitirá determinar si los residuos de mármol son una opción para mejorar las propiedades del mortero, y si esta brindara una alternativa de material de construcción donde se requiera un mortero más resistente y duradero.

En base a los resultados, se concluyó que: Para la adherencia por flexión al 15 % de sustitución de residuos de mármol se evidencia un aumento de la resistencia con respecto al mortero patrón en un 7.05 %, además, en el ensayo de resistencia a la compresión, a partir del 20 % de sustitución con residuos de mármol empieza a descender.



Finalmente el aporte de la tesis mencionada sirvió para tener un mayor alcance respecto a los ensayos de fluidez, ensayo de adherencia, ensayos de resistencia a la compresión y flexión del mortero, además se tuvo como referencia para el diseño de mezcla del mortero patrón.

2.1.2 Antecedente a Nivel Internacional

Navarro y Horacio (2017), en su tesis titulada “Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono”. Desarrollada en la Universidad distrital Francisco Jose de Caldas de la ciudad de Bogotá (Colombia), cuyo trabajo tiene como objetivo el uso de nanotubos de carbono en la matriz de concreto para mejorar sus propiedades físicas como lo es su resistencia a la compresión, la incorporación de nanotubos de carbono a la mezcla de concreto y los efectos que este tenga. Para lo cual se harán 9 muestras de las cuales se tendrá 3 muestras de referencias, 3 más con un 0.5% de nanotubos con respecto al volumen de cemento y otras 3 con 0.3% de nanotubos.

En base a los resultados, se concluyó que: La inclusión del material “nanotubos de carbono” en la mezcla de concreto, si aumento su resistencia a la compresión, 11.7% de mejoramiento con una proporción del 0.3% de nanotubos con respecto a la masa total de cemento del diseño de mezclas propuesto, un 10.2% aumento de resistencia al 0.5% de nanotubos, comparando los resultados con muestras patrón llamada Referencia (REF), el aumento de la resistencia a la compresión con 0.3% y menor resultado con 0.5%, no es significativa.

La adición de nanotubos de carbono de manera directa en la mezcla de concreto género que este perdiera manejabilidad al momento de hacer el vaciado en los cilindros de prueba, este efecto se puede explicar por el área de contacto que poseen estos nanotubos de 165 m²/g, esto causa que las moléculas de agua tengan que hidratar una superficie mayor en la mezcla de concreto.

Finalmente Esta tesis tuvo como aporte bases teóricas respecto a los nanotubos de carbono, también nos dio a conocer que hay que tener en consideración el “porcentaje de nanotubos de carbono” que vamos añadirle a nuestra mezcla, porque a mayor porcentaje, se puede perder la trabajabilidad de la mezcla y por lo tanto necesitar suministrarle más agua de lo que requiere.



2.2 Bases teóricas

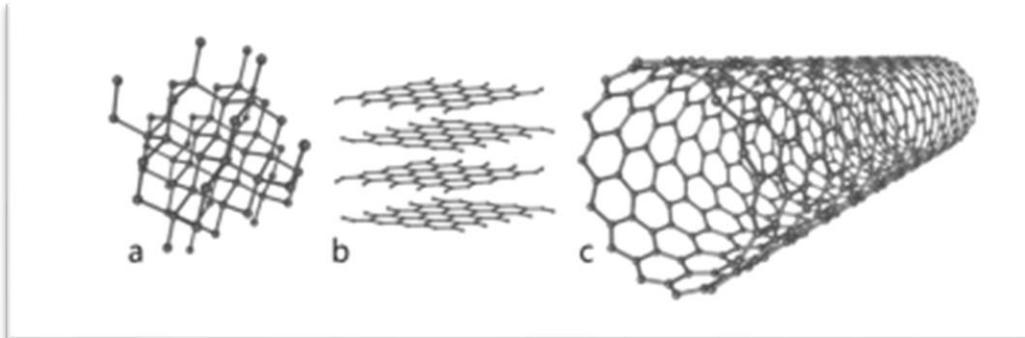
2.2.1 Nanotubos de Carbono

Definición:

Los nanotubos de carbono (del inglés Carbon Nanotube o CNT) son alótropos de este mismo elemento con una nanoestructura cilíndrica, la alotropía es la propiedad que poseen algunos elementos químicos de presentarse bajo estructuras químicas diferentes, citando el ejemplo del carbono algunos alótropos del mismo son grafito, diamante, grafeno y fullereno. (Orellana Calle, 2012, p. 2)

Figura 4

Algunos alótropos del carbono-Diamante b) Grafito c) Nanotubo de Carbono



Nota. Adaptado de *Estado del arte: Nanotubos de carbono* (p. 2), por Orellana Calle, 2012.

Según Perez Corimayta (2010):

Los nanotubos de carbono son las fibras más fuertes que se conocen ya que, un solo nanotubo perfecto es de 10 a 100 veces más fuertes que el acero por peso de unidad y con 1/6 de su peso, también poseen propiedades eléctricas muy interesantes, conduciendo la corriente eléctrica cientos de veces más eficazmente que los tradicionales cables de cobre. (p. 1)

Historia y cronología:

El estudio de los nanotubos de carbono comienza con el descubrimiento de los Fullerenos por Kroto, Smalley y Curl. Dicho descubrimiento abrió el camino de nuevas investigaciones en el campo de la ciencia y tecnología del carbono, estudios que rápidamente centraron su atención en la peculiar geometría de los Fullerenos y en posibles moléculas de geometrías similares. Smalley y su grupo de investigación en Rice University, fueron los primeros en especular que una geometría tubular podría ser



concebida como un caso límite del Fullerenos, especulación que por primera vez fue comprobada por Iijima cuando reportó la observación mediante HRTEM (Microscopía Electrónica de Transmisión de Alta Resolución) de filamentos de carbono con varias capas coaxiales a los cuales denominó nanotubos de carbono de múltiples capas (MWNTs). (Gomez Baquero, 2007, p. 1)

“los nanotubos de carbono fueron descubiertos en 1991 por Sumio Iijima, cuando este estaba efectuando investigaciones sobre los buckyballs (pelotas de Bucky), que son; a su vez esferas de carbón puro descubiertas por Harry Kroto, Bob Curl y Rick Smalley (Premios Nobel en 1985)”. (Perez Corimayta, 2010, p. 1)

Cronología:

- 1952 primera evidencia de la existencia de nanotubos de carbono.
- 1991 descubrimiento oficial por Iijima (MWCNT).
- 1993 descubrimiento del primer nanotubo monocapa (SWCNT).
- 1991-2000 Producto de interés principalmente académico.
- 2000-2005 Se investiga su uso industrial.
- 2005-2010 Desarrollo de aplicaciones industriales.
- 2010 gran desarrollo de aplicaciones integradas a productos.

1.1.1.3 Tipos de nanotubos de carbono.

Los nanotubos de acuerdo a su estructura se dividen en dos tipos: los nanotubos de pared única (Simple) y nanotubos de carbono de pared múltiple.

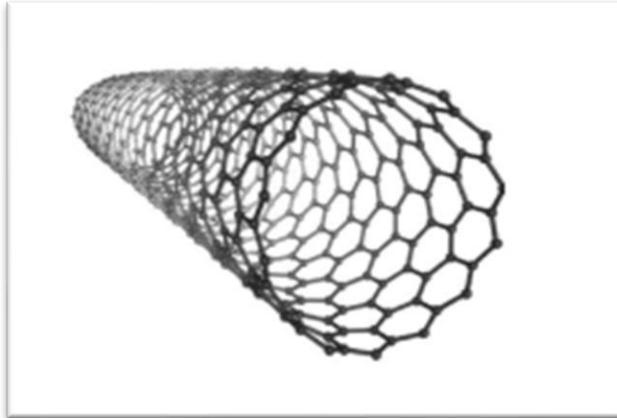
A. Nanotubo de pared única o simple (SWCNT)

Un nanotubo de carbono de pared única (del inglés Single Walled Carbon Nanotube o SWCNT), consiste de un cilindro hueco que resulta al enrollarse una lámina de átomos de carbono (grafeno) sobre sí misma, su diámetro varía entre 1.4-2nm con longitudes de hasta 100micras. (Saenz Galindo et al., 2017, p. 2)



Figura5

Estructura de pared única o simple (SWCNT)



Nota. Adaptado de *Aplicaciones de nanotubos de carbono* (p. 2), por Sáenz Galindo, 2017.

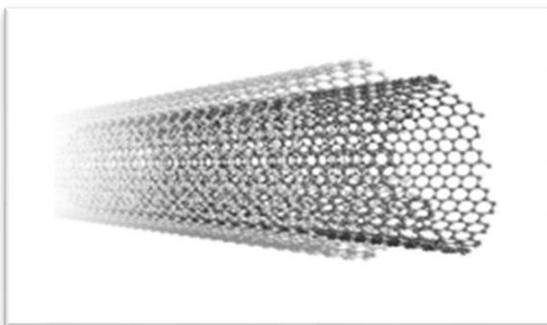
B. Nanotubos de pared múltiple (MWNT)

Los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWNT) no son más que un conjunto de nanotubos de pared única, consiste en capas de láminas de grafito enrolladas concéntricamente con un espacio entre ellas de 0.36nm, con un diámetro externo de 10 a 50 nm. (Saenz Galindo et al., 2017, p. 2)

Según Orellana Calle (2012) “estos fueron los primeros tipos de nanotubos que fueron descritos en 1991 por Sumio Iijima, como pequeños tubos con una estructura una forma parecida a la de una aguja”. (p. 4)

Figura6

Estructura de nanotubo de pared múltiple (MWNT)



Nota. Adaptado de *Aplicaciones de nanotubos de carbono* (p. 2), por Sáenz Galindo, 2017.



1.1.1.4 Propiedades de los nanotubos de carbono.

A. Propiedades electrónicas

Los nanotubos se caracterizan por su gran complejidad electrónica, ya que estos pueden comportarse como semiconductores o superconductores, esta propiedad está definida su grado de enrollamiento, su diámetro o el número de capas que la componen. Por ejemplo, hay nanotubos rectos cuyas disposiciones hexagonales son siempre paralelas al eje. Esta distribución, que dependerá también del diámetro, hace que dos tercios de los nanotubos no quirales sean conductores y el resto semiconductores. Por otra parte, y esto es algo impresionante, son capaces de transportar corriente eléctrica en cantidades aproximadas de mil millones de A/cm² (Amperes por centímetro cuadrado). (Perez Corimayta, 2010, p. 3)

B. Propiedades mecánicas

Según Perez Corimayta (2010):

Detalla que los nanotubos son 10 veces más resistentes que el acero, y 6 veces más ligeros, estos valores podrían variar ya que se trata de un material poco conocido. Diversos estudios han tratado de medir las propiedades mecánicas y la tensión máxima soportada por un nanotubo, con resultados heterogéneos, si bien se podría asumir a modo orientativo que la tensión máxima podría rondar los 150 GPa. Este dato implica que un cable de 1 cm² de grosor formado por nanotubos podría aguantar un peso de unas 1.500 toneladas. Por comparación, un cable equivalente del mejor acero conocido puede soportar 20 toneladas, ya que, aunque se rompiese un nanotubo, como se comportan como unidades independientes, la fractura no se propagaría a los otros colindantes. (p. 4)

C. Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas también son sorprendentes, ya que los nanotubos tienen una conductividad térmica de 6000 W/mK (W=Vatios, mK=mili kelvin). Además, son muy estables térmicamente, ya que son estables



a temperaturas cercanas a los 2800 C° en el vacío, y de 750°C en el aire. (Perez Corimayta, 2010, p. 4)

D. Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas de los nanotubos de carbono son mayoritariamente determinadas mediante la Espectroscopia Raman, en donde la dispersión de una luz monocromática concentrada sobre un punto del material, generalmente la de un láser en el espectro visible, provoca que la energía de los fotones experimente un desplazamiento hacia arriba o hacia abajo, este desplazamiento de energía permite estudiar las características del material, cuando existe una excitación proveniente de una fuente de luz. Los nanotubos presentan el fenómeno de la luminiscencia, con lo que pueden ser utilizados como fuentes de luz microscópicas para crear, por ejemplo, optomemorias de muy pequeño tamaño, pero debido a la baja eficiencia de los nanotubos de carbono puros, este sistema es comercialmente inviable. (Orellana Calle, 2012, p. 5)

1.1.1.5 Métodos de obtención

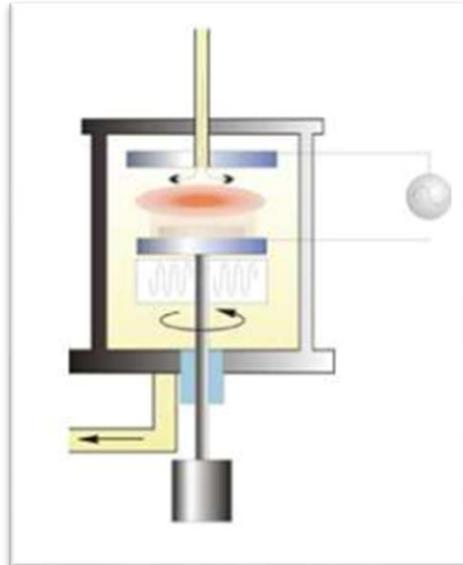
A continuación, se verán diferentes técnicas que son utilizadas comúnmente para obtener los nanotubos de carbono.

A. Descargas por arco eléctrico

Los primeros nanotubos descubiertos en 1991, fueron exactamente creados por este método. Esta técnica consiste en producir una descarga eléctrica entre dos electrodos de grafito, mediante este método se consigue que parte de los electrodos se evaporen formando aproximadamente un 60 % de nanopartículas y un 40 % de nanotubos de carbono. Este método típicamente produce nanotubos de carbono de pared múltiple, para obtener nanotubos de pared única con este método generalmente se realiza el dopado del grafito con Cobalto o Níquel. La temperatura que se alcanza al momento de la evaporación del grafito está entre los 3000 y 4000 C°. Esta técnica es excelente para producir nanotubos de pared única o múltiple de una excelente calidad, para la purificación del producto se calientan los nanotubos de manera que las impurezas se oxidan y se desprenden de los mismos. (Orellana Calle, 2012, p. 6)

Figura 7

Esquema de reactor de descarga eléctrica



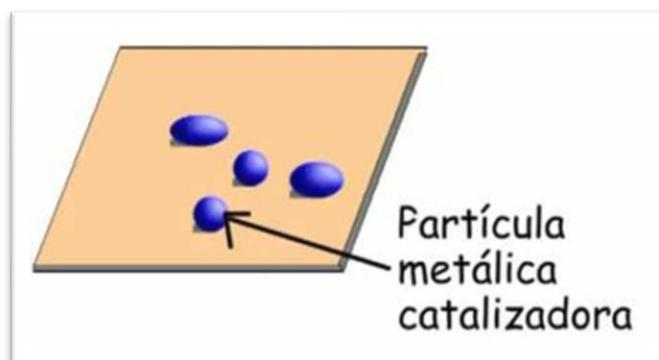
Nota. Adaptado de *Nanotubos de carbono* (p. 2), por Perez Corimayta, 2010, Revista de información tecnología y sociedad.

B. Deposición química en fase vapor

“En este caso el material de inicio no es grafito si no un gas hecho a base de carbono (un hidrocarburo), también se necesita un metal que forma diminutas partículas que actúan como catalizador, que son como semillas para el crecimiento de nanotubos”. (Perez Corimayta, 2010, p. 2)

Figura 8

Partículas metálicas catalizadas

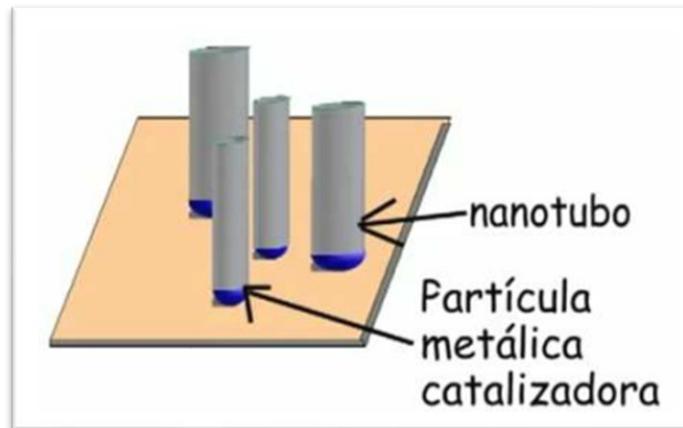


Nota. Adaptado de *Nanotubos de carbono* (p. 2), por Perez Corimayta, 2010, Revista de información tecnología y sociedad.



Figura9

Formación de nanotubos



Nota. Adaptado de *Nanotubos de carbono* (p. 2), por Perez Corimayta, 2010, Revista de información tecnología y sociedad

Se toma un tubo limpio en donde se introduce una base limpia, y se pasa un gas no reactivo por la solución caliente de hidrocarburo, luego la mezcla pasa a través de un horno donde la temperatura puede ser de 300 C° a 1100 C°. El procedimiento puede durar minutos o hasta horas para conseguir nanotubos más largos. Este método es probablemente el método más viable para producir nanotubos para el uso industrial. (Perez Corimayta, 2010, p. 2)

C. Ablación por láser

El método de ablación por láser utiliza la luz de un láser pulsante, para vaporizar el grafito, el cual es mezclado con una pequeña parte de cobalto y/o níquel, esto último con el fin de obtener nanotubos de pared única. Para esta técnica el material es introducido en una cámara precalentada a aproximadamente 1200 C°, después se empiezan a dar los pulsos con el láser y a la vez se hace circular un gas que recoge los nanotubos producidos para depositarlos en otra cámara fría, esta técnica fue demostrada por un grupo de trabajo en 1996. A través de esta técnica las condiciones de síntesis son controladas y mantenidas durante un largo periodo de tiempo permitiendo una vaporización más uniforme de los tubos y en consecuencia una mejor calidad. (Orellana Calle, 2012, p. 6)



D. Electrólisis

Es otra técnica también poco usada, y es parecida al arco de descarga porque también usa dos electrodos de grafito, pero en este caso los electrodos están sumergidos en una sal iónica. Con Electrolisis se produce normalmente nanotubos de múltiples paredes, de 10 a 15, y casi siempre están unidos como en un ramillete. (Perez Corimayta, 2010, p. 3)

1.1.1.6 Aplicaciones de los nanotubos de carbono

Los nanotubos presentan múltiples aplicaciones en diferentes áreas, debido a sus características que poseen, a continuación, se nombrara alguna de ellas:

A. Materiales con propiedades de resistencia

“Para mejorar sus propiedades mecánicas ya que estos poseen una capacidad de resistencia elástica y resistencia a la tracción, pueden ser empleados en diferentes tipos de blindajes, donde se destacan el blindaje electromagnético, acústico y contra impacto”. (Saenz Galindo et al., 2017, p. 5)

B. Micro dispositivos de emisión de campo eléctrico

Debido a las propiedades de poder ser metales o semiconductores, los nanotubos han sido utilizados como pequeños dispositivos de emisión de campo eléctrico, mediante los cuales se han logrado crear transistores sumamente pequeños. Esto ha posibilitado el desarrollo de pequeñas pantallas con los nanotubos como medio de emisión de los electrones necesarios para activar diodos emisores de luz y producir así la imagen. (Orellana Calle, 2012, p. 8)

C. Bioquímica y biosensores

Las propiedades electrónicas y estructurales de los nanotubos de carbono los hacen muy atractivos para aplicaciones bioelectromecánicas, es más algunos electrones han demostrados ser capaces de mejorar la síntesis de enzimas y otras proteínas, sin embargo, esto todavía es una cierta muy experimental debido a que los nanotubos al adherirse completamente a la solución en la que son diluidos dificultan la comunicación de las enzimas. (Orellana Calle, 2012, p. 8)



D. Electrónica

En electrónica los nanotubos debido a su punta afilada son buenos emisores de electrones y por eso se están diseñando nuevas pantallas planas a base de nanotubos. También serían el cable molecular ideal para ordenadores con una resistencia mucho más baja que la presente tecnología, menos probabilidades de que se rompan y también ultra eficientes en dispersar el calor generado por el chip. (Perez Corimayta, 2010, p. 4)

2.2.2 El Mortero

Definición

Según Sanchez de Guzman (2001):

El mortero se define como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/o otros cementantes), un material de relleno (agregado fino), agua y en ocasiones aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para unir piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos. (p. 303)

El mortero tiene una amplia gama de aplicaciones, puede ser empleado para nivelar pisos, proteger taludes, recubrir elementos estructurales, pero el mayor consumo está en la construcción de mampostería. La principal función del mortero es proporcionar para siempre apoyo y adherencia a las unidades de mampostería, lo cual se logra si dentro del ensamblaje actúa como elemento integral, con unas características de comportamiento deseadas. Además de influir en las propiedades estructurales de la mampostería, el mortero tiene por objeto reducir la permeabilidad.(Asocreto, 2010, pág.147).

Tipos de morteros:

Atendiendo a su endurecimiento se pueden distinguir dos tipos de morteros: Los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 115)



Tabla 1

Clasificación de mortero de pega

Tipo de Mortero	Resistencia a la compresión			Cemento Portland	Cemento de Albañilería	Cal	Agregado fino suelto
	(Mpa)	(kg/cm ²)	P.S.I.				
M	17.2	175	2500	1	1	0.25	
S	12.4	126	1800	0.5	1	0.25 a 0.50	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado.
N	5.2	53	750	1	1	0.50 a 1.25	
O	2.4	25	350	1	1	1.25 a 2.50	
K	0.5	5	75	1	1	2.50 a 4.00	

Nota. El mortero en estudio será del tipo M. Fuente: Gutiérrez de López (2003).

El mortero en estudio es del tipo “M”, este es una mezcla de alta resistencia que llega alcanzar una resistencia a la compresión promedio de(175 = kg/cm² a los 28 días), ofrece más durabilidad que otros morteros y es recomendable para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes y temblores (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 116).

A. Mortero tipo M

Es una mezcla de alta resistencia que ofrece mayor durabilidad que otros tipos de mortero. Al ser de durabilidad superior, los morteros tipo M pueden ser usados en estructuras enterradas, que estén en contacto con suelos, tales como fundaciones, muros de contención y alcantarillas. (Asocreto, 2010, p. 149)

B. Mortero de cemento

Si se requiere una resistencia o resistencia inicial alta, se puede usar cemento natural o cemento portland como aglomerante después de que el mortero haya fraguado. Sus condiciones de trabajabilidad varían en función de la relación cemento: arena usada. La confección de este mortero, que es hidráulico, ha de efectuarse de un modo continuo, organizando un abastecimiento con arreglo al consumo de cada momento, de manera tal que entre la mezcla y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a lo



rápido del fraguado del cemento. Por eso se acostumbra a mezclar en obra, primero el cemento y el agregado fino y luego se le añade el agua. (Sanchez de Guzman, 2001, p. 306)

En el mortero de cemento al igual que en el hormigón, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad. En algunos casos se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 117)

Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante. Por otro lado, si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente, pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 117)

Tabla 2

Usos de los morteros de cemento

Mortero	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones, Rellenos.
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos.
1:3	Impermeabilizaciones menores, Pisos.
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines, pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores, pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general, pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes exteriores, pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general, pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto, estabilizaciones de taludes en cimentaciones.

Nota. Guía complementaria referencial del uso del mortero y sus proporciones según dosificación. Fuente: Gutierrez de Lopez (2003).



- Los morteros 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia.
- Los morteros 1:4 a 1:6 se deben hacer con arena limpia o semilavada.
- Para los morteros 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tienen muy poca resistencia.

Usos del mortero:

Según Gutierrez de Lopez (2003) “los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros”. (p. 119)

A. Mortero de pega

“Debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión”. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 119)

B. Mortero de relleno

“Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia”. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 119)

C. Mortero de recubrimiento

“Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante”. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 119)

Componentes del mortero:

El mortero por lo general es una mezcla homogénea constituido por los siguientes componentes:

- Un material aglomerante (cemento).



- Agregado fino o arena.
- Agua y en algunas ocasiones aditivos.
- Cemento.

Según Asocreto (2010) “el cemento es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto”. (p. 147)

Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. (Rivera L., 2013, p. 18)

2.2.3 *Cemento portland*

Producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (Rivera L., 2013, p. 18)

A. **Compuestos químicos del cemento portland**

Según Abanto Catillo (1996) “el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento son”. (p. 16)

Tabla 3

Compuestos principales del cemento portland

Nombre del Compuesto	Formula	Abreviatura
Silicato dicálcico	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Silicato tricálcico	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Aluminato tricálcico	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Aluminoferrito tetracalcico	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

Nota. Adaptado de Concreto simple. Fuente: (Rivera L., 2013, p. 23).



Según Abanto Castillo (1996) “cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación”. (p. 16)

B. Cemento Portland IP

“Es un cemento hidráulico en el cual la puzolana constituyente está presente entre el 20 % y 40 % en masa, de la masa total del cemento adicionado”. (NTP 334.090, 2013, p. 11)

A los cementos con adición de puzolanas se les llama cementos portland puzolánicos. Las puzolanas al igual que las escorias son resistentes a los sulfatos y desprenden bajo calor de hidratación; la reacción de hidratación es lenta. Tanto las puzolanas como las escorias contienen sílice en forma reactiva; estos materiales finamente divididos y en presencia de agua reaccionan con el hidróxido de calcio desprendido en la hidratación del cemento, formando compuestos con propiedades cementantes de características similares al cemento portland. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 45)

2.2.4 Agua

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables. (Rivera L., 2013, p. 77)

Según Asocreto (2010):



Es un ingrediente fundamental en la elaboración de concreto y mortero debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que para usarla en el lavado de agregados (áridos), en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física. (p. 47)

A. Agua de mezcla

Según Pasquel Carbajal (1998) el agua de mezcla en concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. (p. 59)

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto o mortero es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta. (Pasquel Carbajal, 1998, p. 59)

B. Requisitos que debe cumplir

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma (NTP 339.088), y ser de preferencia potable.

Está prohibido el empleo de guas acidas, minerales, carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o derivados. Igualmente, está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali agregado es posible. (Rivva Lopez, 2014, p. 26)



Podrá utilizarse aguas naturales no potables, previa autorización únicamente si:

Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto o mortero. Ello debido a que no solo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto; sino que, pueden originar eflorescencia. (Rivva Lopez, 2014, p. 26)

La calidad del agua, determinada mediante análisis de laboratorio, cumple con los valores que a continuación se indican:

Tabla4

Tolerancia de impurezas en el agua de mezcla

Sustancias Disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
PH	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Nota. El agua a utilizar debe de estar libre de material contaminante. Fuente: (Rivva Lopez, 2014, p. 26).

“También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable”. (Abanto Castillo, 1996, p. 22)

2.2.5 Agregado fino

Según NTP 400.037 (2014) “es el agregado fino proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg.) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N° 200)”. (p. 6)

Los morteros o los concretos hidráulicos están constituidos en un alto porcentaje por agregados (50-80% en volumen), por lo tanto, éstos no son menos importantes que la pasta del cemento endurecida, el agua libre, el aire incorporado, el aire naturalmente atrapado, o los aditivos; por el contrario, gran parte de las características de las mezclas



de mortero o de concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener morteros o concretos de buena calidad y económicos. (Rivera L., 2013, p. 41)

Requisitos del agregado fino

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas, sus partículas serán limpias, de perfil de preferentemente angular, duros, compactos y resistentes. El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas. (Rivva Lopez, 2014, p. 22)

A. Granulometría del agregado fino

La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard, dispuestos de mayor a menor. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 18)

- El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la norma, según la RNE E-070 (2006):
- La granulometría seleccionada, deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100), de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 50% en dos tamices consecutivos cualesquiera.



Tabla 5

Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (Nº 4)	95 - 100
2,36 mm (Nº 8)	80 - 100
1,18 mm (Nº 16)	50 - 85
600 µm (Nº 30)	25 - 60
300 µm (Nº 50)	5 - 30
150 µm (Nº100)	0 - 10

Nota. Se aprecia el tamaño del tamiz que se debe de utilizar para la granulometría.
Fuente: (NTP 400.037, 2014, p. 8).

- Su módulo de fineza no será menor de 1,6 ni mayor de 2,5.
- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones específicas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida a satisfacción de las partes.
- “En una cantera determinada el módulo de fineza base no debe variar en más de 0,20, siendo este el valor típico de la cantera. La aprobación de un cambio en el módulo de fineza deberá ser a satisfacción de las partes” (NTP 400.037, 2014, p. 8).

Equipos y materiales:

Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g o 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001. **Agitador mecánico de tamices:** Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. **Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo (NTP 400.012, 2013, p. 12).



Procedimiento:

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayados, agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación (NTP 400.012, 2013, p. 14).

B. Módulo de fineza

Según Rivera L. (2013) “el módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material” (p. 60).

Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1 (NTP 400.012, 2013, p. 19).

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado hasta la malla N}^{\circ} 100}{100}$$

C. Peso específico y absorción del agregado fino

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad conforme al sistema internacional de unidades, adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso



y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. (NTP 400.022, 2018, p. 5)

“La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) se refieren al material sólido que componen las partículas constituyentes, no incluyendo el espacio de los vacíos de poros dentro de las partículas que sea accesible al agua” (NTP 400.022, 2018, p. 5).

Equipo y Materiales:

Balanza: Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0,1 g o menos, y una precisión de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. **Picnómetro (para usarse con el procedimiento gravimétrico):** Un matraz aforado de 500 cm³ de capacidad o un frasco de vidrio, equipado con una tapa de picnómetro es satisfactorio para una muestra de 500 g de la mayoría de los áridos finos. **Molde cónico:** Metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm ± 3 mm de altura. **Barra compactadora:** Metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro (NTP 400.022, 2018, p. 8).

Resumen del método de ensayo:

Una muestra de agregado es retirada en agua por 24 h ± 4 h para esencialmente llenar los poros. Luego es retirada del agua, el agua superficial de las partículas es secada y se determina la masa. Posteriormente, la muestra (o una parte de ella) se coloca en un recipiente graduado y el volumen de la muestra se determina por el método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, la muestra es secada en horno y la masa se determina de nuevo. Usando los valores de la masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción (NTP 400.022, 2018, p. 8).



Tabla6

Ecuaciones para el cálculo de densidad

Descripción	Ecuación	Unidad
Densidad relativa (Gravedad específica) (OD)	$\frac{A}{(B + C - S)}$	gr/cm ³
Densidad relativa (Gravedad específica) (SSD)	$\frac{S}{(B + S - C)}$	gr/cm ³
Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) (OD)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	gr/cm ³

Nota. Fuente: (NTP 400.022, 2018)

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno (gr).

B: Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (gr).

C: Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr).

S: Masa de la muestra de saturado superficialmente seca (gr).

OD: Seca al horno.

SSD: Saturada superficialmente seca.



D. Absorción

“La absorción es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca” (NTP 400.022, 2018, p. 8).

Tabla7

Ecuación para el cálculo de absorción

Descripción	Ecuación	Unidad
Absorción (%)	$\frac{(S-A)}{A} * 100$	%

Nota. Fuente: (NTP 400.022, 2018)

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno, (gr).

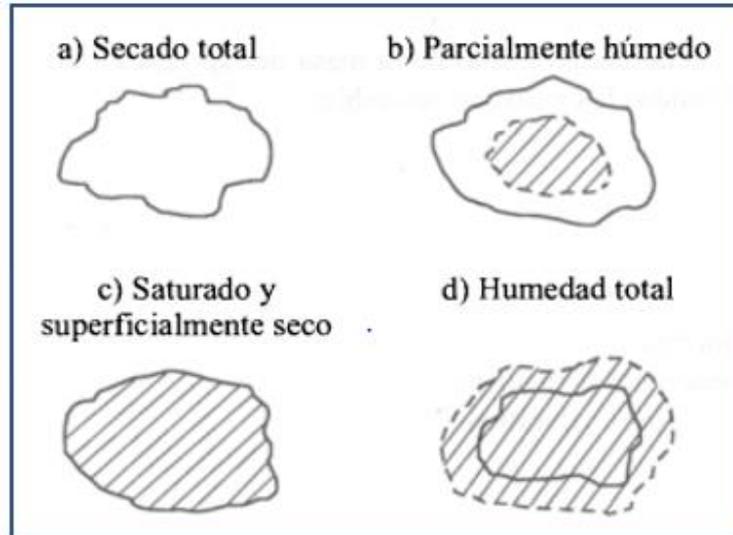
S: Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, (gr).

E. Contenido de humedad

Los agregados en obra pueden encontrarse en cuanto a humedad se refiere, en 4 condiciones: 1° totalmente secos, 2° parcialmente húmedos (algo de humedad, pero menos que la necesaria para saturarse), 3° saturados pero superficialmente secos (condición ideal en que los agregados ni añaden ni quitan agua a la mezcla), 4° húmedos o mojados (conteniendo entre sus partículas más agua que la necesaria para saturarse) (Abanto Castillo, 1996, p. 38).

Figura 10

Estados de saturación del agregado



Nota. El agregado puede encontrarse en estados diferentes de saturación. Fuente: (Gutiérrez de López, 2003, p. 22)

Procedimiento:

Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %, secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas, la muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa. Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza (NTP 339.185, 2013, p. 5).

Para el cálculo del contenido de humedad se efectúa de la siguiente manera, utilizando la siguiente fórmula:



Tabla8

Ecuación para el cálculo de contenido de humedad

Descripción	ecuación	Unidad
Porcentaje de contenido de humedad (%)	$P = \frac{(W-D)}{D} * 100$	%

Nota. Fuente: (NTP 339.185, 2013)

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje (%).

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr).

D: Masa de la muestra seca en gramos (gr).

F. Peso unitario

Se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. Es decir, el material dentro del recipiente sufre un acomodo de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende naturalmente de la granulometría, tamaño, forma y textura del agregado. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 23)

El peso unitario puede determinarse compactada o suelta; la masa unitaria compactada se emplea en algunos métodos de dosificación de mezclas y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente. (Rivera L., 2013, p. 66)

Procedimiento

Para peso compactado:

Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente



distribuido sobre la superficie. Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente. Finalmente, llenar el recipiente a sobre volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente. Luego determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud. (NTP 400.017, 2011, p. 9)

Para peso suelto:

Llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo. Tener cuidado a fin de prevenir, como sea posible, la segregación del tamaño de partículas que constituyen la muestra. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente. Luego Determinar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud. (NTP 400.017, 2011, p. 10)

Para el cálculo del Peso Unitario se efectuará de la siguiente manera, utilizando la siguiente formula:

Tabla 9

Ecuación para el cálculo de peso unitario

Descripción	Ecuación	Unidad
Peso unitario del agregado.	$M = \frac{(G-T)}{V}$	kg/m ³

Nota. Fuente: (NTP 400.017, 2011).



Donde:

M: “Peso Unitario del agregado” (kg/m³).

G: “Peso del recipiente más el agregado” (kg).

T: “Peso del recipiente” (kg).

V: “Volumen del recipiente” (m³).

2.2.6 Propiedades del mortero

A. Fluidez del mortero

La trabajabilidad o manejabilidad es una propiedad del mortero en estado plástico, esta es una medida de la facilidad de manipulación de la mezcla, es decir, de la facilidad para dejarse manejar. La manejabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal que como se encuentra en estado plástico; depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena. Para medir la manejabilidad del mortero se usa el ensayo de fluidez. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 118)

Para la determinación de la fluidez se realizará según la norma NTP 334.057 (2016) que nos indica lo siguiente:

Determinación de la fluidez:

Limpiar y secar la plataforma de la mesa de flujo, colocar el molde de fluidez al centro. Colocar una capa de mortero de aproximadamente 25 mm (1 pulg) de espesor en el molde y compactar 20 veces con el pisón. La presión de compactación será justo la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Llenar el molde con una segunda capa de mortero y compactar conforme lo indicado en la primera capa. Retirar el exceso de mortero con un corte en una superficie plana y enrasarlo a nivel del borde superior del molde con la regla o la espátula y con un movimiento de aserrado en el borde del molde. Limpiar y secar la mesa de flujos, teniendo especial cuidado de retirar cualquier residuo de mortero y agua que esté alrededor de la base del molde. Después de un minuto de terminada la operación de mezclado, quitar el molde por medio de un movimiento vertical y de inmediato dejar caer la mesa desde una altura de 12,7



mm \pm 0,13 mm ($\frac{1}{2}$ pulg \pm 0,005 pulg) 25 veces en 15 s. (NTP 334.057, 2016, p. 4)

Tabla 10

Fluidez recomendada para morteros

%Fluidez (Mesa de Flujo)	Fluidez	Tipo de Estructura	Condiciones de colocación	Sistema de colocación
80-100	Dura (seca).	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica).	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda).	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Nota. La fluidez a utilizar será la que está entre 100-120 %. Fuente: (Rivera L., 2013)

Cálculo de la fluidez:

Tabla 11

Ecuación para el cálculo de fluidez

Descripción	Ecuación	Unidad
% fluidez	$\%fluidez = \frac{(D_p - D_o)}{D_o}$	%

Nota. Fuente: (NTP 334.057, 2016)



Donde:

%Fluidez: “Valor del flujo de la muestra” (%).

Dp: “Diámetro promedio de las mediciones a la muestra” (cm).

Do: “Diámetro inicial de la muestra, es el valor del diámetro inferior del molde” (cm).

B. Resistencia a la compresión

Es una medida para determinar la capacidad que tiene el mortero de soportar una fuerza impuesta. Como la resistencia a la compresión está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, es posible mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades. (Asocreto, 2010, p. 159)

Para la determinación de la resistencia a la compresión, se realizará según la norma (NTP 334.051, 2019) que nos indica lo siguiente:

Resumen del método de ensayo:

La resistencia a la compresión en morteros de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado, preparados con mortero consistente de 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena dosificados en masa. Los cementos Portland o cementos Portland con contenido de aire incorporado, son mezclados a una relación agua-cemento especificado. La cantidad de agua de amasado para otros cementos, deberá ser la que produzca una fluidez de $110\% \pm 5\%$ luego de 25 golpes en la mesa de flujo. Los especímenes cúbicos de 50mm de lado son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde e inmersos en agua de cal hasta su ensayo. (NTP 334.051, 2019, p. 4)

Numero de especímenes:

“Se elaborarán tres o más especímenes para cada edad de ensayo especificada”. (NTP 334.051, 2019, p. 8)



Determinación de la resistencia a compresión:

Ensayar los especímenes inmediatamente después de retirarlos de la cámara húmeda, en el caso de ensayarlos a 24 h de edad o del agua de almacenamiento, en el caso de todos los demás especímenes. Todos los especímenes para una edad de ensayo dada deben ser probados dentro de las tolerancias indicadas como sigue (NTP 334.051, 2019, p. 16).

Tabla12

Tolerancia de especímenes

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible, (hr)
24 h	± 1/2
3 días	± 1
7 días	± 3
28 días	± 12

Nota. Fuente: (NTP 334.051, 2019)

Tabla 13

Ecuación para el cálculo de la resistencia a la compresión

Descripción	Ecuación	Unidad
Resistencia a la compresión.	$Fm = \frac{P}{A}$	Mpa

Nota. Fuente: (NTP 334.051, 2019)

Donde:

Fm: Resistencia a la compresión en (MPa).

P: Carga máxima total en (N).

A: Área de la superficie de carga en (mm).



C. Resistencia a la flexión

Para la determinación de la resistencia a la flexión se realizará según la norma (NTP 334.120, 2016) que nos indica lo siguiente:

Resumen del método de ensayo:

El mortero de ensayo a utilizar consiste de 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena como proporción en masa. El contenido de agua de otros cementos será lo suficiente para obtener un flujo de $101\% \pm 5\%$ con 25 caídas de la mesa de flujo. Los prismas de ensayo de 40mm por 40mm por 160mm serán moldeados por apisonamiento en dos capas. Los prismas se curarán un día en los moldes y luego se desmoldarán hasta ensayarlos con carga en el centro (NTP 334.120, 2016, p. 3).

Numero de especímenes:

“Se elaborarán tres o más especímenes para cada edad de ensayo especificada”. (NTP 334.120, 2016, p. 6)

Determinación de la resistencia a la flexión:

Ensayar los especímenes inmediatamente después de su retiro de la cámara húmeda, en el caso de los especímenes de 24 horas y del agua del almacenaje en el caso del resto de los especímenes. Todos los especímenes de ensayo para una edad señalada serán rotos dentro de la tolerancia prescrita a continuación (NTP 334.120, 2016, p. 7).

Tabla 14

Tolerancia de especímenes

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible, (hr)
24 h	$\pm 1/2$
3 días	± 1
7 días	± 3
28 días	± 12

Nota. Fuente: (NTP 334.120, 2016)



Cálculo de la resistencia a la flexión:

“Registrar la carga máxima total indicada por la máquina de ensayo y calcular la resistencia a la flexión (para la medida particular del espécimen y las condiciones del ensayo descritas) en Mpa como se indica a continuación” (NTP 334.120, 2016, p. 9).

Tabla 15

Ecuación para el cálculo de la resistencia a la flexión

Descripción	Ecuación	Unidad
Resistencia a la flexión.	$R_f = 0.0028 * P$	Mpa

Nota. Fuente: (NTP 334.120, 2016)

Donde:

Rf: Resistencia a la flexión en (Mpa).

P: Carga máxima total en (N).

D. Ensayo de adherencia a cizalle

“La adherencia es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga”. (Gutierrez de Lopez, 2003, p. 120)

Según Asocreto (2010):

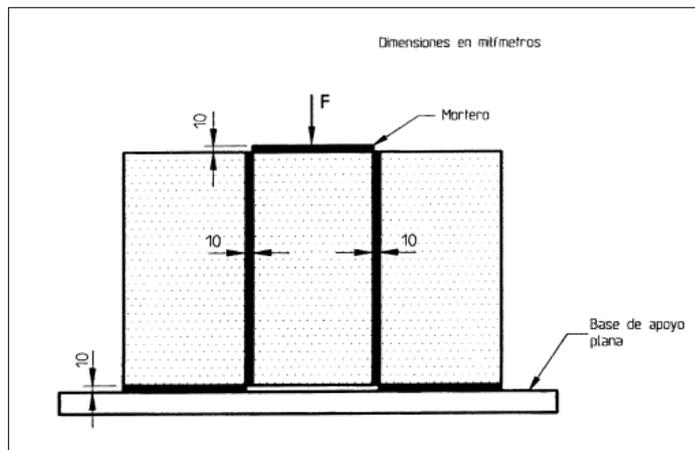
La resistencia a la adherencia es desarrollada entre la unidad de mampostería y el mortero, y en estado fresco el mortero debe ser capaz de fluir sobre la unidad y llenar todas las cavidades de la superficie. La unidad de mampostería debe tener muchas irregularidades superficiales, para proveer adecuada adherencia mecánica y suficiente absorción para "chupar" el mortero dentro de esa superficie. Esta propiedad se logra cuando el mortero entra en

contacto con el ladrillo y continúa aumentando con la hidratación del cemento, su calidad es importante, no solamente para que resista las cargas aplicadas, sino también para absorber los esfuerzos originados por cambios volumétricos y de temperatura. (p. 156)

“El ensayo de adherencia se realiza sometido a cizalle probetas formadas por tres ladrillos cerámicos pegados con un mortero normalizado” (Nch 167 , 2001, p. 4).

Figura 11

Adherencia a cizalle



Nota. El ensayo se realiza controlando la velocidad de aplicación de carga, la que no debe ser mayor de 1 Mpa por minuto. Fuente: (Nch 167 , 2001, p. 6).

Figura 12

Ecuación de adherencia a cizalle

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

en que:

- A = adherencia, en MPa;
- P = carga máxima, en N;
- S = área bruta total de las superficies de pega, en mm².

Nota. Adaptado de *Norma chilena oficial* (p. 6), por Nch 167 , 2001.



E. Unidad de albañilería

“Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo”. (RNE E-070, 2006, p. 3)

Clasificación:

Figura 13

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
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 ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Nota. Adaptado de la Norma de Albañilería E – 070 (p. 3), por RNE, 2006.

F. Diseño del mortero

Selección de la fluidez: El % de Fluidez debe determinarse de acuerdo a las especificaciones requeridas y para el tipo de estructura a utilizar.

Figura 14

Fluidez recomendada para morteros

% FLUIDEZ (MESA DE FLUJO)	CONSISTENCIA	TIPO DE ESTRUCTURA	CONDICIONES DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN
80-100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica)	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 199), por Rivera L., 2003, Universidad de Cauca.



Determinación de la resistencia de dosificación: “El mortero debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia promedio lo suficientemente alta”. (Rivera L., 2013, p. 202)

MORTERO TIPO	R'm (MPa)
M	17,5
S	12,5
N	7,5

$$1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Formula:

- $R'_{mm} = 1.35 \cdot R'_m$

Donde:

- **R'mm:** Resistencia a la compresión del mortero.

Selección de la relación agua/cemento: “La relación agua/cemento (A/C) requerida se debe determinar no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por factores de durabilidad, retracción, etc.”. (Rivera L., 2013, p. 203)

- Ecuación para límite superior (arena gruesa).

$$R_{C\text{Mortero } 28d} = \frac{666,57}{6,59^{\frac{A}{C}}}$$

- Ecuación para límite inferior (arena fina).

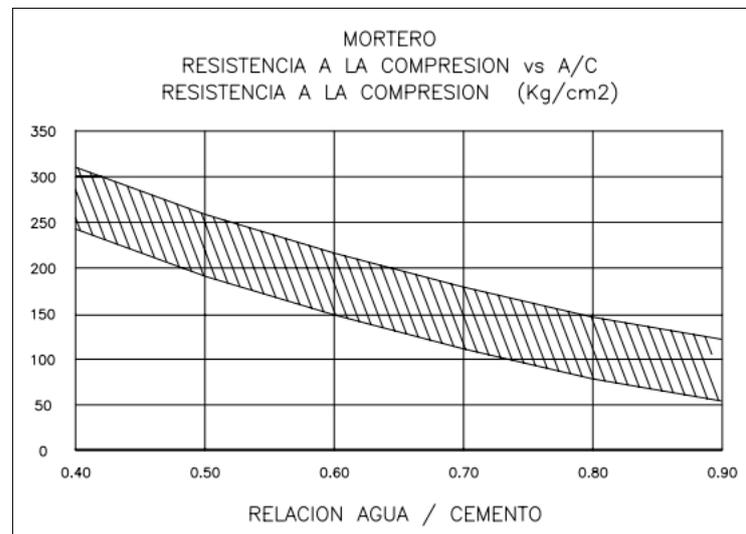
$$R_{C\text{Mortero } 28d} = \frac{851,12}{19,86^{\frac{A}{C}}}$$

- **RcMortero 28d:** Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días en kg/cm².

- **A/C:** Relación Agua – Cemento en masa.

Figura15

Resistencia a la compresión del mortero vs A/C

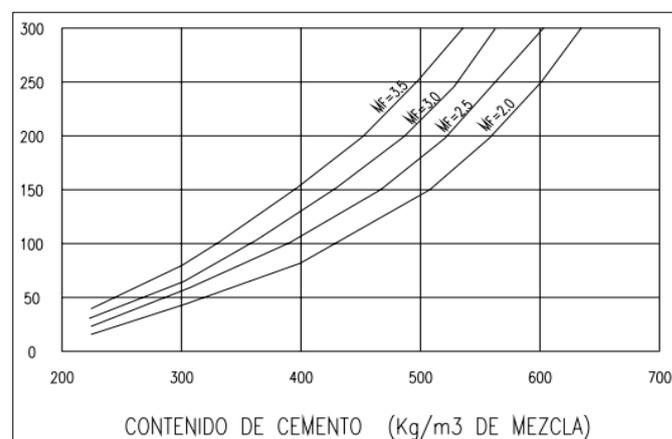


Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 200), por Rivera L., 2003, Universidad de Cauca.

Estimación del contenido del cemento: La cantidad de cemento en kg por m³ de mortero (C) para una primera mezcla de prueba.

Figura16

Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs. contenido de cemento



Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 201), por Rivera L., 2003, Universidad de Cauca.



Cálculo de la cantidad de agua.

- $A = \text{Cantidad de agua (kg/m}^3 \text{ de mortero)} = A = C*(A/C)$.
- Si se va emplear aditivo se debe consultar las recomendaciones del fabricante, si es del caso de reducir la cantidad de agua y cemento.
- $Ad. = \text{Cant. de aditivo} = (\text{kg/m}^3 \text{ de mortero}) = C*\% \text{escogido}$.

Cálculo de contenido de agregado.

- Volumen absoluto del agregado

$$V_f = 1000 - \frac{C}{G_c} - \frac{A}{G_A} - \frac{Ad}{G_{Ad}}$$

- **C:** Cantidad de cemento (kg).
- **A:** Cantidad de agua (kg).
- **Ad:** Cantidad de aditivo (kg).
- **G_c:** Densidad del cemento (kg/dm³).
- **G_A:** Densidad de agua(kg/dm³).
- **G_{ad}:** Densidad de aditivo (kg/dm³).
- Vol. Absoluto material = Masa material/densidad.
- Pf: Masa seca del agregado (kg/m³ mortero).
- **Pf = Vf*Gf**

Cálculo de las proporciones iniciales. “El método más práctico para expresar las proporciones de un mortero es indicarlo en forma de relación por masa de agua, cemento y agregado tomando como unidad el cemento”. (Rivera L., 2013, p. 205)

Las siguientes son las fórmulas para calcular las proporciones iniciales (en masa seca del agregado):

- a: c: f



- a/c: 1: f
- a/c: A/C
- f: Pf/C

2.3 Hipótesis

2.3.1 *Hipótesis General*

Las unidades de mortero añadidos con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% presentan mejores propiedades físico-mecánicas respecto al mortero patron.

2.3.2 *Hipótesis específicas*

H.E.1. La resistencia a la flexión se incrementará en un 10% al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, con respecto a un mortero patron.

H.E.2. La adherencia a cizalle se incrementará en un 5% al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, con respecto a un mortero patron.

H.E.3. El porcentaje óptimo de nanotubos de carbono es de 0.2% respecto al peso del cemento para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron.

H.E.4. La fluidez del mortero en porcentaje disminuirá al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto al mortero patron.

2.4 Definición de Variables

2.4.1 *Variable independiente (X1)*

Mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%): Es una mezcla de un material aglutinante (cemento), agregado fino, agua y nanotubos de carbono.

2.4.2 *Variable dependiente (Y1)*

Propiedades físico - mecánicas: Cualidades físico-mecánicas que posee un material y depende de factores externos e internos.



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables

Cuadro de Operacionalización de Variables					
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO A UN MORTERO PATRON- CUSCO 2022"					
Variable	Descripción de la variable	Dimensión	Indicadores	Porcentaje de adición	Instrumento
Variable Independiente					
X1: Mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%)	Es una mezcla de un material aglutinante (cemento), agregado fino, agua y nanotubos de carbono.	% de N.C.	Cantidad de Nanotubos de Carbono	0.2%, 0.4% y 0.6%	Ficha técnica del proveedor
Variable Dependiente					
Y1: Propiedades físico - mecánicas	Cualidades físico-mecánicas que posee un material y depende de factores externos e internos.	(Kg/cm ²)	Fuerza de adherencia		Norma chilena (Nch. 167)
		% - cm	Variación de porcentaje y diámetro (fluidez)		NTP 334.057
		(Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión		NTP 334.051
			Resistencia a la flexión		NTP 334.120



Capítulo III

Método

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 *Enfoque de la investigación*

El trabajo de tesis realizada, por su naturaleza de objeto de estudio, es de tipo cuantitativo, ya que realizaremos recolección de datos de muestra, a partir de las mediciones realizadas, los cuales serán analizados y se obtendrán resultados objetivos.

Según Hernández Sampieri et al. (2014):

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (p. 37)

3.1.2 *Nivel o alcance de la investigación*

El nivel de investigación de la presente investigación es Descriptivo-Correlacional.

Esta investigación empleó el nivel de tipo Descriptivo-Correlacional, los estudios correlacionales tienen por objeto medir el grado de relación significativa que existe entre dos o más variables, conocer el comportamiento de una variable dependiente a partir de la información de la variable independiente o causal. (Fernández & Sampieri, 2014, pág. 89).

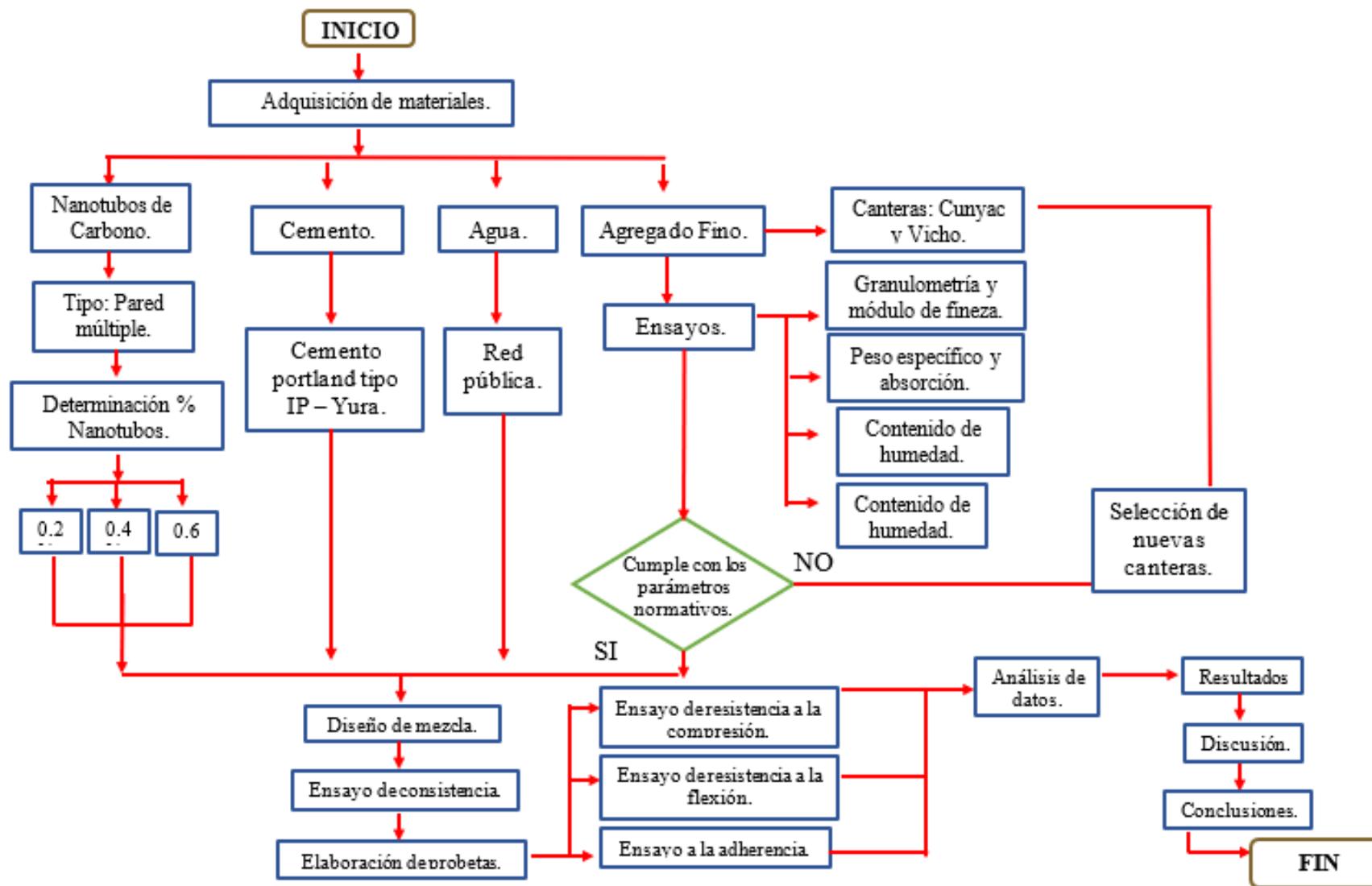
3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 *Diseño metodológico*

La presente investigación es de diseño Cuasi – Experimental, porque tenemos antecedentes y no es algo nuevo, estamos experimentando en base a una información existente. Manipulamos deliberadamente, al menos, una variable independiente por ejemplo el porcentaje de nanotubos de carbono para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.



3.2.2 *Diseño de ingeniería*





3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

Descripción de la población

“La población es la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia” (Bernal Torres, 2010, p.160)

En el presente trabajo de tesis, la población está conformada por probetas de mortero y pilas de albañilería, elaborados con agregados de las canteras de (Cunyac (80%) y Vicho (20%)), cemento Portland tipo IP, nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%) en relación del peso del cemento y agua potable.

Cuantificación de la población

La población es igual al número de la muestra investigada que es de 148 especímenes, realizadas en laboratorio.

Constituido por 64 unidades prismáticas rectangulares, se preparó probetas de (4cmx4cmx16cm) de lado, para el ensayo de resistencia a la flexión, elaborando 4 unidades para cada edad (7, 14, 21, 28 días) añadidos con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%).

Constituido por 64 unidades cubicas, se preparó probetas de (5cmx5cmx5cm) para el ensayo de resistencia a compresión, elaborando 4 unidades para cada edad (7, 14, 21, 28 días) añadidos con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%).

Para el ensayo de adherencia a cizalle, se elaboró pilas de albañilería de 3 unidades de ladrillo, para la edad de 28 días, haciendo un total de 20 pilas de albañilería.

Tabla16

Especímenes para ensayo de resistencia a la compresión

Edad de Ensayo (Días)	Mortero Patrón	Porcentaje de Nanotubos de Carbono		
		0.2 %	0.4 %	0.6 %
7 días	4	4	4	4
14 días	4	4	4	4
21 días	4	4	4	4
28 días	4	4	4	4
Total Tipo	16	16	16	16
Total Muestras		64		



Tabla17

Especímenes para ensayo de resistencia a la flexión

Edad de Ensayo (Días)	Mortero Patrón	Porcentaje de Nanotubos de Carbono		
		0.2 %	0.4 %	0.6 %
7 días	4	4	4	4
14 días	4	4	4	4
21 días	4	4	4	4
28 días	4	4	4	4
Total Tipo	16	16	16	16
Total Muestras		64		

Tabla18

Especímenes para ensayo de adherencia a cizalle

Edad de Ensayo (Días)	Mortero Patrón	Porcentaje de Nanotubos de Carbono		
		0.2 %	0.4 %	0.6 %
28 días	5	5	5	5
Total Tipo	5	5	5	5
Total Muestras		20		

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción y cuantificación de la muestra

Descripción

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Fernández & Sampieri, 2014, pág. 175).

Para la investigación propuesta la muestra coincide con la población, y son los especímenes de concreto y pilas de albañilería, esta muestra se confirmó por especímenes de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y pilas de albañilería.

Estas se clasifican en: muestras prismáticas rectangulares de (4cmx4cmx16cm) de lado, especímenes cúbicos de (5cm) de lado, elaborando 4 unidades para cada edad (7, 14, 21, 28 días) “añadidos con nanotubos de carbono en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%)”, seguidamente, se elaboró pilas de albañilería para la edad de 28 días.



Cuantificación

El tamaño de la muestra será de un total de 148 especímenes, para ser sometidos a evaluación, ya que se consideró una muestra representativa y suficiente para poder determinar las características de cada uno de ellos.

3.3.2.2 Método de muestreo

“En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador”. (Hernandez Sampieri et al., 2014, p.176)

En la presente investigación el método de muestreo es “No probabilístico”, no se efectúa bajo normas probabilísticas de selección, sino por criterios personales del investigador

3.3.2.3 Criterios de evaluación de muestra

Los especímenes seleccionados deberán cumplir con los siguientes parámetros en la presente investigación.

A. Para la evaluación de la resistencia a compresión del mortero

- Los especímenes cúbicos serán de (5cmx5cmx5cm) y se llevara a la rotura luego de (7, 14, 21, 28 días) a partir de su elaboración.
- Se elaborarán 4 especímenes para cada porcentaje de adición de nanotubos de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%).
- Los especímenes no deben presentar fisuras o cangrejeras y deben estar libre de imperfecciones.

B. Para la evaluación de la resistencia a la flexión del mortero

- Los especímenes cúbicos serán de (4cmx4cmx16cm) y se llevara a la rotura luego de (7, 14, 21, 28 días) a partir de su elaboración.
- Se elaborarán 4 especímenes para cada porcentaje de adición de nanotubos de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%).
- Los especímenes no deben presentar fisuras o cangrejeras y deben estar libre de imperfecciones.



C. Para la evaluación de la adherencia a cizalle

- Se elaboró pilas de albañilería de 3 unidades de ladrillo, para la edad de 28 días.
- Se elaborarán 5 especímenes de pilas de albañilería para cada porcentaje de adición de nanotubos de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%).
- Las pilas de albañilería serán sometidas a ensayo, siempre que, el ladrillo no presente pandeo por altura, agrietamientos o fisuras en el mortero, que no haya desprendimientos entre el mortero y el ladrillo.

3.3.2.4 Criterios de inclusión

- Todos los especímenes son diseñados con concreto de resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.
- Los especímenes prismáticos de mortero son de (4cmx4cmx16cm) de lado, para el ensayo de resistencia a la flexión.
- Los especímenes cúbicos de mortero son de (5cm) de lado, para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Los especímenes de mortero se elaboraron con nanotubos de carbono, con reemplazo del cemento en porcentajes de (0.2%, 0.4% y 0.6%).
- Los especímenes cúbicos, prismáticos y pilas de albañilería fueron elaborados con: agregado fino de Cunyac (80%) y Vicho (20%).
- Los especímenes de mortero fueron ensayadas a edades de: 7, 14, 21 y 28 días de su fabricación.
- Las pilas de albañilería se realizaron con ladrillos King Kong de 18 huecos.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación los instrumentos de recolección de datos se realizaron mediante fichas, de elaboración propia, los cuales se presentan a continuación según ensayo:



A. Granulometría y módulo de fineza

Tabla 19

Formato para recolección de datos del ensayo de "Granulometría y módulo de fineza"

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil																																																																																																
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																																																																																
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo																																																																																														
Ensayo:	Granulometría del Agregado Fino	Cantera:																																																																																														
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.012																																																																																													
Fecha:		Peso de la muestra:																																																																																														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Fórmulas</p> $MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado hasta la malla } N^{\circ} 100}{100}$ $\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} * 100$ <p>Donde:</p> <table border="1" style="margin-left: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">MF</td> <td style="padding: 2px 5px;">Modulo de Fineza</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso de la Muestra:</th> <th colspan="4">gr</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Abertura</th> <th>Peso retenido</th> <th>Peso Corregido</th> <th>Porcentaje Retenido</th> <th>Porcentaje que pasa</th> <th>Porcentaje acumulado</th> </tr> <tr> <th>(N°)</th> <th>(mm)</th> <th>(gr)</th> <th>(gr)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 100</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fondo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Total</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">MF</p> </div> </div>				MF	Modulo de Fineza	Peso de la Muestra:			gr				Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado	(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)	3/8							N° 4							N° 8							N° 16							N° 30							N° 50							N° 100							N° 200							Fondo							Total						
MF	Modulo de Fineza																																																																																															
Peso de la Muestra:			gr																																																																																													
Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado																																																																																										
(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)																																																																																										
3/8																																																																																																
N° 4																																																																																																
N° 8																																																																																																
N° 16																																																																																																
N° 30																																																																																																
N° 50																																																																																																
N° 100																																																																																																
N° 200																																																																																																
Fondo																																																																																																
Total																																																																																																



B. Peso Unitario

Tabla 20

Formato para recolectar datos del ensayo "Peso unitario del agregado fino"

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil																															
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																															
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo																													
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:																													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017																												
Fecha:																															
Fórmulas $M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$ $M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$ $V = \frac{(\pi D^2)}{4} * H$		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Altura del molde (m)</th> <th>Diametro del molde (m)</th> <th>Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Promedio</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)	1				2				3				Promedio											
Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)																												
1																															
2																															
3																															
Promedio																															
Donde: M: Peso unitario del agregado (Kg/m3) Gs: Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg) T: Peso del recipiente (Kg) V: Volumen del recipiente (m3) D: Diametro del recipiente (m) H: Altura del recipiente (m)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Simbolo</th> <th>Descripcion</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>T</td><td>Peso del recipiente</td><td>Kg</td><td></td></tr> <tr><td>Gs</td><td>Peso del recipiente mas agregado</td><td>Kg</td><td></td></tr> <tr><td>V</td><td>Volumen del recipiente</td><td>m3</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td>Diametro del recipiente</td><td>m</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>Altura del recipiente</td><td>m</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$</td><td>Kg/m3</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg		Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg		V	Volumen del recipiente	m3		D	Diametro del recipiente	m		H	Altura del recipiente	m			$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	Kg/m3	
Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor																												
T	Peso del recipiente	Kg																													
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg																													
V	Volumen del recipiente	m3																													
D	Diametro del recipiente	m																													
H	Altura del recipiente	m																													
	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	Kg/m3																													



C. Peso Específico y Absorción

Tabla 21

Formato para recolectar datos del ensayo de "Peso específico y absorción"

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																																																											
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																																																											
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																																										
Ensayo:	Peso específico y absorción																																																										
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																										
Fecha:																																																											
Datos de Ensayo																																																											
Cantera:																																																											
Norma:	NTP 400.022																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Símbolo</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa de la muestra seca al horno</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del picnómetro llenado de agua</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de la fiola</td> <td style="text-align: center;">V</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra saturado superficialmente seca</td> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><u>Peso específico de la masa</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$Pem = \frac{A}{B+S-C}$</td> <td style="text-align: center;">Pem</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><u>Peso específico de la masa saturada con superficie seca</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$PeSSS = \frac{S}{B+S-C}$</td> <td style="text-align: center;">PeSSS</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><u>Peso específico aparente</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$Pea = \frac{A}{B+A-C}$</td> <td style="text-align: center;">Pea</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><u>Porcentaje de absorción</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$Abs = \frac{S-A}{A} * 100$</td> <td style="text-align: center;">Abs</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Símbolo	Unidad	Valor	Masa de la muestra seca al horno	A	gr		Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr		Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr		Volumen de la fiola	V	cm ³		Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr		<u>Peso específico de la masa</u>				$Pem = \frac{A}{B+S-C}$	Pem	gr/cm ³		<u>Peso específico de la masa saturada con superficie seca</u>				$PeSSS = \frac{S}{B+S-C}$	PeSSS	gr/cm ³		<u>Peso específico aparente</u>				$Pea = \frac{A}{B+A-C}$	Pea	gr/cm ³		<u>Porcentaje de absorción</u>				$Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%	
Descripción	Símbolo	Unidad	Valor																																																								
Masa de la muestra seca al horno	A	gr																																																									
Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr																																																									
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr																																																									
Volumen de la fiola	V	cm ³																																																									
Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr																																																									
<u>Peso específico de la masa</u>																																																											
$Pem = \frac{A}{B+S-C}$	Pem	gr/cm ³																																																									
<u>Peso específico de la masa saturada con superficie seca</u>																																																											
$PeSSS = \frac{S}{B+S-C}$	PeSSS	gr/cm ³																																																									
<u>Peso específico aparente</u>																																																											
$Pea = \frac{A}{B+A-C}$	Pea	gr/cm ³																																																									
<u>Porcentaje de absorción</u>																																																											
$Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%																																																									



D. Contenido de Humedad

Tabla 22

Formato para recolectar datos del ensayo de "Contenido de humedad"

 Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil																			
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																		
Ensayo:	Contenido de Humedad																		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																		
Fecha:																			
Datos de Ensayo																			
Cantera:																			
Norma:	NTP 339.185																		
Peso de la muestra:																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso Inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso Final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso Inicial	gr		D	Peso Final	gr		$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																
W	Peso Inicial	gr																	
D	Peso Final	gr																	
$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%																	
Fórmula:																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$ </div>																			
Donde:																			
P:	Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)																		
W:	Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr)																		
D:	Masa de la muestra seca en gramos (gr)																		



E. Fluidez del mortero

Tabla 23

Formato para recolectar datos del ensayo de "Fluidez del mortero"

Datos de Ensayo		Fórmula	Donde:
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	$\% f = \frac{(DP - D_0)}{D_0} * 100$	%f: Valor del flujo de la muestra elaborada DP: Diametro promedio de las mediciones (cm) Do: Diametro inicial, diametro inferior del molde (cm)
Ensayo:	Fluidez del mortero		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:			
Norma:	NTP 334.057		

Muestra		Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)
Mortero Patron	MP-1								
	MP-2								
	MP-3								
Mortero 0.2%	M (0.2%) -1								
	M (0.2%) -2								
	M (0.2%) -3								
Mortero 0.4%	M (0.4%) -1								
	M (0.4%) -2								
	M (0.4%) -3								
Mortero 0.6%	M (0.6%) -1								
	M (0.6%) -2								
	M (0.6%) -3								



F. Resistencia a la compresión del mortero

Tabla 24

Formato para recolectar datos del ensayo de "Resistencia a la compresión"

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil											
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"											
Datos de Ensayo											
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo										
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero										
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura										
Fecha:											
Norma:	NTP 334.051										
Fórmula $F_m = \frac{P}{A}$											
Donde: F_m: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm ²)											
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)	Area cara superior (cm ²)	Cara Inferior (cm)	Area cara inferior (cm ²)	Área promedio (cm ²)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm ²)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm ²)	Desviación estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm ²)
Mortero Patron	MP-1										
	MP-2										
	MP-3										
	MP-4										
Mortero 0.2%	M (0.2%) -1										
	M (0.2%) -2										
	M (0.2%) -3										
	M (0.2%) -4										
Mortero 0.4%	M (0.4%) -1										
	M (0.4%) -2										
	M (0.4%) -3										
	M (0.4%) -4										
Mortero 0.6%	M (0.6%) -1										
	M (0.6%) -2										
	M (0.6%) -3										
	M (0.6%) -4										



G. Resistencia a la Flexión del mortero

Tabla 25

Formato para recolectar datos del ensayo de "Resistencia a la flexión del mortero"

 Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil										
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"										
Datos de Ensayo										
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo	Fórmula $R_f = 0.0028xP$	Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)							
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero									
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura									
Fecha:										
Norma:	NTP 334.120									
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)	Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)
Mortero Patron	MP-1									
	MP-2									
	MP-3									
	MP-4									
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1									
	M (0.2%)-2									
	M (0.2%)-3									
	M (0.2%)-4									
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1									
	M (0.4%)-2									
	M (0.4%)-3									
	M (0.4%)-4									
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1									
	M (0.6%)-2									
	M (0.6%)-3									
	M (0.6%)-4									



H. Adherencia a Cizalla

Tabla 26

Formato para recolectar datos del ensayo de "Adherencia a cizalle"

Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil														
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo		Fórmulas												
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	$A = \frac{P}{S}$ $\tau'_m = \tau_0 + (\mu)\sigma_c$	τ'_m : Resistencia al corte por cizalla (Mpa) μ : Coeficiente de fricción τ_0 : Resistencia unitaria al corte por cizalla											
Ensayo:	Resistencia a la adherencia corte por													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:														
Norma:	NCh.167													
Muestra	Carga puntual "P"(kg)	Dimensiones		Area(cm ²)	Esfuerzo de compresión (σ_c) en (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión (σ_c) en (Mpa)	Resistencia unitaria de corte por cizalla τ_0 (Mpa)	Coeficiente de fricción (μ)	τ'_m (Mpa)	τ'_m (kg/cm ²)	τ'_m promedio (Mpa)	τ'_m promedio (kg/cm ²)	Desviacion estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm ²)
		Largo(cm)	Ancho(cm)											
Mortero Patron	MP-1													
	MP-2													
	MP-3													
	MP-4													
	MP-5													
Mortero 0.2%	M1-(0.2%)													
	M2-(0.2%)													
	M3-(0.2%)													
	M4-(0.2%)													
	M5-(0.2%)													
Mortero 0.4%	M1-(0.4%)													
	M2-(0.4%)													
	M3-(0.4%)													
	M4-(0.4%)													
	M5-(0.4%)													
Mortero 0.6%	M1-(0.6%)													
	M2-(0.6%)													
	M3-(0.6%)													
	M4-(0.6%)													
	M5-(0.6%)													



3.4.2 *Instrumentos de Ingeniería*

A. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

- Serie de tamices (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Fondo)
- Balanza de precisión.
- Agitador mecánico de tamices.
- Recipiente metálico.
- Bandeja y cucharón.

B. Peso Específico y Absorción

- Balanza de precisión.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.
- Picnómetro (500ml).
- Molde cónico metálico y apisonador metálico.
- Bomba de vacío.
- Horno.

C. Peso Unitario

- Balanza de precisión.
- Molde cilíndrico.
- Varilla metálica.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.

D. Contenido de Humedad

- Balanza de precisión.
- Horno.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.



E. Ensayo de Fluidez del Mortero

- Molde cónico de flujo.
- Mesa de flujo.
- Recipiente metálico y cucharón.
- Vernier y regla metálica.

F. Ensayo a la Resistencia a la Compresión

- Máquina de compresión axial.
- Moldes cúbicos de (5cmx5cmx5cm).

G. Ensayo a la Flexión

- Máquina de compresión axial.
- Molde prismático de (4cmx4cmx16cm).

H. Ensayo de Adherencia a Cizalla

- Máquina de compresión axial.
- Ladrillo King Kong de 18 huecos.

3.5 Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos

3.5.1 Ensayo de granulometría de: agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho

A. Equipos e instrumentos

- Serie de tamices (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Fondo).
- Balanza de precisión (capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0,1 g o menos, y una precisión de 0,1 % de la carga).
- Agitador mecánico de tamices.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.

B. Procedimiento

- Se toma una muestra representativa del agregado fino, y con la ayuda de una pala se mezcla el agregado en sentido circular.

- Luego se aplana la muestra con la pala y se divide en 4 partes, para así seleccionar la muestra de dos partes opuestas que tengan características semejantes, las partes opuestas que no son homogéneas y que contengan más contenido de material orgánico se retira.

Figura 17

Cuarteo del agregado de la cantera de Vicho

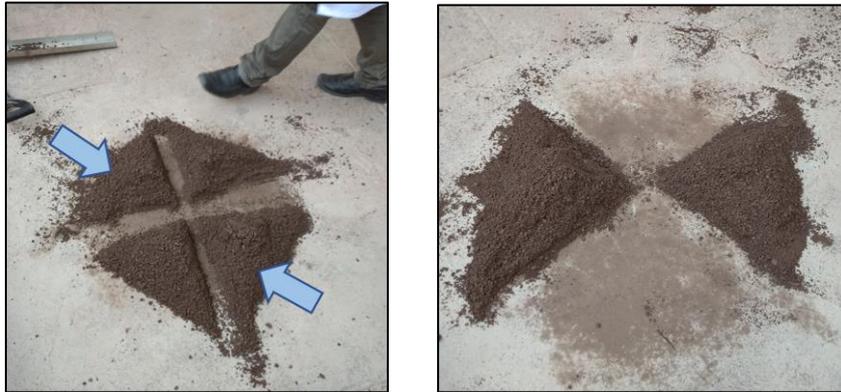


Figura 18

Mezcla y cuarteo del agregado de la cantera de Cunyac



Figura 19

Muestras representativas del agregado





- Una vez con la muestra representativa se procedió a lavarlo por la suciedad y polvo que contenía el agregado utilizando la malla N°200, y luego se puso al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas para su secado.

Figura20

Lavado del agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho



- Después de 24 horas se retira las muestras del horno para realizar el ensayo granulométrico.
- Se procede a pesar un 1 kg de la muestra y ser colocado en la serie de tamices, para proceder con el tamizado mecánico no menos de 3 minutos.

Figura21

Colocado del agregado

Fino en la serie de tamices.



Figura 22

Tamizado de los agregados finos



- Una vez tamizado se procede a pesar la muestra retenida de cada tamiz, con la ayuda de una balanza y recipientes metálicos.

Figura 23

Peso retenido en los tamices





C. Toma de datos

Tabla 27

Datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de Cunyac

 Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil 																																									
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																									
Tesistas:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																								
Ensayo:	Granulometria del Agregado Fino																																								
Lboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																								
Fecha:	11/10/2022																																								
Norma:	NTP 400.012																																								
Cantera:	Cunyac																																								
Peso de la muestra:	1000 gr																																								
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Peso de la muestra</th> <th>1000 gr</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Abertura</th> <th>Peso retenido</th> </tr> <tr> <th>(N°)</th> <th>(mm)</th> <th>(gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.750</td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td>10.00</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.180</td> <td>51.10</td> </tr> <tr> <td>N° 30</td> <td>0.600</td> <td>230.10</td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0.300</td> <td>448.10</td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>206.70</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>46.40</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>4.20</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>999.30</td> </tr> </tbody> </table>			Peso de la muestra		1000 gr	Tamiz	Abertura	Peso retenido	(N°)	(mm)	(gr)	3/8	9.500	0.00	N° 4	4.750	2.70	N° 8	2.360	10.00	N° 16	1.180	51.10	N° 30	0.600	230.10	N° 50	0.300	448.10	N° 100	0.150	206.70	N° 200	0.075	46.40	Fondo		4.20	Total		999.30
Peso de la muestra		1000 gr																																							
Tamiz	Abertura	Peso retenido																																							
(N°)	(mm)	(gr)																																							
3/8	9.500	0.00																																							
N° 4	4.750	2.70																																							
N° 8	2.360	10.00																																							
N° 16	1.180	51.10																																							
N° 30	0.600	230.10																																							
N° 50	0.300	448.10																																							
N° 100	0.150	206.70																																							
N° 200	0.075	46.40																																							
Fondo		4.20																																							
Total		999.30																																							



Tabla 28

Datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de Vicho

 Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil 																																									
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																									
Tesistas:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																								
Ensayo:	Granulometria del Agregado Fino																																								
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																								
Fecha:	11/10/2022																																								
Norma:	NTP 400.012																																								
Cantera:	Vicho																																								
Peso de la muestra:	1001 gr																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Peso de la muestra</th> <th>1000 gr</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Abertura</th> <th>Peso retenido</th> </tr> <tr> <th>(N°)</th> <th>(mm)</th> <th>(gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.750</td> <td>250.30</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td>294.50</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.180</td> <td>212.60</td> </tr> <tr> <td>N° 30</td> <td>0.600</td> <td>121.50</td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0.300</td> <td>68.00</td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>35.10</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>16.80</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>999.80</td> </tr> </tbody> </table>			Peso de la muestra		1000 gr	Tamiz	Abertura	Peso retenido	(N°)	(mm)	(gr)	3/8	9.500	0.00	N° 4	4.750	250.30	N° 8	2.360	294.50	N° 16	1.180	212.60	N° 30	0.600	121.50	N° 50	0.300	68.00	N° 100	0.150	35.10	N° 200	0.075	16.80	Fondo		1.00	Total		999.80
Peso de la muestra		1000 gr																																							
Tamiz	Abertura	Peso retenido																																							
(N°)	(mm)	(gr)																																							
3/8	9.500	0.00																																							
N° 4	4.750	250.30																																							
N° 8	2.360	294.50																																							
N° 16	1.180	212.60																																							
N° 30	0.600	121.50																																							
N° 50	0.300	68.00																																							
N° 100	0.150	35.10																																							
N° 200	0.075	16.80																																							
Fondo		1.00																																							
Total		999.80																																							



Tabla 29

Datos obtenidos de la granulometría de la combinación de agregados

 Universidad Andina del Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela profesional de Ingeniería Civil 																																									
Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																									
Tesistas:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																								
Ensayo:	Granulometría del Agregado Fino																																								
Lboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																								
Fecha:	11/10/2022																																								
Norma:	NTP 400.012																																								
Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)																																								
Peso de la muestra:	1000 gr																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Peso de la muestra</th> <th>1000 gr</th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Abertura</th> <th>Peso retenido</th> </tr> <tr> <th>(N°)</th> <th>(mm)</th> <th>(gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.750</td> <td>52.22</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td>66.90</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.180</td> <td>83.40</td> </tr> <tr> <td>N° 30</td> <td>0.600</td> <td>208.38</td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0.300</td> <td>372.08</td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>172.38</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>40.48</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>3.56</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>999.40</td> </tr> </tbody> </table>			Peso de la muestra		1000 gr	Tamiz	Abertura	Peso retenido	(N°)	(mm)	(gr)	3/8	9.500	0.00	N° 4	4.750	52.22	N° 8	2.360	66.90	N° 16	1.180	83.40	N° 30	0.600	208.38	N° 50	0.300	372.08	N° 100	0.150	172.38	N° 200	0.075	40.48	Fondo		3.56	Total		999.40
Peso de la muestra		1000 gr																																							
Tamiz	Abertura	Peso retenido																																							
(N°)	(mm)	(gr)																																							
3/8	9.500	0.00																																							
N° 4	4.750	52.22																																							
N° 8	2.360	66.90																																							
N° 16	1.180	83.40																																							
N° 30	0.600	208.38																																							
N° 50	0.300	372.08																																							
N° 100	0.150	172.38																																							
N° 200	0.075	40.48																																							
Fondo		3.56																																							
Total		999.40																																							



3.5.2 *Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino*

A. Equipos e instrumentos

- Balanza de precisión.
- Molde cilíndrico.
- Varilla metálica.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharon.

B. Procedimiento

Peso unitario suelto:

- Se determino los datos del molde cilíndrico (peso, diámetro, altura y volumen).
- Se procede a llenar el molde con el material seleccionado, teniendo cuidado de que la caída del material sea 5cm.
- Con la ayuda de la varilla se procedió a enrazar el molde.
- Se registra el peso del molde lleno del material, este proceso se hizo tres veces.

Figura24

Toma de medidas del molde cilíndrico





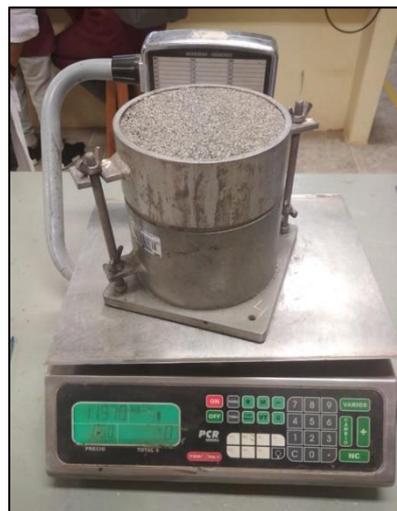
Figura 25

*Llenado del molde con material
suelto.*



Figura 26

*Peso del molde con el material
suelto.*



Peso unitario compactado:

- Se determino los datos del molde cilíndrico (peso, diámetro, altura y volumen).
- Se procede a llenar el molde con el material seleccionado hasta 1/3 de su capacidad, teniendo cuidado de que la caída del material sea 5cm, con la varilla



metálica se realiza 25 golpes para el compactado del material, luego se repite la operación llenando el molde hasta los $\frac{2}{3}$ y finalmente hasta llenar el molde.

- Una vez lleno el recipiente, se enraza el molde con la ayuda de la varilla y se procede a tomar registro del peso.
- Esta operación se realizó tres veces.

Figura 27

Apisonado y enrazado del agregado fino.



Figura 28

Peso del molde con el material compactado.





C. Toma de Datos

Datos de peso unitario suelto:

Tabla 30

Datos obtenidos del peso unitario suelto del agregado fino de Cunyac

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Cunyac
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	17/10/2022		

Fórmulas		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	1	0.169	0.153	11.960
		2	0.166	0.152	11.920
		3	0.167	0.153	11.970
		Promedio	0.167	0.153	11.950

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.545
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	11.950
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.167
	$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

- M:** Peso unitario del agregado (Kg/m3)
- Gs:** Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
- T:** Peso del recipiente (Kg)
- V:** Volumen del recipiente (m3)
- D:** Diametro del recipiente (m)
- H:** Altura del recipiente (m)



Tabla31

Datos obtenidos del peso unitario suelto del agregado fino de Vicho

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espositoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Vicho
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	17/10/2022		

Fórmulas		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	1	0.167	0.152	12.090
		2	0.166	0.153	12.120
		3	0.166	0.153	12.175
		Promedio	0.166	0.153	12.128

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.545
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.128
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
	$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

M: Peso unitario del agregado (Kg/m3)
Gs: Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
T: Peso del recipiente (Kg)
V: Volumen del recipiente (m3)
D: Diametro del recipiente (m)
H: Altura del recipiente (m)



Tabla 32

Datos obtenidos del peso unitario suelto de la combinación de agregados

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	18/10/2022		

<u>Fórmulas</u>		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	1	0.166	0.152	12.160
		2	0.166	0.153	12.180
		3	0.166	0.153	12.200
		Promedio	0.166	0.153	12.180

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.180
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
	$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

M: Peso unitario del agregado (Kg/m3)
Gs: Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
T: Peso del recipiente (Kg)
V: Volumen del recipiente (m3)
D: Diametro del recipiente (m)
H: Altura del recipiente (m)



Datos de peso unitario compactado:

Tabla33

Datos obtenidos del peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Cunyac
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	18/10/2022		

Fórmulas		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	1	0.167	0.153	12.370
		2	0.166	0.153	12.360
		3	0.166	0.152	12.320
		Promedio	0.166	0.153	12.350

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.350
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

M: Peso unitario del agregado (Kg/m3)
Gs: Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
T: Peso del recipiente (Kg)
V: Volumen del recipiente (m3)
D: Diametro del recipiente (m)
H: Altura del recipiente (m)



Tabla 34

Datos obtenidos del peso unitario compactado del agregado fino de Vicho

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Vicho
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	18/10/2022		

Fórmulas		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(Gc-t)}{V}$	$M_c = \frac{(Gc-t)}{V}$	1	0.165	0.153	12.530
		2	0.166	0.152	12.550
		3	0.166	0.153	12.520
		Promedio	0.166	0.153	12.533

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.533
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
	$M_c = \frac{(Gc-t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

M: Peso unitario del agregado (Kg/m3)
Gs: Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
T: Peso del recipiente (Kg)
V: Volumen del recipiente (m3)
D: Diametro del recipiente (m)
H: Altura del recipiente (m)



Tabla 35

Datos obtenidos del peso unitario compactado de la combinación de agregados

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo	Datos de Ensayo	
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino	Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Norma:	NTP 400.017
Fecha:	18/10/2022		

Fórmulas		Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
$M_s = \frac{(G_c - t)}{V}$	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	1	0.166	0.153	12.550
		2	0.165	0.153	12.590
		3	0.166	0.153	12.560
		Promedio	0.166	0.153	12.567

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gc	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.567
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$	Kg/m3	

Donde:

- M:** Peso unitario del agregado (Kg/m3)
- Gs:** Peso del recipiente mas agregado suelto (Kg)
- T:** Peso del recipiente (Kg)
- V:** Volumen del recipiente (m3)
- D:** Diametro del recipiente (m)
- H:** Altura del recipiente (m)



3.5.3 *Peso específico y absorción del agregado fino*

A. Equipos e instrumentos

- Balanza de precisión.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.
- Picnómetro (500 ml).
- Molde cónico metálico y apisonador metálico.
- Bomba de vacío.
- Horno.

B. Procedimiento.

- Se toma una muestra representativa del agregado fino de Cunyac y Vicho, y se deja remojando con agua durante 24 horas para su saturación.
- Pasado las 24 horas se retira la muestra del balde y se coloca en una bandeja para secarlo hasta llegar a un estado de superficie seca.
- Cuando la muestra está en estado de superficie seca se realizó la prueba de humedad, que consiste en colocar el molde cónico sobre la bandeja, se colocó el agregado fino en el molde apisonándolo con 25 golpes con el pistón, luego con mucho cuidado se levantó el molde verticalmente y se observó una ligera caída del agregado moldeado, esto nos indicó que habíamos llegado al estado buscado de superficie seca.
- Tomamos una muestra representativa de 500 gr en estado de superficie seca.
- Luego se continuó pesando el picnómetro vacío, el picnómetro con agua hasta la marca de los 500 ml y finalmente con el picnómetro lleno de agua y la muestra de 500 gr.
- Con la ayuda de la bomba de vacío comenzamos a sacar los vacíos de aire presente, para luego extraer el material y llevarlo al horno a una temperatura constante.
- Este proceso se realizó con el agregado de Cunyac, Vicho y la combinación de ambos.

Figura 29

Saturación y secado del agregado fino de Cunyac y Vicho.



Figura 30

Prueba del ensayo de humedad del agregado fino.



Figura 31

Estado de superficie seca del agregado fino.





Figura 32

Toma de datos del peso del picnómetro con agua.

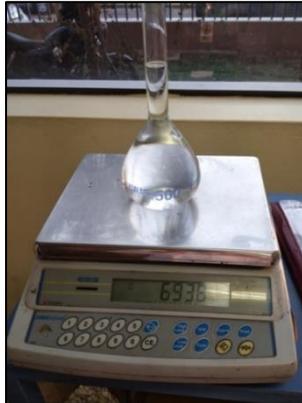


Figura 33

Llenado de agregado fino al picnómetro y eliminación de aire con la bomba de vacío.



Figura 34

Peso del picnómetro con agua y la muestra de agregado fino.



C. Toma de datos

Tabla 36

Datos obtenidos de peso específico del agregado fino de Cunyac.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo			
Ensayo:	Peso específico y absorción			
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Fecha:	20/10/2022			
Datos de Ensayo				
Cantera:	Cunyac			
Norma:	NTP 400.022			
<u>Descripción</u>		<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Valor</u>
Masa de la muestra seca al horno		A	gr	491.20
Masa del picnómetro llenado de agua		B	gr	693.80
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua		C	gr	1003.40
Volumen de la fiola		V	cm3	500.00
Masa de la muestra saturado superficialmente seca		S	gr	500.00

Tabla 37

Datos obtenidos de peso específico del agregado fino de Vicho.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo			
Ensayo:	Peso específico y absorción			
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Fecha:	21/10/2022			
Datos de Ensayo				
Cantera:	Vicho			
Norma:	NTP 400.022			
<u>Descripción</u>		<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Valor</u>
Masa de la muestra seca al horno		A	gr	491.70
Masa del picnómetro llenado de agua		B	gr	681.90
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua		C	gr	998.30
Volumen de la fiola		V	cm3	500.00
Masa de la muestra saturado superficialmente seca		S	gr	500.00



Tabla 38

Datos obtenidos de peso unitario de la combinación de agregados.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo		
Ensayo:	Peso específico y absorción		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:	22/10/2022		
Datos de Ensayo			
Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)		
Norma:	NTP 400.022		
Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Masa de la muestra seca al horno	A	gr	489.80
Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr	681.40
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	994.30
Volumen de la fiola	V	cm3	500.00
Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.00

3.5.4 Contenido de humedad

A. Equipos e instrumentos.

- Balanza de precisión.
- Horno.
- Recipiente metálico, bandeja y cucharón.

B. Procedimiento.

- Se toma una muestra húmeda del agregado y se coloca en un recipiente, luego con la ayuda de una balanza se toma su peso inicial.
- Una vez pesado la muestra se lleva al horno por un periodo de 24 horas.
- Se retira la muestra del horno y se deja enfriar, luego se determina el peso de la muestra seca.



Figura 35

Muestra representativa húmeda de los agregados Cunyac y Vicho.



Figura 36

Secado del agregado en el horno y peso del material seco.





C. Toma de datos

Tabla 39

Datos de contenido de humedad del “agregado fino de Cunyac”

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																		
Ensayo:	Contenido de Humedad																		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																		
Fecha:	08/11/2022																		
Datos de Ensayo																			
Cantera:	Cunyac																		
Norma:	NTP 339.185																		
Peso de la muestra:	500 gr																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso Inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">500.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso Final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">479.40</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso Inicial	gr	500.00	D	Peso Final	gr	479.40	$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																
W	Peso Inicial	gr	500.00																
D	Peso Final	gr	479.40																
$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%																	
Fórmula:																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$ </div>																			
Donde:																			
P:	Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)																		
W:	Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr)																		
D:	Masa de la muestra seca en gramos (gr)																		



Tabla 40

Datos de contenido de humedad del agregado fino de Vicho

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																			
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo																		
Ensayo:	Contenido de Humedad																		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																		
Fecha:	08/11/2022																		
Datos de Ensayo																			
Cantera:	Vicho																		
Norma:	NTP 339.185																		
Peso de la muestra:	500 gr																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 55%;">Descripción</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> <th style="width: 20%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso Inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">500.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso Final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">486.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso Inicial	gr	500.00	D	Peso Final	gr	486.00	$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																
W	Peso Inicial	gr	500.00																
D	Peso Final	gr	486.00																
$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%																	
Fórmula:																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$ </div>																			
Donde:																			
P:	Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)																		
W:	Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr)																		
D:	Masa de la muestra seca en gramos (gr)																		



3.5.5 *Diseño de mezcla*

Especificaciones:

- La resistencia a compresión del mortero a diseñar es de 175 kg/cm² a los 28 días.
- Se diseñará con una fluidez de 100-120%.
- Se diseñará según el método de (Rivera G., N.E).
- Se usará cemento Yura tipo IP, peso específico 2850.00 kg/m³.
- Se usará Nanotubos de carbono, peso específico 0.27 gr/cm³.
- Peso específico = 2.77 kg/m³
- Absorción = 2.08 %
- Contenido de humedad = 3.59 %
- Módulo de fineza = 2.47

1) Selección de la fluidez.

La fluidez será de 100 – 120 %.

Figura 37

Cuadro de fluidez

% FLUIDEZ (MESA DE FLUJO)	CONSISTENCIA	TIPO DE ESTRUCTURA	CONDICIONES DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN
80-100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica)	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 119), por Rivera L., 2013, Universidad de Cauca.



2) **Determinación de la “resistencia de dosificación”.**

La resistencia a la compresión del mortero es de 175 kg/cm².

$$R'_{mm} = 1.35 * R'_m$$

R'm=	175.00	kg/cm ²
R'mm=	236.25	kg/cm ²

3) **Selección de la relación “agua – cemento”.**

Reemplazando R'mm = 236.25 kg/cm² y despejando a/c, obtenemos.

- Ecuación para el límite superior (arenas gruesas):

$$R_{C_{mortero\ 28d}} = \frac{666.57}{6.59C} \frac{A}{A}$$

Rc=	236.25	kg/cm ²
a/c 1=	0.55	

- Ecuación para el límite inferior (arenas finas).

$$R_{C_{mortero\ 28d}} = \frac{851.12}{19.86C} \frac{A}{A}$$

Rc=	236.25	kg/cm ²
a/c 2=	0.43	

4) **Interpolación de resultados de relación “agua cemento y módulo de fineza de arenas”.**

Se realizo la interpolación utilizando la siguiente formula.

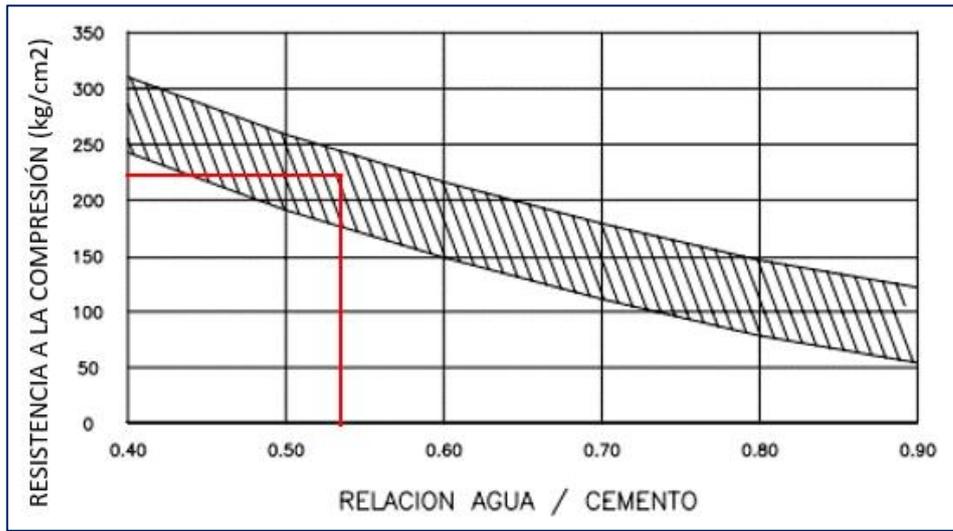
$$\frac{A}{C} \text{ muestra arena} = a/c_1 - \frac{(a/c_1 - a/c_2)(MF_{max.} - MF_{comb.})}{MF_{max.} - MF_{min.}}$$

Nota: Según la RNE la norma E.070 Albañilería Mfmax=2.5 y Mfmin=1.6



MFcomb.=	2.47
MFmax.=	2.50
MFmin.=	1.60
a/c 1=	0.55
a/c 2=	0.43

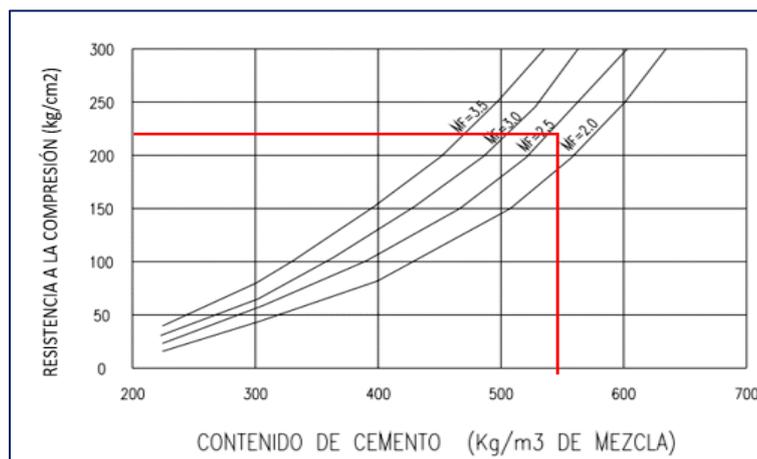
a/c (muestra arena)=	0.55
----------------------	------



Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 200), por Rivera L., 2013, Universidad de Cauca.

5) Contenido de cemento.

Utilizando los valores de R'mm y MF.



Nota. Adaptado de *Concreto Simple* (p. 201), por Rivera L., 2013, Universidad de Cauca.



Contenido de cemento =	540.00	kg/m ³
------------------------	--------	-------------------

6) Cantidad de agua.

Utilizando la siguiente formula y reemplazando el Contenido de cemento.

$$Cant. agua = Cont. cemento * a/c$$



<i>Cont. cemento</i> =	540.00	kg/m ³
<i>a/c</i> =	0.55	

<i>Cant. agua</i> =	294.87	kg/m ³
---------------------	--------	-------------------

7) Cálculo de volumen de arena

Calculando la suma de los volúmenes absolutos de los componentes.

Volumen absoluto de:

- Cemento.

$$\frac{Cont. cemento}{2.850 * 1000}$$



<i>Cont. cemento</i> =	540.00	kg/m ³
------------------------	--------	-------------------

cemento =	0.189	m ³
-----------	-------	----------------

- Agua.

$$\frac{Cant. agua}{1000}$$



<i>Cant. agua</i> =	294.87	kg/m ³
---------------------	--------	-------------------

agua =	0.295	m ³
--------	-------	----------------

Suma de volúmenes conocidos:	0.484	m ³
------------------------------	-------	----------------

Volumen absoluto de agregado fino:	0.516	m ³
------------------------------------	-------	----------------



- Agregado fino.

$$Vol. abs. agregado fino * Peso. esp. agregado fino * 1000$$



$Vol. abs. agregado fino =$	0.516	m ³
$Peso. esp. agregado fino =$	2.77	kg/m ³

agregado fino	1428.36	kg/m ³
----------------------	---------	-------------------

8) Valores de diseño

Cemento:	540.00	kg/m ³
Agregado fino:	1428.36	kg/m ³
Agua:	294.87	kg/m ³

- Proporción en peso seco.

$$\frac{540}{540} : \frac{1428.36}{540} : \frac{294.87}{540}$$



1: 2.65: 0.55

9) Corrección por humedad del agregado

- Peso húmedo del agregado.

$$Agregado_{fino} * Contenido_{humedad}$$



Agregado fino:	1428.36	kg/m ³
Contenido de humedad:	3.59	%

Corrección agregado fino =	1469.78	kg/m ³
-----------------------------------	---------	-------------------

- Humedad superficial.

$$Contenido_{humedad} - Absorción$$



Contenido de humedad:	3.59	%
Absorción:	2.08	%
Humedad superficial:	1.51	%

- Aporte de agregados.

$$\text{Corrección}_{\text{agre.fino}} * \text{Humedad superficial}$$



Corrección agregado fino=	1469.78	kg/m3
Humedad superficial=	1.51	%

Aporte de humedad agregado fino=	22.19	kg/m3
---	-------	-------

- Agua efectiva.

$$\text{Cantidad}_{\text{agua}} - \text{Aporte de humedad agregado fino}$$



Cantidad de agua=	294.87	kg/m3
Aporte de humedad agregado fino=	22.19	kg/m3

Agua efectiva=	272.68	kg/m3
-----------------------	--------	-------

10) Peso corregido por humedad

Cemento:	540.00	kg/m3
Agregado fino:	1469.78	kg/m3
Agua:	272.68	kg/m3

- Proporción peso corregido por humedad.



$$\frac{540}{540} ; \frac{1469.78}{540} ; \frac{272.68}{540}$$

3.5.6 Costo del mortero

Tabla 41

Proporción y cantidad de materiales a utilizar

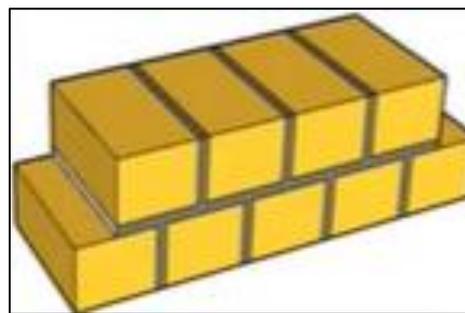
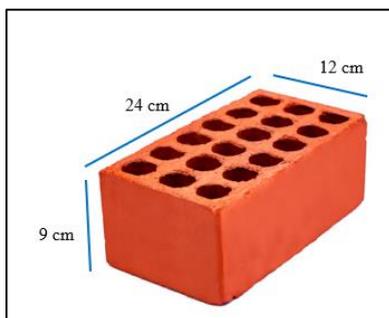
Proporciones		
Cemento	Agregado	Agua
1	2.65	0.55
Cantidad		
Agregado Cunyac 80%	1142.69 kg	0.413 m ³
Agregado Vicho 20%	285.67 kg	0.103 m ³
Cemento	540 kg	13 bls
Nanotubos de carbono 0.2%	1.08 kg	0.004 m ³
Nanotubos de carbono 0.4%	2.16 kg	0.008 m ³
Nanotubos de carbono 0.6%	3.24 kg	0.012 m ³
Agua	294.87 Lt	0.295 m ³

Cantidad de ladrillos por m²:

- Muro cabeza.

Figura 38

Dimensión del ladrillo King Kong 18 huecos y tipo de muro (cabeza).


$$CL = \frac{1}{(L + J_h) \times (H + J_v)}$$

CL = cantidad de ladrillos por m²
 L = longitud de ladrillo (m)
 J_h = espesor junta horizontal (m)
 H = altura del ladrillo (m)
 J_v = espesor junta vertical (m)

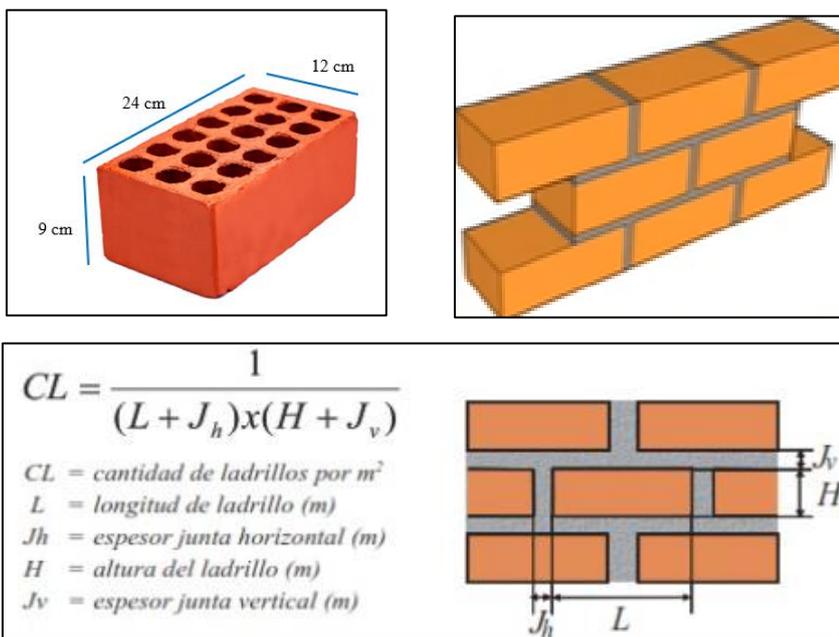


L =	0.12	m2
H =	0.09	m2
Jh =	0.015	m2
Jv =	0.015	m2
CL =	71	und.

- Muro soga.

Figura39

Dimensión del ladrillo King Kong 18 huecos y tipo de muro soga.



L =	0.24	m2
H =	0.09	m2
Jh =	0.015	m2
Jv =	0.015	m2
CL =	37	und.

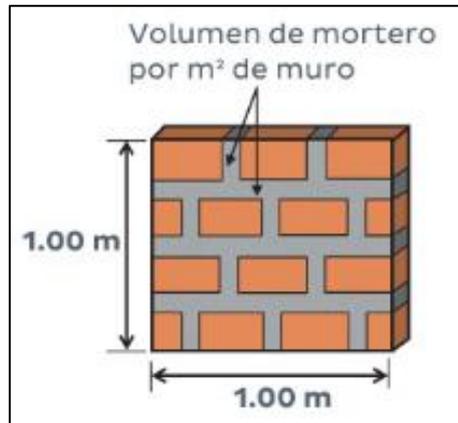


Volumen del mortero por m2:

- Muro cabeza.

Figura40

Volumen de mortero por m2



- Fórmula para hallar el volumen del mortero por m2:

$$V_{mo} = V_{mu} - (CL) * (V_{la})$$

Donde:

- V_{mo} : Volumen del mortero (m^3/m^2).
- V_{mu} : Volumen del muro (m^3/m^2).
- CL : Cantidad de ladrillos por m^2 .
- V_{la} : Volumen de ladrillos (m^3/m^2)

Volumen del muro:

$$V_{mu} = 1m \times 1m \times 0.24m = 0.24 m^3$$

Volumen del ladrillo:

$$V_{la} = 0.09m \times 0.12m \times 0.24m = 0.002592 m^3$$

Volumen del mortero:

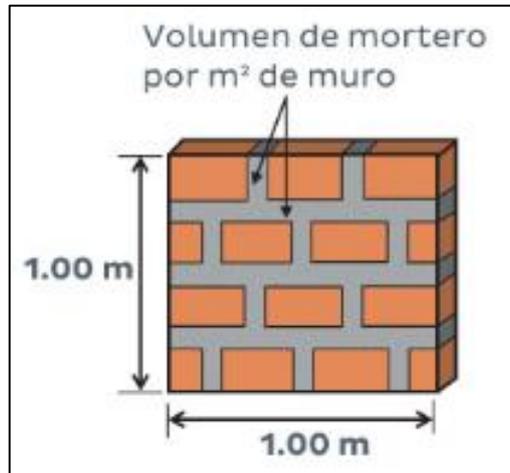
$$V_{mo} = 0.24 m^3 - 71 * 0.002592 m^3 = 0.055968 m^3$$



- Muro sogá.

Figura41

Volumen de mortero por m²



- Fórmula para hallar el volumen del mortero por m²:

$$V_{mo} = V_{mu} - (CL) * (V_{la})$$

Donde:

- V_{mo} : Volumen del mortero (m³/m²).
- V_{mu} : Volumen del muro (m³/m²).
- CL : Cantidad de ladrillos por m².
- V_{la} : Volumen de ladrillos (m³/m²)

Volumen del muro:

$$V_{mu} = 1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.12\text{m} = 0.12 \text{ m}^3$$

Volumen del ladrillo:

$$V_{la} = 0.09\text{m} \times 0.12\text{m} \times 0.24\text{m} = 0.002592 \text{ m}^3$$

Volumen del mortero:

$$V_{mo} = 0.12 \text{ m}^3 - 37 * 0.002592 \text{ m}^3 = 0.024096 \text{ m}^3$$



Costo de mortero por m2

- Muro cabeza.

Tabla 42

Costo del mortero patron por m2 para un muro tipo cabeza

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.023	140.00	3.23
Agregado de Vicho 20%	m3	0.006	80.00	0.46
Cemento	bls	0.711	32.00	22.76
Agua	m3	0.017	3.00	0.05
Ladrillo	Und	71	1.00	71.00
				97.51

Tabla 43

Costo del mortero experimental (0.2%) por m2 para un muro tipo cabeza

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.023	140.00	3.23
Agregado de Vicho 20%	m3	0.006	80.00	0.46
Cemento	bls	0.710	32.00	22.71
Nanotubos de carbono 0.2%	kg	0.060	545.00	32.94
Agua	Lts	0.017	3.00	0.05
Ladrillo	Und	71	1.00	71.00
				130.40

Tabla 44

Costo del mortero experimental (0.4%) por m2 para un muro tipo cabeza

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.023	140.00	3.23
Agregado de Vicho 20%	m3	0.006	80.00	0.46
Cemento	bls	0.708	32.00	22.66
Nanotubos de carbono 0.4%	kg	0.121	545.00	65.89
Agua	Lts	0.017	3.00	0.05
Ladrillo	Und	71	1.00	71.00
				163.30



Tabla 45

Costo del mortero experimental (0.6%) por m2 para un muro tipo cabeza

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.023	140.00	3.23
Agregado de Vicho 20%	m3	0.006	80.00	0.46
Cemento	bls	0.707	32.00	22.62
Nanotubos de carbono 0.6%	kg	0.181	545.00	98.83
Agua	Lts	0.017	3.00	0.05
Ladrillo	Und	71	1.00	71.00
				196.19

- Muro sogá.

Tabla 46

Costo del mortero patron por m2 para un muro tipo sogá

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.010	140.00	1.39
Agregado de Vicho 20%	m3	0.002	80.00	0.20
Cemento	bls	0.306	30.00	9.19
Agua	m3	0.007	3.00	0.02
Ladrillo	Und	37	1.00	37.00
				47.80

Tabla 47

Costo del mortero experimental (0.2%) por m2 para un muro tipo sogá

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.010	140.00	1.39
Agregado de Vicho 20%	m3	0.002	80.00	0.20
Cemento	bls	0.305	30.00	9.15
Nanotubos de carbono 0.2%	kg	0.026	545.00	14.17
Agua	m3	0.007	3.00	0.02
Ladrillo	Und	37	1.00	37.00
				61.93



Tabla 48

Costo del mortero experimental (0.4%) por m2 para un muro tipo sogá

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.010	140.00	1.39
Agregado de Vicho 20%	m3	0.002	80.00	0.20
Cemento	bls	0.305	30.00	9.15
Nanotubos de carbono 0.4%	kg	0.052	545.00	28.34
Agua	Lts	0.007	3.00	0.02
Ladrillo	Und	37	1.00	37.00
				76.10

Tabla 49

Costo del mortero experimental (0.6%) por m2 para un muro tipo sogá

Descripción	Und.	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Agregado de Cunyac 80%	m3	0.010	140.00	1.39
Agregado de Vicho 20%	m3	0.002	80.00	0.20
Cemento	bls	0.304	30.00	9.12
Nanotubos de carbono 0.6%	kg	0.078	545.00	42.51
Agua	Lts	0.007	3.00	0.02
Ladrillo	Und	37	1.00	37.00
				90.24

3.5.7 Ensayo de fluidez del mortero

A. Equipos e instrumentos

- Molde cónico de flujo.
- Mesa de flujo.
- Recipiente metálico y cucharón.
- Vernier y regla metálica.

B. Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón y el mortero con porcentajes de nanotubos de carbono.
- Se limpió la mesa de flujo y se procedió a llenar el molde cónico del mortero.



- Se colocó una capa de mortero y se compactó con 20 golpes uniformemente, luego se completó el molde cónico con una capa más de mortero y se compactó, con la ayuda de una espátula se retiró y limpió el exceso de mortero para luego enrasar y nivelar la parte superior del molde.
- Esperamos un minuto después de haber llenado el molde, para luego retirarlo y en el mismo instante se deja caer 25 golpes en 15 segundos.
- Una vez terminado el proceso se procedió a medir el diámetro, se hizo 4 medidas para luego sacar un promedio.

Figura42

Mezcla de mortero después de 25 golpes



Figura43

Toma de medidas del diámetro





C. Toma de datos

Tabla50

Datos de la fluidez del mortero.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"									
Datos de Ensayo								Donde:	
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo							Fórmula $\%f = \frac{(DP-Do)}{Do} * 100$	%f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%)
Ensayo:	Fluidez del mortero								DP: Diametro promedio de las mediciones (cm)
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura								Do: Diametro inicial, diametro inferior del molde (cm)
Fecha:	06/02/2023								
Norma:	NTP 334.057								
Muestra		Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)
Mortero Patron	MP-1	0.55	8.90	15.50	15.65	15.30	15.40	15.46	73.74
	MP-2	0.58	8.90	19.15	19.20	19.25	19.20	19.20	115.73
	MP-3	0.63	8.90	19.90	20.10	20.00	20.15	20.04	125.14
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	0.55	8.90	15.00	15.15	14.90	15.10	15.04	68.96
	M (0.2%)-2	0.58	8.90	17.90	18.00	18.10	18.05	18.01	102.39
	M (0.2%)-3	0.63	8.90	19.45	19.50	19.65	19.60	19.55	119.66
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	0.55	8.90	14.30	14.50	14.55	14.40	14.44	62.22
	M (0.4%)-2	0.58	8.90	16.80	16.50	16.75	16.60	16.66	87.22
	M (0.4%)-3	0.63	8.90	19.35	19.40	19.45	19.50	19.43	118.26
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	0.55	8.90	14.15	14.10	14.30	14.20	14.19	59.41
	M (0.6%)-2	0.58	8.90	16.85	17.00	17.10	16.90	16.96	90.59
	M (0.6%)-3	0.63	8.90	19.25	19.30	19.45	19.35	19.34	117.28

3.5.8 Ensayo de resistencia a la compresión del mortero

A. Equipos e instrumentos

- Espátula.
- Badilejo.
- Recipientes metálicos.
- Moldes cúbicos de 5x5x5 cm.
- Máquina de compresión axial.



B. Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón y el mortero con los porcentajes de nanotubos de carbono.
- Con una franela se aplicó petróleo en los moldes cúbicos para facilitar el desmolde.
- Con la ayuda de un badilejo se llenó los moldes en capas y se apisono con 8 golpes, en total 4 capas y 32 golpes.
- Los especímenes se dejaron en los moldes durante 24 horas, después con mucho cuidado se desmolde para no romperlo y se procedió a ponerlo en agua para su curado.
- Pasado los 7, 14, 21 y 28 días se sacaron los especímenes del agua y se procedió a medir sus lados, para luego ser sometidos a rotura en la máquina de compresión axial.

Figura44

Peso de cada componente (cemento, agregado fino y nanotubos de carbono)





Figura45

Aplicación de petróleo a los moldes y llenado de mortero



Figura46

Rotura de especímenes de mortero





C. Toma de datos

Tabla 51

Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (7 días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																	
Datos de Ensayo										Fórmula			Donde:				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo									$F_m = \frac{P}{A}$			Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm2) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm2)				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																
Fecha:	13/02/2023																
Norma:	NTP 334.051																
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	Resistencia caracte rística "fc" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	7	5.10	5.00	5.20	5.10	26.01	4.90	5.00	4.95	4.90	24.38	25.19	2520			
	MP-2	7	5.00	5.10	5.15	5.05	25.76	5.10	5.05	5.10	5.00	25.63	25.69	3370			
	MP-3	7	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	25.70	3190			
	MP-4	7	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.63	2530			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	5.00	5.00	5.05	5.05	25.25	25.19	3520			
	M (0.2%)-2	7	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	4.85	4.95	5.00	5.05	24.62	24.69	3230			
	M (0.2%)-3	7	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	26.20	3740			
	M (0.2%)-4	7	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	5.00	5.00	5.05	5.10	25.38	25.13	2890			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	5.05	5.00	5.00	5.00	25.13	4.80	4.95	4.95	5.00	24.25	24.69	3330			
	M (0.4%)-2	7	5.15	5.05	5.10	5.10	26.01	5.10	5.00	5.00	5.05	25.38	25.69	3980			
	M (0.4%)-3	7	4.95	5.05	5.00	4.90	24.75	5.25	5.15	5.10	5.15	26.65	25.70	3610			
	M (0.4%)-4	7	5.00	5.05	5.00	5.05	25.25	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	25.63	3290			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	5.00	4.90	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.00	2790			
	M (0.6%)-2	7	5.05	5.00	5.05	5.10	25.50	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	25.88	2890			
	M (0.6%)-3	7	5.00	4.90	4.95	5.00	24.63	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	24.94	2430			
	M (0.6%)-4	7	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	4.90	5.00	5.05	5.00	24.87	25.63	2960			



Tabla 52

Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (14 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																			
Datos de Ensayo										Fórmula					Donde:				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo									$F_m = \frac{P}{A}$					Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm2) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm2)				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																		
Fecha:	20/02/2023																		
Norma:	NTP 334.051																		
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm2)		
		5.10	5.00	5.00	5.05		5.15	5.10	5.20	5.10									
Mortero Patron	MP-1	14	5.10	5.00	5.00	5.05	25.38	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.89	3670					
	MP-2	14	5.25	5.15	5.10	5.15	26.65	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.82	3210					
	MP-3	14	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	5.00	5.00	5.05	5.05	25.25	25.63	3890					
	MP-4	14	5.15	5.05	5.10	5.10	26.01	4.85	4.95	5.00	5.05	24.62	25.32	3080					
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	14	4.95	5.05	5.00	4.90	24.75	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.38	3340					
	M (0.2%)-2	14	5.00	5.05	5.00	5.05	25.25	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.19	3640					
	M (0.2%)-3	14	5.00	4.90	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	24.87	2890					
	M (0.2%)-4	14	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	26.33	3510					
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	14	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	25.06	3950					
	M (0.4%)-2	14	4.90	5.00	5.05	5.00	24.87	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	25.06	4280					
	M (0.4%)-3	14	5.10	5.00	5.20	5.10	26.01	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	25.50	3570					
	M (0.4%)-4	14	5.00	5.10	5.15	5.05	25.76	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	25.88	3450					
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	14	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.00	3670					
	M (0.6%)-2	14	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	26.26	4110					
	M (0.6%)-3	14	4.85	4.95	5.05	5.00	24.62	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	24.94	3890					
	M (0.6%)-4	14	4.90	5.00	4.95	4.90	24.38	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	25.39	3340					



Tabla 53

Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (21 días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																	
Datos de Ensayo																	
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																
Fecha:	27/02/2023																
Norma:	NTP 334.051																
Fórmula $F_m = \frac{P}{A}$																	
Donde: F_m: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) P: Carga puntual (kgf) A: Área de superficie (cm ²)																	
Especímenes cúbicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Área cara superior (cm ²)	Cara Inferior (cm)				Área cara inferior (cm ²)	Área promedio (cm ²)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm ²)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm ²)	Desviación estándar (s)	Resistencia característica "fe" (kg/cm ²)
Mortero Patron	MP-1	21	5.00	5.15	5.10	5.00	25.63	5.15	5.15	5.00	5.20	26.27	25.95	4010			
	MP-2	21	5.05	4.90	4.95	5.10	25.00	5.10	4.90	5.05	5.15	25.50	25.25	4340			
	MP-3	21	5.00	5.00	5.10	5.05	25.38	5.00	5.00	5.00	5.10	25.25	25.31	3720			
	MP-4	21	5.10	5.10	5.00	5.10	25.76	5.00	5.10	5.00	5.05	25.38	25.57	4900			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	5.10	5.00	5.20	5.05	25.88	25.44	4850			
	M (0.2%)-2	21	5.00	5.00	5.00	5.20	25.50	5.05	5.00	4.95	5.00	25.00	25.25	4760			
	M (0.2%)-3	21	5.10	5.00	5.05	5.10	25.63	5.05	5.00	5.10	5.00	25.38	25.50	4220			
	M (0.2%)-4	21	5.00	5.05	5.15	5.00	25.50	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.76	4440			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	5.10	4.90	4.95	5.00	24.88	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.00	4080			
	M (0.4%)-2	21	5.05	5.10	5.00	4.95	25.25	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	25.00	4020			
	M (0.4%)-3	21	5.00	5.00	5.00	5.15	25.38	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.88	4360			
	M (0.4%)-4	21	5.10	5.00	5.25	4.90	25.63	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	25.25	4680			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	5.10	5.00	5.00	4.95	25.12	25.06	4140			
	M (0.6%)-2	21	4.90	5.10	4.90	5.10	25.00	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.70	4720			
	M (0.6%)-3	21	5.05	5.00	5.10	5.15	25.75	4.90	5.00	4.95	5.00	24.63	25.19	3910			
	M (0.6%)-4	21	4.85	4.90	4.95	4.80	23.77	5.15	5.00	5.10	5.00	25.63	24.70	4500			



Tabla 54

Toma de datos del ensayo - resistencia a la compresión del mortero (28 días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																	
Datos de Ensayo										Fórmula							
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo									$F_m = \frac{P}{A}$			Donde:				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero												Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm2)				
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura												P: Carga puntual (kgf)				
Fecha:	06/003/2023												A: Area de superficie (cm2)				
Norma:	NTP 334.051																
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	28	5.15	5.00	5.20	5.10	26.14	5.10	5.10	5.00	5.10	25.76	25.95	4500			
	MP-2	28	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	25.00	4700			
	MP-3	28	5.00	5.00	5.00	5.10	25.25	5.00	5.00	5.00	5.20	25.50	25.38	5690			
	MP-4	28	5.10	5.05	5.00	5.05	25.50	5.10	5.00	5.05	5.10	25.63	25.57	4630			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	5.00	5.15	4.95	5.00	25.25	5.00	5.05	5.15	5.00	25.50	25.38	5090			
	M (0.2%)-2	28	5.00	4.95	5.15	5.10	25.50	5.10	4.90	4.95	5.00	24.88	25.19	4750			
	M (0.2%)-3	28	5.10	5.00	4.90	5.00	25.00	5.05	5.10	5.00	4.95	25.25	25.12	5150			
	M (0.2%)-4	28	5.00	5.00	5.00	4.90	24.75	5.00	5.00	5.00	5.15	25.38	25.06	5570			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	5.00	5.25	5.10	5.05	26.01	5.10	5.00	5.25	4.90	25.63	25.82	4800			
	M (0.4%)-2	28	5.15	5.10	5.15	4.85	25.63	5.05	5.00	5.10	5.00	25.38	25.50	5670			
	M (0.4%)-3	28	4.90	5.00	4.95	5.00	24.63	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.32	5710			
	M (0.4%)-4	28	5.00	5.00	5.00	4.95	24.88	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.00	5170			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	5.10	5.10	5.20	5.10	26.27	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	25.51	4550			
	M (0.6%)-2	28	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.63	4870			
	M (0.6%)-3	28	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	5.00	5.00	5.00	5.05	25.13	25.19	5360			
	M (0.6%)-4	28	5.00	4.95	5.00	5.00	24.88	5.10	5.00	5.05	5.15	25.76	25.32	4930			



3.5.9 Ensayo a la resistencia a la flexión del mortero

A. Equipos e instrumentos

- Espátula.
- Badilejo.
- Recipientes metálicos.
- Moldes prismáticos rectangulares de 4x4x16 cm.
- Máquina de compresión axial.

B. Procedimiento

- Se realizó la mezcla del mortero patrón y el mortero con los porcentajes de nanotubos de carbono.
- Con una franela se aplicó petróleo en los moldes prismáticos rectangulares para facilitar el desmolde.
- Con la ayuda de un badilejo se llenó los moldes en capas y se apisonó con 4 golpes, en total 3 capas y 12 golpes.
- Los especímenes se dejaron en los moldes durante 24 horas, después con mucho cuidado se desmoldó para no romperlo y se procedió a ponerlo en agua para su curado.
- Pasado los 7, 14, 21 y 28 días se sacaron los especímenes del agua y se procedió a medir sus lados, para luego ser sometidos a rotura en la máquina de compresión axial.

Figura47

Mezclado de componentes





Figura 48

Apoyo para el ensayo de resistencia a la flexión.

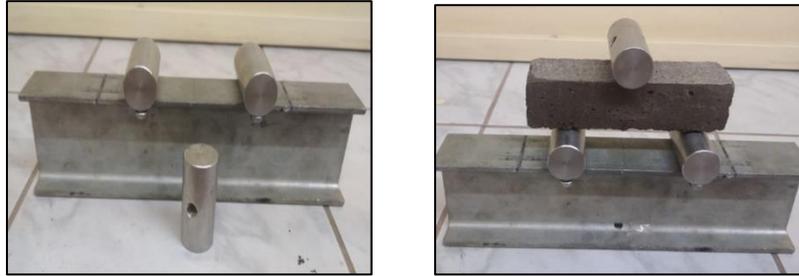


Figura 49

Rotura del espécimen, ensayo a flexión.

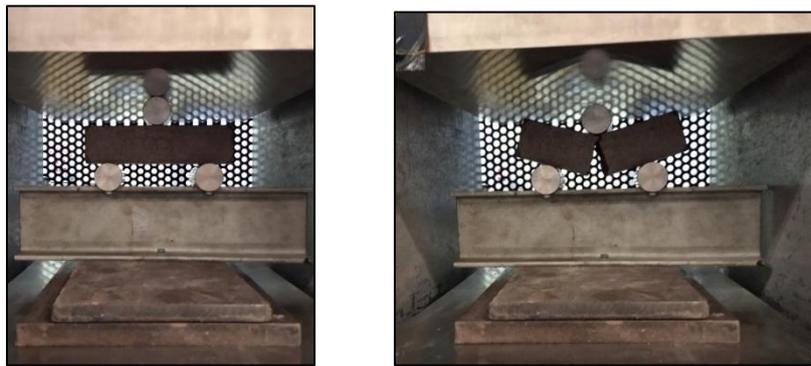


Figura 50

Falla de los prismas rectangulares.





C. Toma de datos

Tabla 55

Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (7 días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"													
Datos de Ensayo					Fórmula				Donde:				
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo				$R_f = 0.0028xP$				Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero												
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Fecha:	09/02/2023												
Norma:	NTP 334.120												
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)
				15.95	16.00	15.90	16.05						
Mortero Patron	MP-1	7	4.13	4.05	15.95	16.00	15.90	16.05	1274.87	3.57	130.00		
	MP-2	7	4.08	4.00	16.15	16.10	16.20	16.20	1176.80	3.30	120.00		
	MP-3	7	4.15	4.01	16.05	16.00	5.90	16.00	1569.07	4.39	160.00		
	MP-4	7	4.03	4.20	16.00	16.15	16.15	16.05	1078.74	3.02	110.00		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	4.03	4.10	16.20	16.05	16.15	16.15	980.67	2.75	100.00		
	M (0.2%)-2	7	4.18	4.01	16.10	16.00	16.15	16.05	1863.27	5.22	190.00		
	M (0.2%)-3	7	4.15	4.06	16.25	16.20	16.35	16.20	1078.74	3.02	110.00		
	M (0.2%)-4	7	4.02	4.16	16.20	16.15	16.20	16.25	1372.94	3.84	140.00		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	3.98	4.02	16.00	15.90	15.95	15.90	1372.94	3.84	140.00		
	M (0.4%)-2	7	4.01	4.11	16.05	15.95	16.00	16.00	1569.07	4.39	160.00		
	M (0.4%)-3	7	4.09	4.03	16.20	16.10	16.15	16.25	1667.14	4.67	170.00		
	M (0.4%)-4	7	4.14	4.05	16.15	16.10	16.20	16.15	1274.87	3.57	130.00		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	4.19	4.12	16.10	16.15	16.15	16.05	1471.01	4.12	150.00		
	M (0.6%)-2	7	4.13	4.06	5.90	16.15	16.00	16.10	980.67	2.75	100.00		
	M (0.6%)-3	7	4.01	4.05	16.15	16.05	16.10	16.15	1078.74	3.02	110.00		
	M (0.6%)-4	7	4.13	4.17	16.15	16.00	16.10	16.05	1176.80	3.30	120.00		



Tabla 56

Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (14 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"													
Datos de Ensayo									Fórmula				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo				$Rf = 0.0028 \times P$				Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero												
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Fecha:	16/02/2023												
Norma:	NTP 334.120												
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviación estandar (s)
Mortero Patron	MP-1	14	4.16	4.14	16.20	16.15	16.15	16.10	1471.01	4.12	150		
	MP-2	14	4.02	4.19	15.95	16.00	16.10	16.05	1863.27	5.22	190		
	MP-3	14	4.11	4.13	16.00	16.15	16.10	16.05	1765.21	4.94	180		
	MP-4	14	4.03	4.01	16.15	16.05	16.20	16.20	2059.41	5.77	210		
Mortero 0.2%	M (0.2%) -1	14	3.95	4.13	16.20	16.15	16.30	16.25	2353.61	6.59	240		
	M (0.2%) -2	14	4.01	4.13	16.15	16.20	16.10	16.10	2255.54	6.32	230		
	M (0.2%) -3	14	4.06	4.08	16.00	16.15	16.10	16.10	2255.54	6.32	230		
	M (0.2%) -4	14	4.16	4.15	16.10	15.90	16.00	5.90	2059.41	5.77	210		
Mortero 0.4%	M (0.4%) -1	14	4.02	4.03	16.00	15.95	16.00	16.05	2647.81	7.41	270		
	M (0.4%) -2	14	4.14	4.05	16.15	16.00	16.05	16.15	2353.61	6.59	240		
	M (0.4%) -3	14	4.19	4.12	16.05	16.10	16.15	16.10	2157.47	6.04	220		
	M (0.4%) -4	14	4.13	4.06	16.00	16.00	16.05	15.95	2451.68	6.86	250		
Mortero 0.6%	M (0.6%) -1	14	3.96	3.99	16.15	16.25	16.20	16.10	1863.27	5.22	190		
	M (0.6%) -2	14	3.97	4.01	16.20	16.15	16.15	16.10	2059.41	5.77	210		
	M (0.6%) -3	14	4.12	4.05	16.15	16.05	16.10	16.15	2059.41	5.77	210		
	M (0.6%) -4	14	4.19	4.12	15.95	16.00	5.90	16.05	1765.21	4.94	180		



Tabla 57

Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (21 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"													
Datos de Ensayo					Fórmula								
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo				$R_f = 0.0028xP$				Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero												
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Fecha:	23/02/2023												
Norma:	NTP 334.120												
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)
Mortero Patron	MP-1	21	4.02	4.03	16.15	16.20	16.10	16.10	2549.74	7.14	260.00		
	MP-2	21	4.14	4.05	16.00	16.15	16.10	16.10	2059.41	5.77	210.00		
	MP-3	21	4.19	4.12	16.10	15.90	16.00	5.90	2549.74	7.14	260.00		
	MP-4	21	4.13	4.06	16.00	15.95	16.00	16.05	2255.54	6.32	230.00		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	3.96	3.99	16.15	16.00	16.05	16.15	2843.94	7.96	290.00		
	M (0.2%)-2	21	4.14	4.02	16.05	15.95	16.00	16.00	2647.81	7.41	270.00		
	M (0.2%)-3	21	4.19	4.11	16.20	16.10	16.15	16.25	2549.74	7.14	260.00		
	M (0.2%)-4	21	4.12	4.03	16.15	16.10	16.20	16.15	2647.81	7.41	270.00		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	4.06	3.95	16.10	16.15	16.15	16.05	2745.88	7.69	280.00		
	M (0.4%)-2	21	3.95	4.01	5.90	16.15	16.00	16.10	3236.21	9.06	330.00		
	M (0.4%)-3	21	4.13	4.06	16.15	16.05	16.10	16.15	3138.14	8.79	320.00		
	M (0.4%)-4	21	4.02	3.99	16.15	16.00	16.10	16.05	2942.01	8.24	300.00		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	3.97	4.01	16.05	16.00	5.90	16.00	2745.88	7.69	280.00		
	M (0.6%)-2	21	4.06	4.00	16.00	16.15	16.15	16.05	2549.74	7.14	260.00		
	M (0.6%)-3	21	4.12	4.01	16.20	16.05	16.15	16.15	2549.74	7.14	260.00		
	M (0.6%)-4	21	4.19	4.05	16.10	16.00	16.15	16.05	2255.54	6.32	230.00		



Tabla 58

Toma de datos del ensayo - resistencia a la flexión del mortero (28 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo					Fórmula									
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo				$R_f = 0.0028xP$					Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:	02/03/2023													
Norma:	NTP 334.120													
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	
Mortero Patron	MP-1	28	3.96	3.99	16.15	16.15	16.20	16.15	2843.94	7.96	290.00			
	MP-2	28	3.97	4.01	16.15	16.05	15.95	16.00	2745.88	7.69	280.00			
	MP-3	28	4.12	4.05	16.35	16.20	16.00	16.15	2942.01	8.24	300.00			
	MP-4	28	4.19	4.12	16.20	16.25	16.15	16.05	3138.14	8.79	320.00			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	4.01	4.13	15.95	15.90	16.20	16.15	3236.21	9.06	330.00			
	M (0.2%)-2	28	4.06	4.08	16.00	16.00	16.15	16.20	3040.08	8.51	310.00			
	M (0.2%)-3	28	4.14	4.02	16.15	16.25	16.00	16.15	3726.55	10.43	380.00			
	M (0.2%)-4	28	4.19	4.11	16.20	16.15	16.10	15.90	2942.01	8.24	300.00			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	4.12	4.03	16.10	15.90	16.00	5.90	4216.88	11.81	430.00			
	M (0.4%)-2	28	4.06	3.95	16.00	15.95	16.00	16.05	4511.08	12.63	460.00			
	M (0.4%)-3	28	4.05	4.15	16.15	16.00	16.05	16.15	3824.61	10.71	390.00			
	M (0.4%)-4	28	4.11	4.13	16.05	16.10	16.15	16.10	3334.28	9.34	340.00			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	4.03	4.01	16.00	16.00	16.05	15.95	3824.61	10.71	390.00			
	M (0.6%)-2	28	3.95	4.13	16.15	16.25	16.20	16.10	4020.75	11.26	410.00			
	M (0.6%)-3	28	4.01	4.13	16.05	15.95	16.00	16.00	3922.68	10.98	400.00			
	M (0.6%)-4	28	4.06	4.08	16.20	16.10	16.15	16.25	3726.55	10.43	380.00			



3.5.10 Ensayo adherencia a cizalle

A. Equipos e instrumentos

- Espátula.
- Badilejo.
- Recipientes metálicos.
- Ladrillo King Kong de 18 huecos.
- Máquina de compresión axial.

B. Procedimiento

- Se realizó a poner los ladrillos en agua por 30 minutos para su saturación.
- Realizamos la mezcla del mortero patron y el mortero con los porcentajes de nanotubos de carbono.
- Se realizó el asentado de ladrillos con el mortero patron y el mortero con los nanotubos de carbono a diferentes porcentajes, con una junta de 1.5 cm.
- Después se procedió a realizar el curado correspondiente durante 28 días.
- Después del curado se procedió a realizar el ensayo de adherencia corte por cizalla utilizando la máquina de compresión axial.

Figura 51

Saturación del ladrillo.



Figura52

Ensayo de adherencia de los especímenes de albañilería



Figura53

Especímenes de albañilería





C. Toma de datos

Tabla 59

Toma de datos del ensayo – adherencia corte por cizalla del mortero (28 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo					Fórmulas									
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo				$A = \frac{P}{S}$ $\tau'_m = \tau_0 + (\mu)\sigma_c$			τ'm: Resistencia al corte por cizalla (Mpa) μ: Coeficiente de fricción τo: Resistencia unitaria al corte por cizalla						
Ensayo:	Resistencia a la adherencia corte por													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:	31/03/2023													
Norma:	NCh.167													
Muestra	Carga puntual "P"(kg)	Dimensiones		Area(cm ²)	Esfuerzo de compresión (σ) en (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión (σ) en (Mpa)	Resistencia unitaria de corte por cizalla τo (Mpa)	Coeficiente de fricción (μ)	τ'm (Mpa)	τ'm (kg/cm ²)	τ'm promedio (Mpa)	τ'm promedio (kg/cm ²)	Desviación estandar (s)	Resistencia característica a "fc" (kg/cm ²)
		Largo(cm)	Ancho(cm)											
Mortero Patron	MP-1	3250	12	12	288									
	MP-2	2370	12	12	288									
	MP-3	2140	12	12	288									
	MP-4	2530	12	12	288									
	MP-5	2770	12	12	288									
Mortero 0.2%	M1-(0.2%)	3050	12	12	288									
	M2-(0.2%)	2830	12	12	288									
	M3-(0.2%)	3340	12	12	288									
	M4-(0.2%)	3120	12	12	288									
	M5-(0.2%)	3440	12	12	288									
Mortero 0.4%	M1-(0.4%)	3580	12	12	288									
	M2-(0.4%)	3610	12	12	288									
	M3-(0.4%)	3950	12	12	288									
	M4-(0.4%)	3970	12	12	288									
	M5-(0.4%)	3460	12	12	288									
Mortero 0.6%	M1-(0.6%)	3010	12	12	288									
	M2-(0.6%)	3490	12	12	288									
	M3-(0.6%)	3520	12	12	288									
	M4-(0.6%)	3680	12	12	288									
	M5-(0.6%)	3300	12	12	288									



3.6 Procedimiento de análisis de datos

3.6.1 Ensayo de granulometría y módulo de fineza de los agregados finos

A. Procedimiento o cálculo de la prueba.

- Después de haber tamizado el agregado, se obtuvo los pesos retenidos en cada tamiz, con los datos obtenidos se procedió a realizar los cálculos de la siguiente manera:
- Se determino el Peso Corregido.

$$PC = PR + \frac{\text{Desperdicio}}{N^{\circ} \text{ de mallas}}$$

- Se determino el Porcentaje Retenido.

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} * 100$$

- Se determino el Porcentaje Acumulado.

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \%R(i) + \%R(i + 1)$$

- Se determino el Porcentaje que Pasa.

$$\% \text{Que pasa} = 100 - \% \text{Acumulado}$$

- Se determino el Módulo de Fineza.

$$MF = \frac{\sum \text{Ret. Acumulado} (N^{\circ} 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Donde:

PC: Peso Corregido

PR: Peso Retenido



%R: Porcentaje Retenido

MF: Modulo de Fineza

B. Diagrama y tablas.

- Agregado fino de la cantera de Cunyac.

Tabla 60

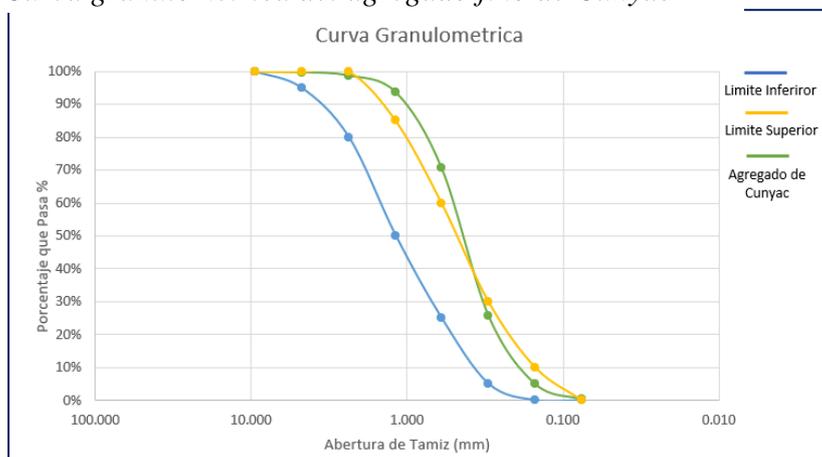
Análisis de la granulometría y módulo de fineza del “agregado fino de Cunyac”.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"						
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo					
Ensayo:	Granulometría del Agregado Fino					
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura					
Fecha:	11/10/2022					
Cantera:	Cunyac					
Norma:	NTP 400.012					
Peso de la	1000					

Peso de la Muestra:			1000	gr		
Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado
(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 4	4.750	2.70	2.79	0.28	99.72	0.28
N° 8	2.360	10.00	10.09	1.01	98.71	1.29
N° 16	1.180	51.10	51.19	5.12	93.59	6.41
N° 30	0.600	230.10	230.19	23.02	70.58	29.43
N° 50	0.300	448.10	448.19	44.82	25.76	74.24
N° 100	0.150	206.70	206.79	20.68	5.08	94.92
N° 200	0.075	46.40	46.49	4.65	0.43	99.57
Fondo		4.20	4.29	0.43	0.00	100.00
Total		999.30	1000.00	100.00		
					MF	1.50

Figura54

Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac





- Agregado fino de la cantera de Vicho.

Tabla 61

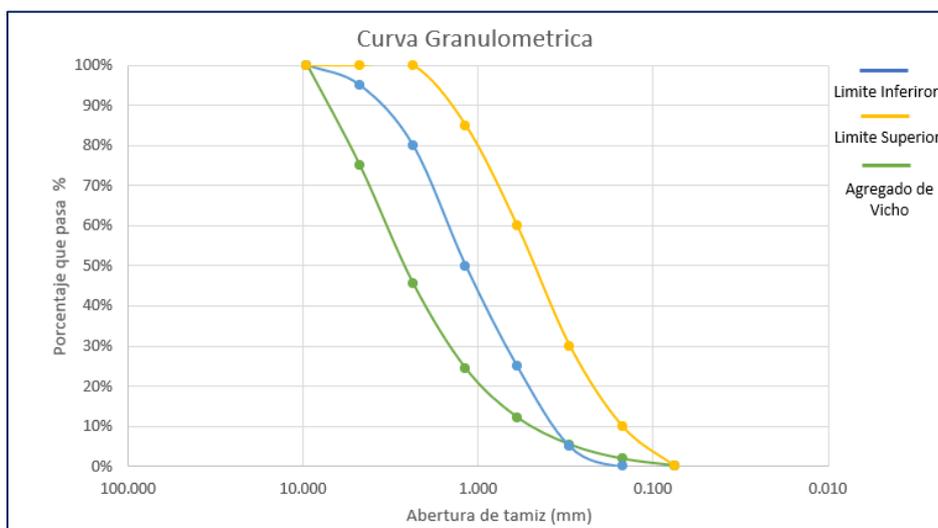
Análisis de la granulometría y módulo de fineza del “agregado fino de Vicho”.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 1.5%, 3%, 4.5% Y 6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"						
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo					
Ensayo:	Granulometria del Agregado Fino					
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura					
Fecha:	11/10/2022					
Cantera:	Vicho					
Norma:	NTP 400.012					
Peso de la	1001					

Peso de la Muestra:			1001	gr		
Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado
(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 4	4.750	250.30	250.45	25.02	74.98	25.02
N° 8	2.360	294.50	294.65	29.44	45.54	54.46
N° 16	1.180	212.60	212.75	21.25	24.29	75.71
N° 30	0.600	121.50	121.65	12.15	12.14	87.86
N° 50	0.300	68.00	68.15	6.81	5.33	94.67
N° 100	0.150	35.10	35.25	3.52	1.81	98.19
N° 200	0.075	16.80	16.95	1.69	0.11	99.89
Fondo		1.00	1.15	0.11	0.00	100.00
Total		999.80	1001.00	100.00		
					MF	4.11

Figura 55

Curva granulométrica del agregado fino de Vicho.





- Combinación de cantera

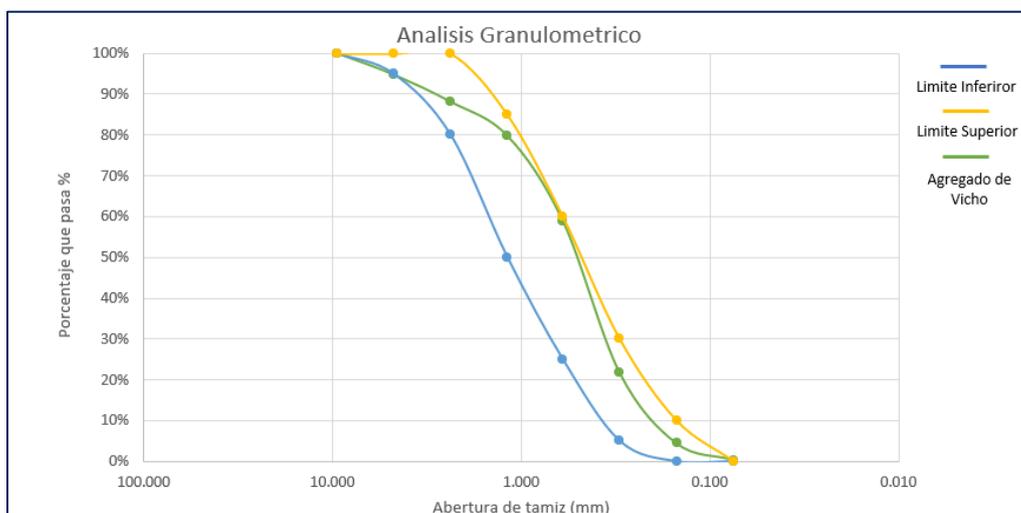
Tabla 62

Análisis de la granulometría y módulo de fineza de la combinación de canteras.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 1.5%, 3%, 4.5% Y 6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																																																																																								
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																																																																																							
Ensayo:	Granulometría del Agregado Fino																																																																																																							
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																																																																							
Fecha:	11/10/2022																																																																																																							
Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)																																																																																																							
Peso de la	1000																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso de la Muestra:</th> <th>1000</th> <th>gr</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Abertura</th> <th>Peso retenido</th> <th>Peso Corregido</th> <th>Porcentaje Retenido</th> <th>Porcentaje que pasa</th> <th>Porcentaje acumulado</th> </tr> <tr> <th>(N°)</th> <th>(mm)</th> <th>(gr)</th> <th>(gr)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N° 4</td> <td>4.750</td> <td>52.22</td> <td>52.30</td> <td>5.23</td> <td>94.77</td> <td>5.23</td> </tr> <tr> <td>N° 8</td> <td>2.360</td> <td>66.90</td> <td>66.98</td> <td>6.70</td> <td>88.07</td> <td>11.93</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.180</td> <td>83.40</td> <td>83.48</td> <td>8.35</td> <td>79.73</td> <td>20.27</td> </tr> <tr> <td>N° 30</td> <td>0.600</td> <td>208.38</td> <td>208.46</td> <td>20.85</td> <td>58.88</td> <td>41.12</td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0.300</td> <td>372.08</td> <td>372.16</td> <td>37.22</td> <td>21.66</td> <td>78.34</td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0.150</td> <td>172.38</td> <td>172.46</td> <td>17.25</td> <td>4.42</td> <td>95.58</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0.075</td> <td>40.48</td> <td>40.56</td> <td>4.06</td> <td>0.36</td> <td>99.64</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>3.56</td> <td>3.64</td> <td>0.36</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td> <td>999.40</td> <td>1000.00</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td>MF</td> <td>2.47</td> </tr> </tbody> </table>							Peso de la Muestra:			1000	gr			Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado	(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)	3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	N° 4	4.750	52.22	52.30	5.23	94.77	5.23	N° 8	2.360	66.90	66.98	6.70	88.07	11.93	N° 16	1.180	83.40	83.48	8.35	79.73	20.27	N° 30	0.600	208.38	208.46	20.85	58.88	41.12	N° 50	0.300	372.08	372.16	37.22	21.66	78.34	N° 100	0.150	172.38	172.46	17.25	4.42	95.58	N° 200	0.075	40.48	40.56	4.06	0.36	99.64	Fondo		3.56	3.64	0.36	0.00	100.00	Total		999.40	1000.00	100.00								MF	2.47
Peso de la Muestra:			1000	gr																																																																																																				
Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado																																																																																																		
(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)																																																																																																		
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00																																																																																																		
N° 4	4.750	52.22	52.30	5.23	94.77	5.23																																																																																																		
N° 8	2.360	66.90	66.98	6.70	88.07	11.93																																																																																																		
N° 16	1.180	83.40	83.48	8.35	79.73	20.27																																																																																																		
N° 30	0.600	208.38	208.46	20.85	58.88	41.12																																																																																																		
N° 50	0.300	372.08	372.16	37.22	21.66	78.34																																																																																																		
N° 100	0.150	172.38	172.46	17.25	4.42	95.58																																																																																																		
N° 200	0.075	40.48	40.56	4.06	0.36	99.64																																																																																																		
Fondo		3.56	3.64	0.36	0.00	100.00																																																																																																		
Total		999.40	1000.00	100.00																																																																																																				
					MF	2.47																																																																																																		

Figura 56

Curva granulométrica de la combinación de agregado.





C. Análisis de la prueba

Según la noma E070, el componente de agregado fino para el mortero:

- No deberá quedar retenido más del 50 % de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5.
- Según la **figura 85**, la curva granulométrica del agregado fino de Cunyac, no está dentro de los límites superior e inferior y su módulo de fineza es de 1.50, lo cual no cumple con los parámetros de la norma E070.
- Según la **figura 86**, la curva granulométrica del agregado fino de Vicho, no está dentro de los límites superior e inferior y su módulo de fineza es de 4.11, lo cual no cumple con los parámetros de la norma E070.
- Como se aprecia en los análisis granulométricos de agregado fino de la cantera de Cunyac y Vicho, no cumple con los parámetros establecidos según la norma E070, por esta razón es que se hizo la combinación de agregados en porcentajes de, Cunyac (80%) y Vicho (20%).
- Con esta combinación de canteras, se aprecia en la **figura 87** la curva granulométrica está dentro de los límites superior e inferior y su módulo de fineza es de 2.47, con lo cual cumple con los parámetros de la norma E070.

3.6.2 Ensayo de peso específico y absorción

A. Procesamiento o cálculo de la prueba

- Para poder hallar el peso específico y la absorción, se realizó los cálculos con las siguientes expresiones:
- Se determinó el peso específico de la masa “**Pem**”.

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$



- Se determino el peso específico de la masa saturada con superficie seca “**PeSSS**”.

$$PeSSS = \frac{S}{B + S - C}$$

- Se determino el peso específico aparente “**Pea**”.

$$Pea = \frac{A}{B + A - C}$$

- Se determino el porcentaje de absorción “**Abs.**”.

$$Abs. = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

A= Masa de la muestra seca al horno (gr).

B= Masa del picnómetro llenado de agua (gr).

C= Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua (gr).

S= Masa de la muestra saturado superficialmente seca. (gr)



B. Diagramas y tablas

Tabla 63

Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Cunyac.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo		
Ensayo:	Peso específico y absorción		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:	20/10/2022		
<u>Datos de Ensayo</u>			
Cantera:	Cunyac		
Norma:	NTP 400.022		
<u>Descripción</u>			
Masa de la muestra seca al horno	A	gr	491.20
Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr	693.80
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	1003.40
Volumen de la fiola	V	cm³	500.00
Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.00
<u>Peso específico de la masa</u>			
$P_{em} = \frac{A}{B+S-C}$	Pem	gr/cm³	2.58
<u>Peso específico de la masa saturada con superficie seca</u>			
$P_{eSSS} = \frac{S}{B+S-C}$	PeSSS	gr/cm³	2.63
<u>Peso específico aparente</u>			
$P_{ea} = \frac{A}{B+A-C}$	Pea	gr/cm³	2.70
<u>Porcentaje de absorción</u>			
$Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%	1.79



Tabla 64

Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Vicho.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo		
Ensayo:	Peso específico y absorción		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:	21/10/2022		
Datos de Ensayo			
Cantera:	Vicho		
Norma:	NTP 400.022		
Descripción			
Masa de la muestra seca al horno	A	gr	491.70
Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr	681.90
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	998.30
Volumen de la fiola	V	cm3	500.00
Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.00
Peso específico de la masa			
$P_{em} = \frac{A}{B+S-C}$	Pem	gr/cm3	2.68
Peso específico de la masa saturada con superficie seca			
$P_{eSSS} = \frac{S}{B+S-C}$	PeSSS	gr/cm3	2.72
Peso específico aparente			
$P_{ea} = \frac{A}{B+A-C}$	Pea	gr/cm3	2.80
Porcentaje de absorción			
$Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%	1.69



Tabla 65

Análisis de datos del peso específico y absorción de la combinación de canteras.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																																									
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																								
Ensayo:	Peso específico y absorción																																								
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																								
Fecha:	22/10/2022																																								
Datos de Ensayo																																									
Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)																																								
Norma:	NTP 400.022																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Símbolo</th> <th style="text-align: center;">Unidad</th> <th style="text-align: center;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Masa de la muestra seca al horno</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">489.80</td> </tr> <tr> <td>Masa del picnómetro llenado de agua</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">681.40</td> </tr> <tr> <td>Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">994.30</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la fiola</td> <td style="text-align: center;">V</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> <td style="text-align: center;">500.00</td> </tr> <tr> <td>Masa de la muestra saturado superficialmente seca</td> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">500.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso específico de la masa $P_{em} = \frac{A}{B+S-C}$</td> <td style="text-align: center;">P_{em}</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.62</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso específico de la masa saturada con superficie seca $P_{eSSS} = \frac{S}{B+S-C}$</td> <td style="text-align: center;">P_{eSSS}</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.67</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso específico aparente $P_{ea} = \frac{A}{B+A-C}$</td> <td style="text-align: center;">P_{ea}</td> <td style="text-align: center;">gr/cm³</td> <td style="text-align: center;">2.77</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Porcentaje de absorción $Abs = \frac{S-A}{A} * 100$</td> <td style="text-align: center;">Abs</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">2.08</td> </tr> </tbody> </table>		Descripción	Símbolo	Unidad	Valor	Masa de la muestra seca al horno	A	gr	489.80	Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr	681.40	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	994.30	Volumen de la fiola	V	cm ³	500.00	Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.00	Peso específico de la masa $P_{em} = \frac{A}{B+S-C}$	P _{em}	gr/cm ³	2.62	Peso específico de la masa saturada con superficie seca $P_{eSSS} = \frac{S}{B+S-C}$	P _{eSSS}	gr/cm ³	2.67	Peso específico aparente $P_{ea} = \frac{A}{B+A-C}$	P _{ea}	gr/cm ³	2.77	Porcentaje de absorción $Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%	2.08
Descripción	Símbolo	Unidad	Valor																																						
Masa de la muestra seca al horno	A	gr	489.80																																						
Masa del picnómetro llenado de agua	B	gr	681.40																																						
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	C	gr	994.30																																						
Volumen de la fiola	V	cm ³	500.00																																						
Masa de la muestra saturado superficialmente seca	S	gr	500.00																																						
Peso específico de la masa $P_{em} = \frac{A}{B+S-C}$	P _{em}	gr/cm ³	2.62																																						
Peso específico de la masa saturada con superficie seca $P_{eSSS} = \frac{S}{B+S-C}$	P _{eSSS}	gr/cm ³	2.67																																						
Peso específico aparente $P_{ea} = \frac{A}{B+A-C}$	P _{ea}	gr/cm ³	2.77																																						
Porcentaje de absorción $Abs = \frac{S-A}{A} * 100$	Abs	%	2.08																																						

Figura 57

Grafica de la comparación de pesos específicos.

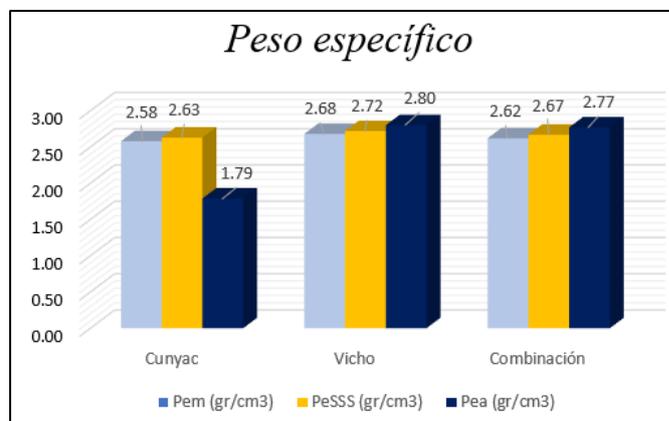
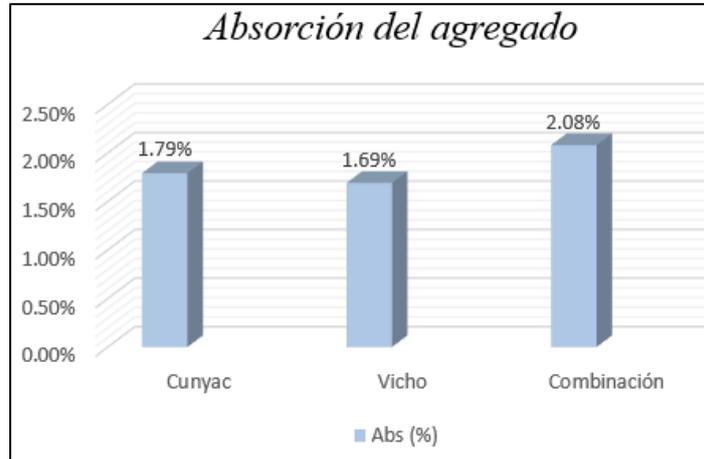




Figura 58

Absorción de los agregados.



C. Análisis de la prueba

- Según la tabla 50, el peso específico de la masa (PEM) es 2.58 gr/cm³, peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS) es 2.63 gr/cm³, el peso específico aparente (Pea) es 1.79 gr/cm³ con una absorción de 1.79%, para el agregado de Cunyac.
- Según la tabla 51, el peso específico de la masa (PEM) es 2.68 gr/cm³, peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS) es 2.72 gr/cm³, el peso específico aparente (Pea) es 1.80 gr/cm³ con una absorción de 1.69%, para el agregado de Vicho.
- Según la tabla 52, el peso específico de la masa (PEM) es 2.62 gr/cm³, peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS) es 2.67 gr/cm³, el peso específico aparente (Pea) es 1.79 gr/cm³ con una absorción de 2.77%, para la combinación de agregados.



3.6.3 Ensayo de contenido de humedad

A. Procesamiento o cálculo de la prueba

- Para obtener el contenido de humedad de los agregados finos, se utiliza la siguiente ecuación:
- Se determina el contenido de humedad.

$$P\% = \frac{(W - D)}{D} * 100$$

Donde:

W= Masa de la muestra húmeda original en gramos (gr).

D= Masa de la muestra seca en gramos (gr).

P%= Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%).

B. Diagramas y tablas

Tabla 66

Análisis de los datos de contenido de humedad del agregado de Cunyac.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo			
Ensayo:	Contenido de Humedad			
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Fecha:	08/11/2022			
Datos de Ensayo				
Cantera:	Cunyac			
Norma:	NTP 339.185			
Peso de la muestra:	500 gr			
	Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
	W	Peso Inicial	gr	500.00
	D	Peso Final	gr	479.40
	$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	4.30



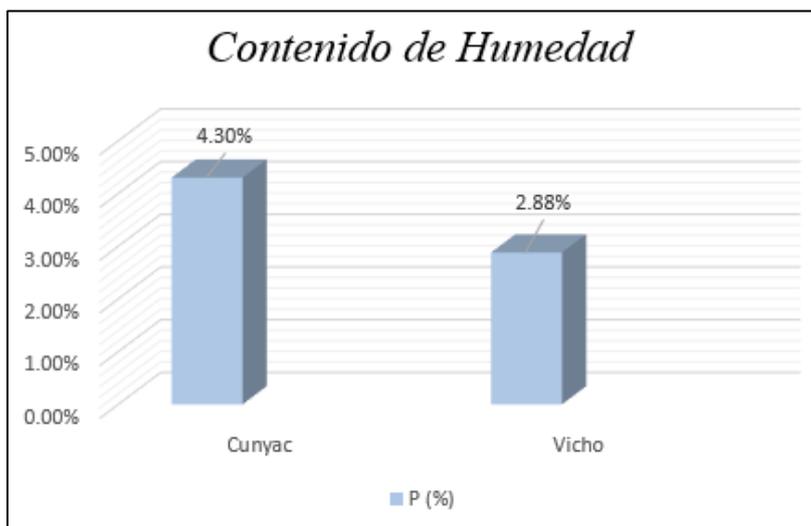
Tabla 67

Análisis de los datos de contenido de humedad del agregado de Vicho.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRÓN - CUSCO 2022"																	
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																
Ensayo:	Contenido de Humedad																
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																
Fecha:	08/11/2022																
Datos de Ensayo																	
Cantera:	Vicho																
Norma:	NTP 339.185																
Peso de la muestra:	500 gr																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W</td> <td>Peso Inicial</td> <td>gr</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Peso Final</td> <td>gr</td> <td>486.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$</td> <td>%</td> <td>2.88</td> </tr> </tbody> </table>		Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso Inicial	gr	500.00	D	Peso Final	gr	486.00	$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	2.88
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor														
W	Peso Inicial	gr	500.00														
D	Peso Final	gr	486.00														
$p (\%) = \frac{(W-D)}{D} * 100$		%	2.88														

Figura 59

Gráfico de la comparación de contenido de humedad de los agregados fino.





C. Análisis de la prueba

- De acuerdo al ensayo de contenido de humedad nos indica, el contenido de humedad del agregado de Cunyac es de 4.30% y el agregado de Vicho es de 2.88%.
- Según el Grafico 90, el agregado de Cunyac tiene mayor contenido de humedad, por lo cual absorbe mayor cantidad de agua.
- La norma no indica el máximo ni el mínimo de contenido de humedad que debe contener, pero hay que tener en consideración para la corrección por humedad en el diseño de mezcla del mortero.

3.6.4 Ensayo de peso unitario

A. Procesamiento o cálculo de la prueba

- Con los datos obtenidos se procede a calcular el peso unitario suelto y peso unitario compactado del agregado fino:
- Se determina el peso unitario suelto (**M_s**).

$$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$$

- Se determina el peso unitario compactado (**M_c**).

$$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$$

- Se determina el volumen del recipiente (**V**).

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

Donde:

M_c= Peso unitario compactado (kg/m³).

M_s= Peso unitario Suelto (kg/m³).



T= Peso del recipiente (kg).

G_s= Peso del recipiente más agregado suelto (kg).

G_c= Peso del recipiente más agregado compactado (kg).

V= Volumen del recipiente (m³).

D= Diámetro del recipiente (m).

H= Altura del recipiente (m).

B. Diagramas y tablas

Tabla 68

Análisis de datos de peso unitario del agregado de Cunyac.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																																											
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo																																																										
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino																																																										
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																																										
Fecha:	17/10/2022																																																										
Cantera:	Cunyac																																																										
Norma:	NTP 400.017																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Altura del molde (m)</th> <th>Diámetro del molde (m)</th> <th>Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.169</td> <td>0.153</td> <td>11.960</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.166</td> <td>0.152</td> <td>11.920</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.167</td> <td>0.153</td> <td>11.970</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>0.167</td> <td>0.153</td> <td>11.950</td> </tr> </tbody> </table>				Medida	Altura del molde (m)	Diámetro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)	1	0.169	0.153	11.960	2	0.166	0.152	11.920	3	0.167	0.153	11.970	Promedio	0.167	0.153	11.950																																				
Medida	Altura del molde (m)	Diámetro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)																																																								
1	0.169	0.153	11.960																																																								
2	0.166	0.152	11.920																																																								
3	0.167	0.153	11.970																																																								
Promedio	0.167	0.153	11.950																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Simbolo</th> <th>Descripcion</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg</td> <td>7.545</td> </tr> <tr> <td>G_s</td> <td>Peso del recipiente mas agregado</td> <td>Kg</td> <td>11.950</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$</td> <td>Kg/m³</td> <td>1438.09</td> </tr> <tr> <th>Simbolo</th> <th>Descripcion</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg</td> <td>7.550</td> </tr> <tr> <td>G_c</td> <td>Peso del recipiente mas agregado</td> <td>Kg</td> <td>12.350</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.166</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$</td> <td>Kg/m³</td> <td>1576.462</td> </tr> </tbody> </table>				Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg	7.545	G_s	Peso del recipiente mas agregado	Kg	11.950	V	Volumen del recipiente	m³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.153	H	Altura del recipiente	m	0.167	$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$		Kg/m³	1438.09	Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg	7.550	G_c	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.350	V	Volumen del recipiente	m³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.153	H	Altura del recipiente	m	0.166	$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$		Kg/m³	1576.462
Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor																																																								
T	Peso del recipiente	Kg	7.545																																																								
G_s	Peso del recipiente mas agregado	Kg	11.950																																																								
V	Volumen del recipiente	m³	0.003																																																								
D	Diámetro del recipiente	m	0.153																																																								
H	Altura del recipiente	m	0.167																																																								
$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$		Kg/m³	1438.09																																																								
Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor																																																								
T	Peso del recipiente	Kg	7.550																																																								
G_c	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.350																																																								
V	Volumen del recipiente	m³	0.003																																																								
D	Diámetro del recipiente	m	0.153																																																								
H	Altura del recipiente	m	0.166																																																								
$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$		Kg/m³	1576.462																																																								



Tabla 69

Análisis de datos de peso unitario del agregado de Vicho.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo		
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:	17/10/2022		
Cantera:	Vicho		
Norma:	NTP 400.017		

Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
1	0.167	0.152	12.090
2	0.166	0.153	12.120
3	0.166	0.153	12.175
Promedio	0.166	0.153	12.128

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.545
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.128
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$		Kg/m ³	1505.303

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gc	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.533
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$		Kg/m ³	1643.261



Tabla 70

Análisis de datos de peso unitario de la combinación de canteras.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"			
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo		
Ensayo:	Peso Unitario del Agregado Fino		
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
Fecha:	18/10/2022		
Cantera:	Cunyac (80%) y Vicho (20%)		
Norma:	NTP 400.017		

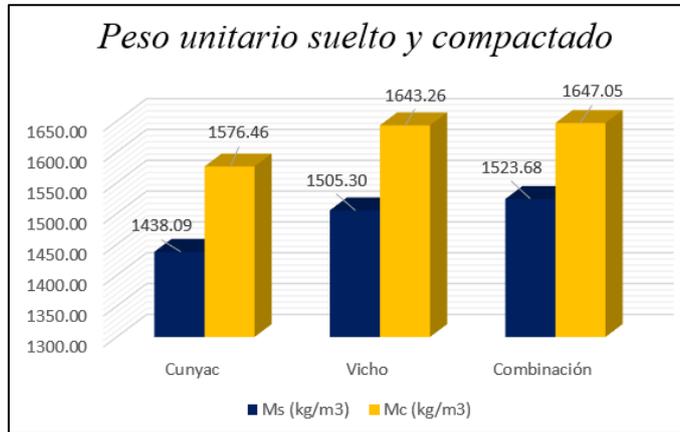
Medida	Altura del molde (m)	Diametro del molde (m)	Peso del recipiente + Agregado Suelto (Kg)
1	0.166	0.152	12.160
2	0.166	0.153	12.180
3	0.166	0.153	12.200
Promedio	0.166	0.153	12.180

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gs	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.180
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
$M_s = \frac{(G_s - t)}{V}$		Kg/m3	1523.683

Simbolo	Descripcion	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg	7.550
Gc	Peso del recipiente mas agregado	Kg	12.567
V	Volumen del recipiente	m3	0.003
D	Diametro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166
$M_c = \frac{(G_c - t)}{V}$		Kg/m3	1647.052

Figura 60

Grafica de la comparación de pesos unitario suelto y compactado de los agregados finos y combinación.



C. Análisis de la prueba

- Según la **Tabla 55**, el ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado fino de Cunyac es: Ms = 1438.09 y Mc = 1576.46.
- Según la **Tabla 56**, el ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado fino de Vicho es: Ms = 1505.30 y Mc = 1643.26.
- Según la **Tabla 57**, el ensayo de peso unitario suelto y compactado para la combinación de agregado es: Ms = 1523.68 y Mc = 1647.05.
- La norma no establece ningún valor mínimo y máximo para el peso unitario.

3.6.5 Ensayo de fluidez del mortero

A. Procesamiento o cálculo de la prueba.

- Para los cálculos de consistencia del mortero se utilizó la siguiente fórmula:
- Se determinó la fluidez del mortero.

$$\%F = \frac{(DP - D_o)}{D_o} * 100$$



Donde:

%F= Valor del flujo de la muestra elaborada (%).

DP= Diámetro promedio de las mediciones (cm).

Do= Diámetro inicial, diámetro inferior del molde (cm)

B. Diagramas y tablas

Tabla 71

Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero patrón.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"									
Datos de Ensayo									
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo			Fórmula $\%f = \frac{(DP-Do)}{Do} * 100$			Donde: %f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%) DP: Diametro promedio de las mediciones (cm) Do: Diametro inicial, diametro inferior del molde (cm)		
Ensayo:	Fluidez del mortero								
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura								
Fecha:	06/02/2023								
Norma:	NTP 334.057								
Muestra		Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)
Mortero Patrón	MP-1	0.55	8.90	15.50	15.65	15.30	15.40	15.46	73.74
	MP-2	0.58	8.90	19.15	19.20	19.25	19.20	19.20	115.73
	MP-3	0.63	8.90	19.90	20.10	20.00	20.15	20.04	125.14

Figura 61

Grafica de la fluidez del mortero patrón con respecto a la relación a/c.

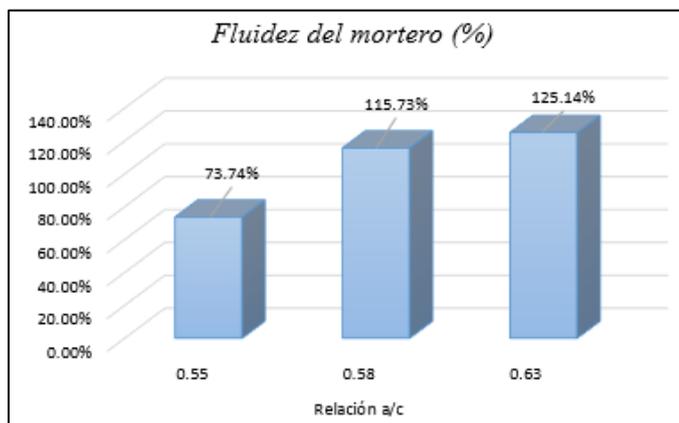


Tabla 72

Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.2% de N.C.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"									
Datos de Ensayo								Donde:	
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo							Fórmula	
Ensayo:	Fluidez del mortero							$\% f = \frac{(DP - D_o)}{D_o} * 100$	
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura							%f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%)	
Fecha:	06/02/2023							DP: Diametro promedio de las mediciones (cm)	
Norma:	NTP 334.057							Do: Diametro inicial, diametro inferior del molde (cm)	
Muestra	Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)	
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	0.55	8.90	15.00	15.15	14.90	15.10	15.04	68.96
	M (0.2%)-2	0.58	8.90	17.90	18.00	18.10	18.05	18.01	102.39
	M (0.2%)-3	0.63	8.90	19.45	19.50	19.65	19.60	19.55	119.66

Figura 62

Grafica de la fluidez del mortero con 0.2% de N.C con respecto a la relación agua – cemento.

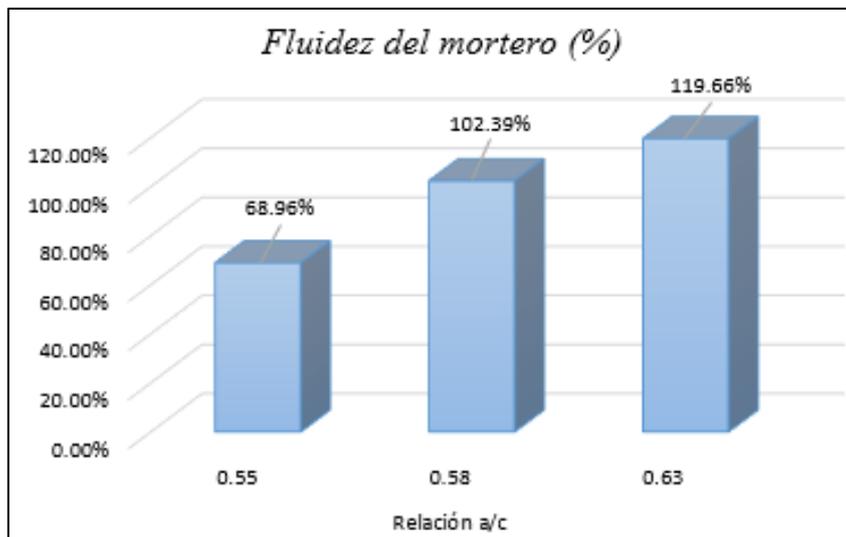




Tabla 73

Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.4% de N.C.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																																														
Datos de Ensayo																																														
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo			Fórmula $\% f = \frac{(DP - D_o)}{D_o} * 100$				Donde: %f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%) DP: Diametro promedio de las mediciones (cm) Do: Diametro inicial, diametro inferior del molde (cm)																																						
Ensayo:	Fluidez del mortero																																													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																																													
Fecha:	06/02/2023																																													
Norma:	NTP 334.057																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>Relación a/c</th> <th>Diametro inicial "Do" (cm)</th> <th>D1(cm)</th> <th>D2(cm)</th> <th>D3(cm)</th> <th>D4(cm)</th> <th>Diametro promedio (DP)</th> <th>Fluidez (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Mortero 0.4%</td> <td>M (0.4%)-1</td> <td>0.55</td> <td>8.90</td> <td>14.30</td> <td>14.50</td> <td>14.55</td> <td>14.40</td> <td>14.44</td> <td>62.22</td> </tr> <tr> <td>M (0.4%)-2</td> <td>0.58</td> <td>8.90</td> <td>16.80</td> <td>16.50</td> <td>16.75</td> <td>16.60</td> <td>16.66</td> <td>87.22</td> </tr> <tr> <td>M (0.4%)-3</td> <td>0.63</td> <td>8.90</td> <td>19.35</td> <td>19.40</td> <td>19.45</td> <td>19.50</td> <td>19.43</td> <td>118.26</td> </tr> </tbody> </table>										Muestra	Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)	Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	0.55	8.90	14.30	14.50	14.55	14.40	14.44	62.22	M (0.4%)-2	0.58	8.90	16.80	16.50	16.75	16.60	16.66	87.22	M (0.4%)-3	0.63	8.90	19.35	19.40	19.45	19.50	19.43	118.26
Muestra	Relación a/c	Diametro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diametro promedio (DP)	Fluidez (%)																																						
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	0.55	8.90	14.30	14.50	14.55	14.40	14.44	62.22																																					
	M (0.4%)-2	0.58	8.90	16.80	16.50	16.75	16.60	16.66	87.22																																					
	M (0.4%)-3	0.63	8.90	19.35	19.40	19.45	19.50	19.43	118.26																																					

Figura 63

Grafica de la fluidez del mortero con 0.4% de N.C con respecto a la relación agua – cemento.

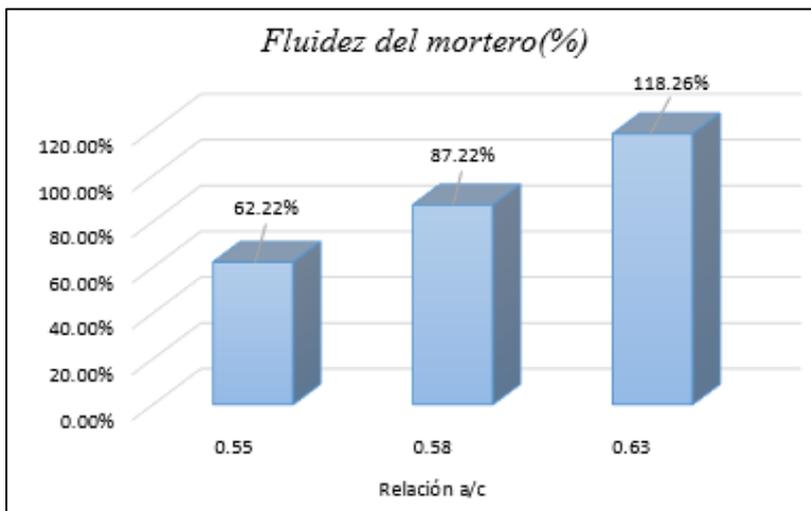




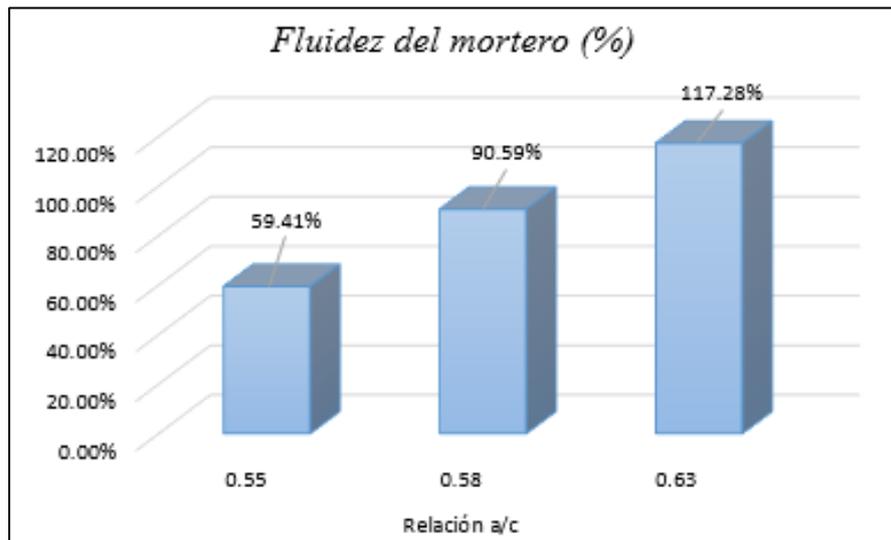
Tabla 74

Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero con 0.6% de N.C.

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"									
Datos de Ensayo									
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo			Fórmula $\% f = \frac{(DP - Do)}{Do} * 100$			Donde: %f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%) DP: Diámetro promedio de las mediciones (cm) Do: Diámetro inicial, diámetro inferior del molde (cm)		
Ensayo:	Fluidez del mortero								
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura								
Fecha:	06/02/2023								
Norma:	NTP 334.057								
Muestra		Relación a/c	Diámetro inicial "Do" (cm)	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D4(cm)	Diámetro promedio (DP)	Fluidez (%)
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	0.55	8.90	14.15	14.10	14.30	14.20	14.19	59.41
	M (0.6%)-2	0.58	8.90	16.85	17.00	17.10	16.90	16.96	90.59
	M (0.6%)-3	0.63	8.90	19.25	19.30	19.45	19.35	19.34	117.28

Figura 64

Grafica de la fluidez del mortero con 0.6% de N.C con respecto a la relación agua – cemento.





Análisis de la prueba

- Los resultados del ensayo de fluidez del mortero se observaron que con la relación a/c del diseño de mezcla, la fluidez el mortero no se encuentra dentro de los parámetros (100-120%), por lo cual se procedió a incrementar la relación a/c, dando los siguientes resultados:
- Según la **Tabla 58** para el mortero patrón, se utilizó la relación a/c de 0.58, el cual nos dio una fluidez de 115.73% y se encuentra dentro del rango establecido.
- Según la **Tabla 59** para el mortero patrón, se utilizó la relación a/c de 0.63, el cual nos dio una fluidez de 119.66% y se encuentra dentro del rango establecido.
- Según la **Tabla 60** para el mortero patrón, se utilizó la relación a/c de 0.63, el cual nos dio una fluidez de 118.26% y se encuentra dentro del rango establecido.
- Según la **Tabla 31** para el mortero patrón, se utilizó la relación a/c de 0.63, el cual nos dio una fluidez de 117.28% y se encuentra dentro del rango establecido.

3.6.6 Ensayo de resistencia a compresión

A. Procesamiento o cálculo del ensayo

- Con los datos obtenidos se procedió a calcular la resistencia a compresión de cada espécimen a diferentes edades utilizando la siguiente formula:
- Se determina la resistencia a compresión.

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

- Se determina la desviación estándar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{prom})^2}{n - 1}}$$

- Se determina la resistencia característica.

$$fc = Fm(prom.) - S$$



Donde:

F_m= Resistencia a la compresión (kg/cm²).

P= Carga puntual (kgf).

A= Área de superficie (cm²).

S= Desviación estándar (kg/cm²).

f_c= Resistencia característica (kg/cm²).



B. Diagramas y tablas

Tabla 75

Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (7 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																		
Datos de Ensayo																		
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo					Fórmula $F_m = \frac{P}{A}$	Donde:											
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero							Fm:	Resistencia a la compresión (kg/cm2)									
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura							P:	Carga puntual (kgf)									
Fecha:	13/02/2023							A:	Area de superficie (cm2)									
Norma:	NTP 334.051																	
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviación estándar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm2)	
Mortero Patron	MP-1	7	5.10	5.00	5.20	5.10	26.01	4.90	5.00	4.95	4.90	24.38	25.19	2520	100.03	113.51	16.59	96.92
	MP-2	7	5.00	5.10	5.15	5.05	25.76	5.10	5.05	5.10	5.00	25.63	25.69	3370	131.17			
	MP-3	7	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	25.70	3190	124.15			
	MP-4	7	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.63	2530	98.71			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	5.00	5.00	5.05	5.05	25.25	25.19	3520	139.76	132.09	12.45	119.64
	M (0.2%)-2	7	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	4.85	4.95	5.00	5.05	24.62	24.69	3230	130.84			
	M (0.2%)-3	7	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	26.20	3740	142.74			
	M (0.2%)-4	7	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	5.00	5.00	5.05	5.10	25.38	25.13	2890	115.02			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	5.05	5.00	5.00	5.00	25.13	4.80	4.95	4.95	5.00	24.25	24.69	3330	134.88	139.65	11.31	128.35
	M (0.4%)-2	7	5.15	5.05	5.10	5.10	26.01	5.10	5.00	5.00	5.05	25.38	25.69	3980	154.91			
	M (0.4%)-3	7	4.95	5.05	5.00	4.90	24.75	5.25	5.15	5.10	5.15	26.65	25.70	3610	140.47			
	M (0.4%)-4	7	5.00	5.05	5.00	5.05	25.25	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	25.63	3290	128.37			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	5.00	4.90	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.00	2790	111.61	109.04	7.94	101.10
	M (0.6%)-2	7	5.05	5.00	5.05	5.10	25.50	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	25.88	2890	111.66			
	M (0.6%)-3	7	5.00	4.90	4.95	5.00	24.63	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	24.94	2430	97.44			
	M (0.6%)-4	7	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	4.90	5.00	5.05	5.00	24.87	25.63	2960	115.47			



Figura 65

Datos de la resistencia a compresión del mortero patrón (7 días).

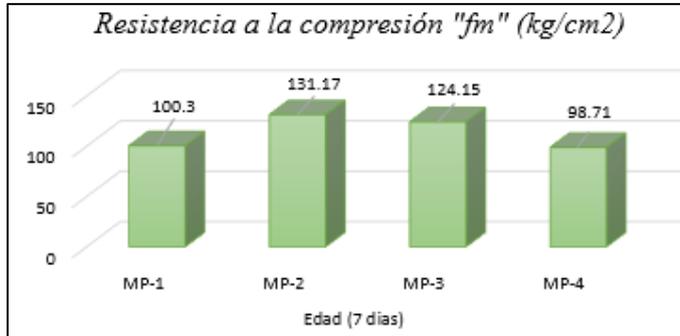


Figura 66

Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (7 días).

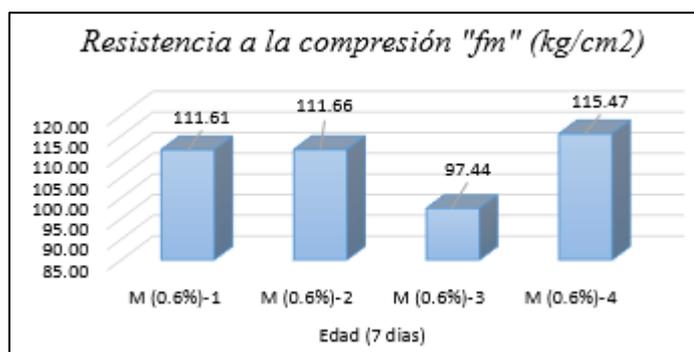
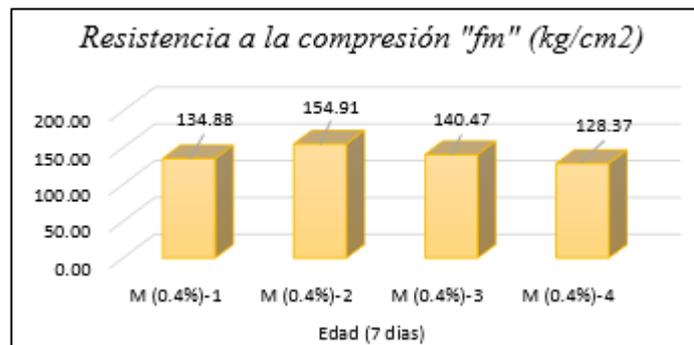
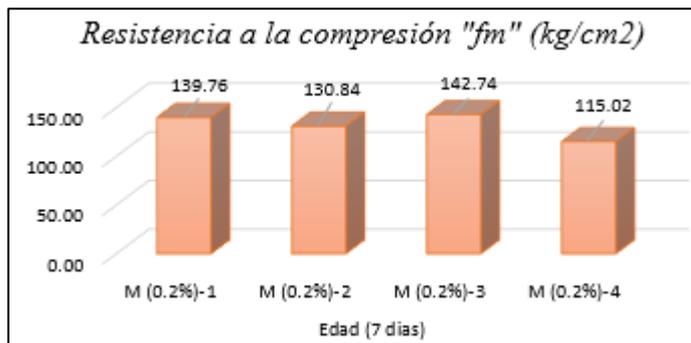




Tabla 76

Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (14 días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																		
Datos de Ensayo												Fórmula		Donde:				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo											$F_m = \frac{P}{A}$		Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm2) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm2)				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																	
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																	
Fecha:	20/02/2023																	
Norma:	NTP 334.051																	
Especímenes cúbicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviación estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm2)	
		5.10	5.00	5.00	5.05		5.15	5.10	5.20	5.10								
Mortero Patron	MP-1	14	5.10	5.00	5.00	5.05	25.38	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.89	3670	141.78	134.88	14.37	120.51
	MP-2	14	5.25	5.15	5.10	5.15	26.65	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.82	3210	124.30			
	MP-3	14	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	5.00	5.00	5.05	5.05	25.25	25.63	3890	151.78			
	MP-4	14	5.15	5.05	5.10	5.10	26.01	4.85	4.95	5.00	5.05	24.62	25.32	3080	121.66			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	14	4.95	5.05	5.00	4.90	24.75	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.38	3340	131.60	131.41	11.65	119.75
	M (0.2%)-2	14	5.00	5.05	5.00	5.05	25.25	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.19	3640	144.52			
	M (0.2%)-3	14	5.00	4.90	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	24.87	2890	116.19			
	M (0.2%)-4	14	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	26.33	3510	133.32			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	14	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	25.06	3950	157.61	150.42	17.01	133.41
	M (0.4%)-2	14	4.90	5.00	5.05	5.00	24.87	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	25.06	4280	170.78			
	M (0.4%)-3	14	5.10	5.00	5.20	5.10	26.01	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	25.50	3570	139.99			
	M (0.4%)-4	14	5.00	5.10	5.15	5.05	25.76	5.10	5.05	5.15	5.10	26.01	25.88	3450	133.30			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	14	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	4.95	5.00	5.00	5.05	25.00	25.00	3670	146.81	147.72	11.65	136.07
	M (0.6%)-2	14	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	5.25	5.10	5.05	5.10	26.26	26.26	4110	156.49			
	M (0.6%)-3	14	4.85	4.95	5.05	5.00	24.62	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	24.94	3890	156.00			
	M (0.6%)-4	14	4.90	5.00	4.95	4.90	24.38	5.15	5.10	5.10	5.20	26.39	25.39	3340	131.57			



Figura67

Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (14dias)

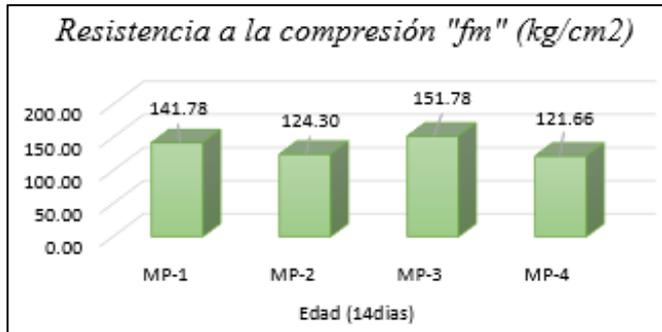


Figura68

Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (14dias)

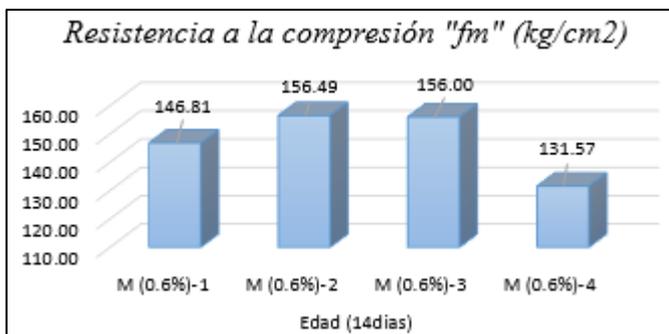
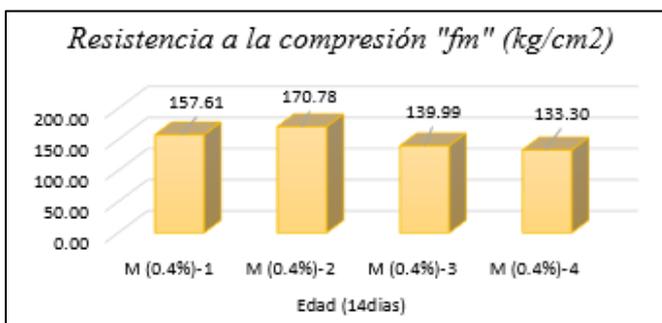
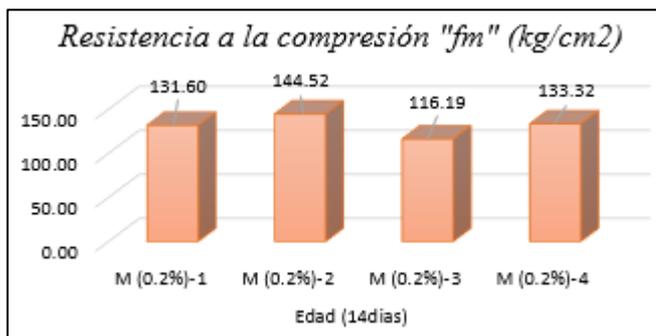




Tabla77

Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (21días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																		
Datos de Ensayo												Fórmula		Donde:				
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo											$F_m = \frac{P}{A}$		Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm ²) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm ²)				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																	
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																	
Fecha:	27/02/2023																	
Norma:	NTP 334.051																	
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm ²)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm ²)	Área promedio (cm ²)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm ²)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm ²)	Desviacion estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm ²)	
Mortero Patron	MP-1	21	5.00	5.15	5.10	5.00	25.63	5.15	5.15	5.00	5.20	26.27	25.95	4010	154.55	166.26	19.89	146.38
	MP-2	21	5.05	4.90	4.95	5.10	25.00	5.10	4.90	5.05	5.15	25.50	25.25	4340	171.88			
	MP-3	21	5.00	5.00	5.10	5.05	25.38	5.00	5.00	5.00	5.10	25.25	25.31	3720	146.96			
	MP-4	21	5.10	5.10	5.00	5.10	25.76	5.00	5.10	5.00	5.05	25.38	25.57	4900	191.66			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	5.10	5.00	5.20	5.05	25.88	25.44	4850	190.64	179.26	12.28	166.97
	M (0.2%)-2	21	5.00	5.00	5.00	5.20	25.50	5.05	5.00	4.95	5.00	25.00	25.25	4760	188.52			
	M (0.2%)-3	21	5.10	5.00	5.05	5.10	25.63	5.05	5.00	5.10	5.00	25.38	25.50	4220	165.47			
	M (0.2%)-4	21	5.00	5.05	5.15	5.00	25.50	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.76	4440	172.39			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	5.10	4.90	4.95	5.00	24.88	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.00	4080	163.20	169.45	11.06	158.38
	M (0.4%)-2	21	5.05	5.10	5.00	4.95	25.25	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	25.00	4020	160.80			
	M (0.4%)-3	21	5.00	5.00	5.00	5.15	25.38	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.88	4360	168.44			
	M (0.4%)-4	21	5.10	5.00	5.25	4.90	25.63	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	25.25	4680	185.33			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	5.10	5.00	5.00	4.95	25.12	25.06	4140	165.19	171.58	13.76	157.82
	M (0.6%)-2	21	4.90	5.10	4.90	5.10	25.00	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.70	4720	183.68			
	M (0.6%)-3	21	5.05	5.00	5.10	5.15	25.75	4.90	5.00	4.95	5.00	24.63	25.19	3910	155.22			
	M (0.6%)-4	21	4.85	4.90	4.95	4.80	23.77	5.15	5.00	5.10	5.00	25.63	24.70	4500	182.21			



Figura69

Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (21días)

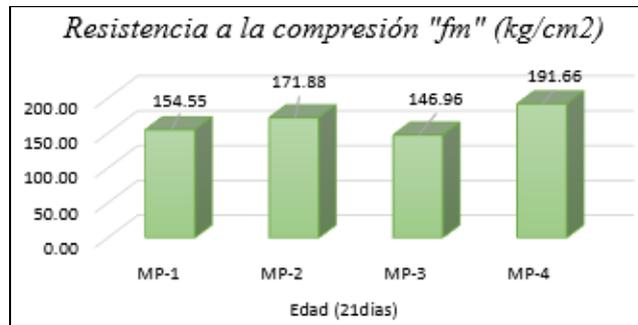


Figura70

Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (21días)

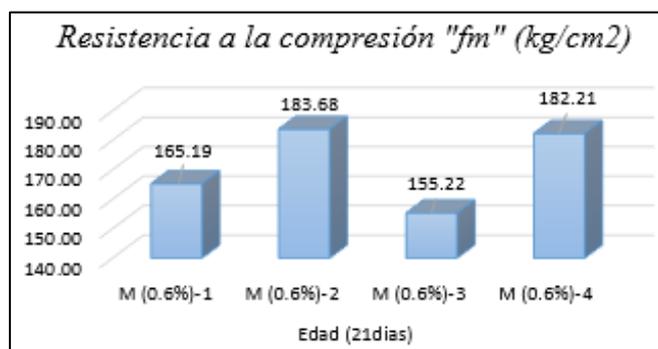
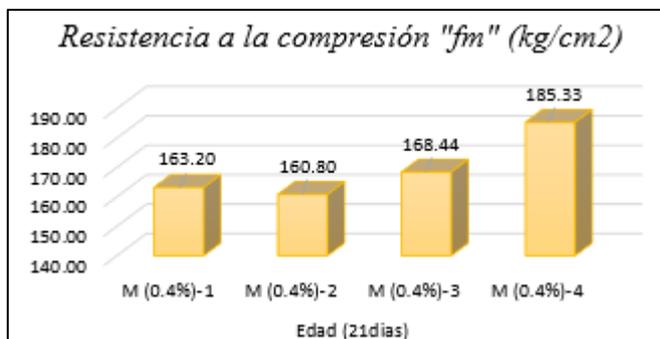
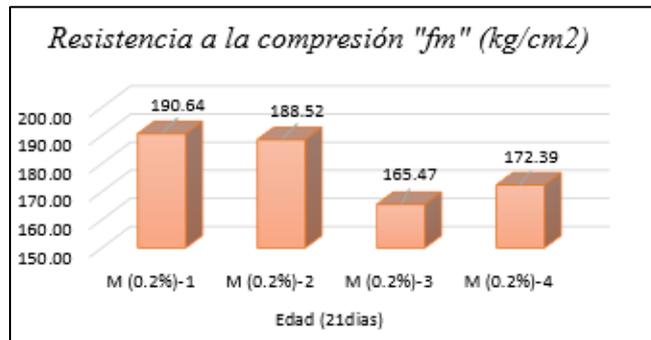




Tabla78

Análisis de datos de la resistencia a compresión del mortero (28días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"																		
Datos de Ensayo												Fórmula		Donde:				
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo											$F_m = \frac{P}{A}$		Fm: Resistencia a la compresión (kg/cm2) P: Carga puntual (kgf) A: Area de superficie (cm2)				
Ensayo:	Resistencia a la compresión del mortero																	
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura																	
Fecha:	06/003/2023																	
Norma:	NTP 334.051																	
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Cara Superior (cm)				Area cara superior (cm2)	Cara Inferior (cm)				Area cara inferior (cm2)	Área promedio (cm2)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)	Resistencia promedio "fm" (kg/cm2)	Desviación estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm2)	
Mortero Patron	MP-1	28	5.15	5.00	5.20	5.10	26.14	5.10	5.10	5.00	5.10	25.76	25.95	4500	173.44	191.70	22.49	169.20
	MP-2	28	4.90	5.00	5.10	5.00	25.00	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	25.00	4700	188.01			
	MP-3	28	5.00	5.00	5.00	5.10	25.25	5.00	5.00	5.00	5.20	25.50	25.38	5690	224.24			
	MP-4	28	5.10	5.05	5.00	5.05	25.50	5.10	5.00	5.05	5.10	25.63	25.57	4630	181.10			
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	5.00	5.15	4.95	5.00	25.25	5.00	5.05	5.15	5.00	25.50	25.38	5090	200.59	204.11	13.94	190.17
	M (0.2%)-2	28	5.00	4.95	5.15	5.10	25.50	5.10	4.90	4.95	5.00	24.88	25.19	4750	188.60			
	M (0.2%)-3	28	5.10	5.00	4.90	5.00	25.00	5.05	5.10	5.00	4.95	25.25	25.12	5150	204.99			
	M (0.2%)-4	28	5.00	5.00	5.00	4.90	24.75	5.00	5.00	5.00	5.15	25.38	25.06	5570	222.24			
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	5.00	5.25	5.10	5.05	26.01	5.10	5.00	5.25	4.90	25.63	25.82	4800	185.91	210.15	18.11	192.04
	M (0.4%)-2	28	5.15	5.10	5.15	4.85	25.63	5.05	5.00	5.10	5.00	25.38	25.50	5670	222.35			
	M (0.4%)-3	28	4.90	5.00	4.95	5.00	24.63	5.10	5.15	5.05	5.10	26.01	25.32	5710	225.53			
	M (0.4%)-4	28	5.00	5.00	5.00	4.95	24.88	5.05	4.90	5.00	5.10	25.12	25.00	5170	206.81			
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	5.10	5.10	5.20	5.10	26.27	4.95	5.00	5.00	4.95	24.75	25.51	4550	178.38	193.98	14.31	179.67
	M (0.6%)-2	28	5.00	5.00	4.95	5.00	24.88	5.15	5.10	5.20	5.10	26.39	25.63	4870	189.98			
	M (0.6%)-3	28	5.00	5.00	5.10	5.00	25.25	5.00	5.00	5.00	5.05	25.13	25.19	5360	212.80			
	M (0.6%)-4	28	5.00	4.95	5.00	5.00	24.88	5.10	5.00	5.05	5.15	25.76	25.32	4930	194.75			



Figura71

Datos de la resistencia a compresión del mortero patron (28días).

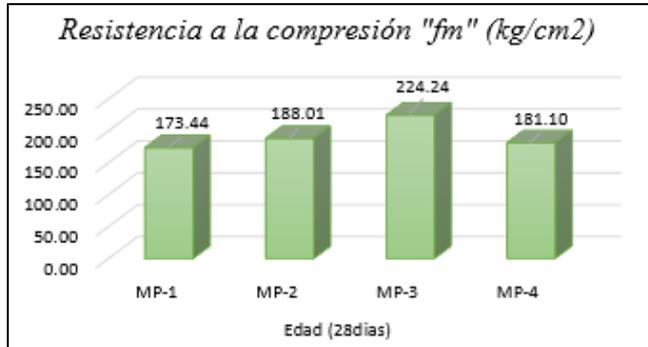
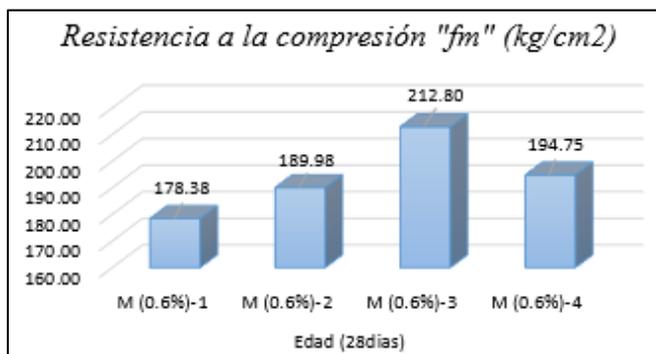
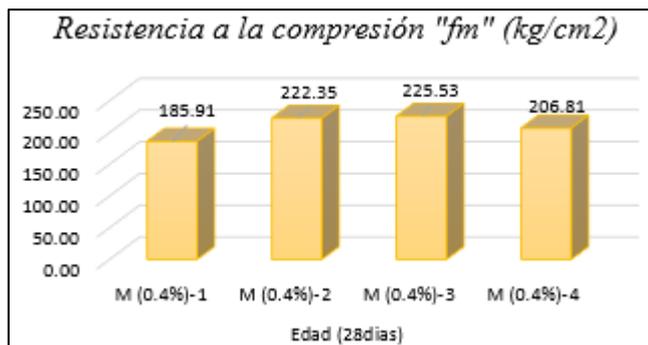
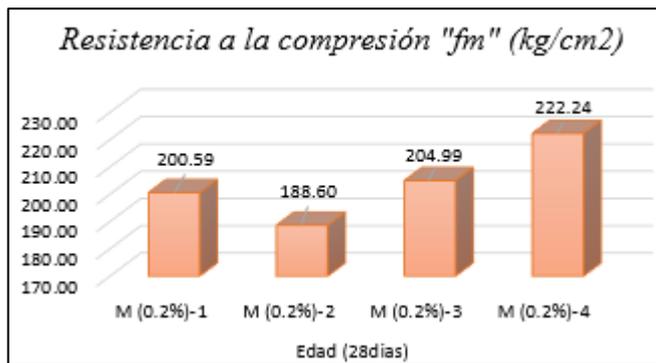


Figura72

Datos de la resistencia a compresión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28días)





C. Análisis de la prueba

- En el ensayo de resistencia a la compresión del mortero patrón a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 191.70 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la compresión del mortero con 0.2% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 204.11 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la compresión del mortero con 0.4% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 210.15 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la compresión del mortero con 0.6% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 193.98 kg/cm².
- Se puede observar una disminución de la resistencia a partir del incremento de 0.6% de N.C.

3.6.7 Ensayo de resistencia a la flexión

A. Procesamiento o cálculo del ensayo

- Con los datos obtenidos se procedió a calcular la resistencia a la flexión de cada espécimen a diferentes edades utilizando la siguiente formula:
- Se determina la resistencia a compresión.

$$Rf = 0.0028 * P$$

- Se determina la desviación estándar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{prom})^2}{n - 1}}$$

- Se determina la resistencia característica.

$$fc = Rf(prom) - S$$



Donde:

R_f = Resistencia a la flexión (Mpa).

P = Carga puntual (N).

S = Desviación estándar (kg/cm²).

f_c = Resistencia característica (kg/cm²).



B. Diagramas y tablas

Tabla 79

Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (7 días).

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo								Fórmula						
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo							$R_f = 0.0028xP$	Donde:					
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero								Rf: Resistencia a la flexión (Mpa)					
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura								P: Carga puntual (N)					
Fecha:	09/02/2023													
Norma:	NTP 334.120													
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	
Mortero Patron	MP-1	7	4.13	4.05	15.95	16.00	15.90	16.05	1274.87	3.57	130.00	36.40	36.40	6.05
	MP-2	7	4.08	4.00	16.15	16.10	16.20	16.20	1176.80	3.30	120.00	33.60		
	MP-3	7	4.15	4.01	16.05	16.00	5.90	16.00	1569.07	4.39	160.00	44.80		
	MP-4	7	4.03	4.20	16.00	16.15	16.15	16.05	1078.74	3.02	110.00	30.80		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	4.03	4.10	16.20	16.05	16.15	16.15	980.67	2.75	100.00	28.00	37.80	11.32
	M (0.2%)-2	7	4.18	4.01	16.10	16.00	16.15	16.05	1863.27	5.22	190.00	53.20		
	M (0.2%)-3	7	4.15	4.06	16.25	16.20	16.35	16.20	1078.74	3.02	110.00	30.80		
	M (0.2%)-4	7	4.02	4.16	16.20	16.15	16.20	16.25	1372.94	3.84	140.00	39.20		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	3.98	4.02	16.00	15.90	15.95	15.90	1372.94	3.84	140.00	39.20	42.00	5.11
	M (0.4%)-2	7	4.01	4.11	16.05	15.95	16.00	16.00	1569.07	4.39	160.00	44.80		
	M (0.4%)-3	7	4.09	4.03	16.20	16.10	16.15	16.25	1667.14	4.67	170.00	47.60		
	M (0.4%)-4	7	4.14	4.05	16.15	16.10	16.20	16.15	1274.87	3.57	130.00	36.40		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	4.19	4.12	16.10	16.15	16.15	16.05	1471.01	4.12	150.00	42.00	33.60	6.05
	M (0.6%)-2	7	4.13	4.06	5.90	16.15	16.00	16.10	980.67	2.75	100.00	28.00		
	M (0.6%)-3	7	4.01	4.05	16.15	16.05	16.10	16.15	1078.74	3.02	110.00	30.80		
	M (0.6%)-4	7	4.13	4.17	16.15	16.00	16.10	16.05	1176.80	3.30	120.00	33.60		



Figura73

Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (7dias)

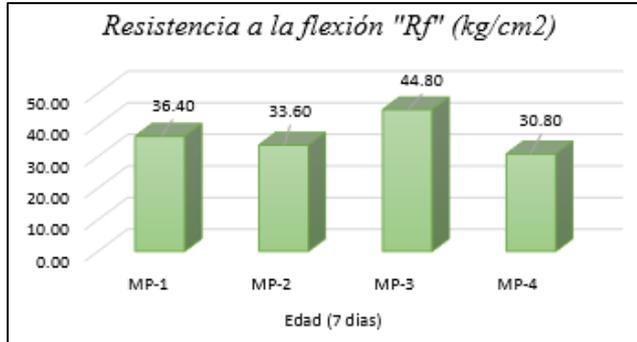


Figura74

Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (7dias)

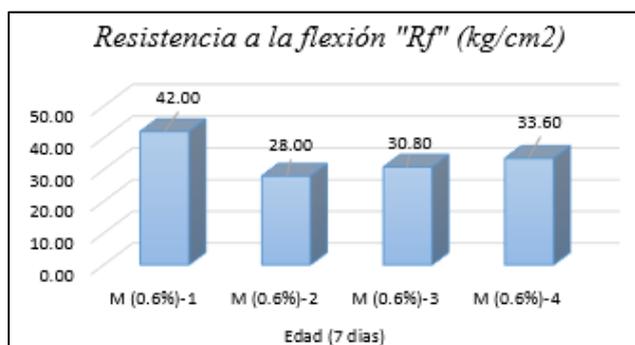
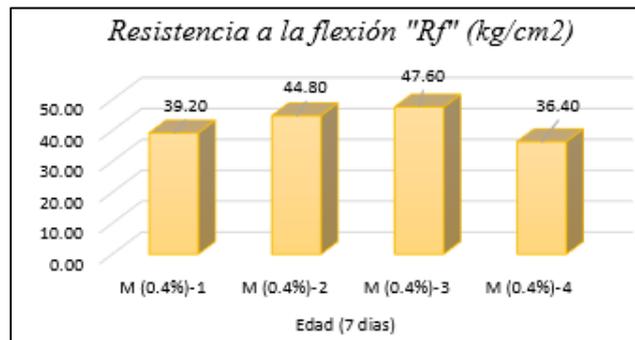
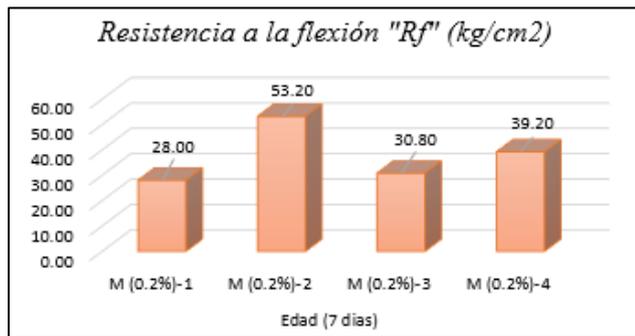




Tabla80

Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (14días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo														
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo				Fórmula $R_f = 0.0028 \times P$					Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:	16/02/2023													
Norma:	NTP 334.120													
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	
Mortero Patron	MP-1	14	4.16	4.14	16.20	16.15	16.15	16.10	1471.01	4.12	150	42.00	51.10	7.00
	MP-2	14	4.02	4.19	15.95	16.00	16.10	16.05	1863.27	5.22	190	53.20		
	MP-3	14	4.11	4.13	16.00	16.15	16.10	16.05	1765.21	4.94	180	50.40		
	MP-4	14	4.03	4.01	16.15	16.05	16.20	16.20	2059.41	5.77	210	58.80		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	14	3.95	4.13	16.20	16.15	16.30	16.25	2353.61	6.59	240	67.20	63.70	3.52
	M (0.2%)-2	14	4.01	4.13	16.15	16.20	16.10	16.10	2255.54	6.32	230	64.40		
	M (0.2%)-3	14	4.06	4.08	16.00	16.15	16.10	16.10	2255.54	6.32	230	64.40		
	M (0.2%)-4	14	4.16	4.15	16.10	15.90	16.00	5.90	2059.41	5.77	210	58.80		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	14	4.02	4.03	16.00	15.95	16.00	16.05	2647.81	7.41	270	75.60	68.60	5.83
	M (0.4%)-2	14	4.14	4.05	16.15	16.00	16.05	16.15	2353.61	6.59	240	67.20		
	M (0.4%)-3	14	4.19	4.12	16.05	16.10	16.15	16.10	2157.47	6.04	220	61.60		
	M (0.4%)-4	14	4.13	4.06	16.00	16.00	16.05	15.95	2451.68	6.86	250	70.00		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	14	3.96	3.99	16.15	16.25	16.20	16.10	1863.27	5.22	190	53.20	55.30	4.20
	M (0.6%)-2	14	3.97	4.01	16.20	16.15	16.15	16.10	2059.41	5.77	210	58.80		
	M (0.6%)-3	14	4.12	4.05	16.15	16.05	16.10	16.15	2059.41	5.77	210	58.80		
	M (0.6%)-4	14	4.19	4.12	15.95	16.00	5.90	16.05	1765.21	4.94	180	50.40		



Figura75

Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (14días)

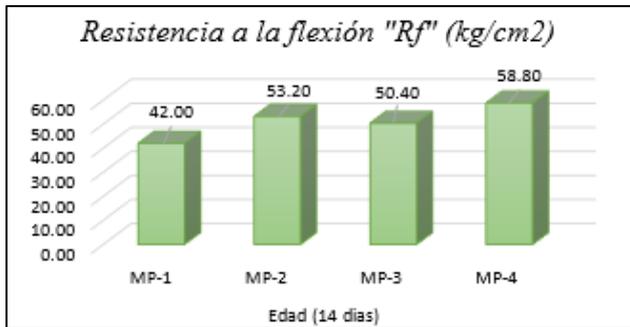


Figura76

Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (14días)

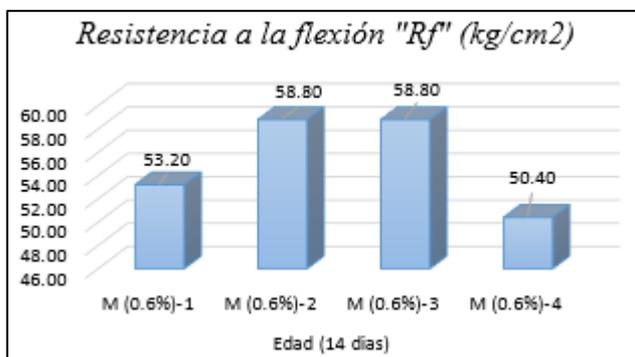
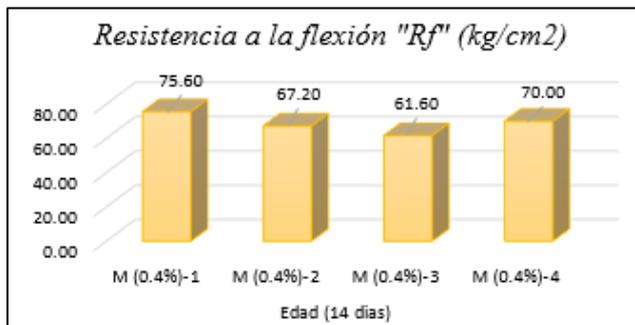
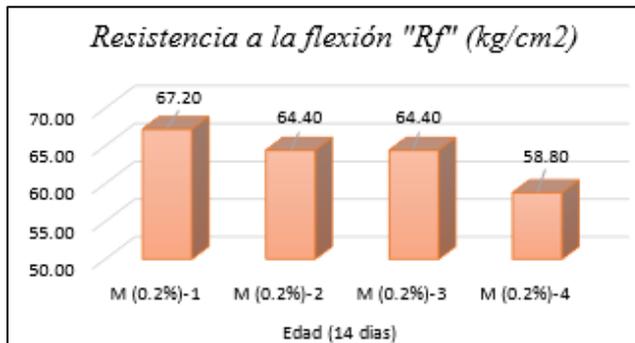




Tabla81

Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (21días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo					Fórmula									
Autor:	Espinoza Garcia, Edson Ricardo				Rf = 0.0028xP					Donde: Rf: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:	23/02/2023													
Norma:	NTP 334.120													
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "Rf" (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)	Resistencia promedio "Rf" (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	
				16.15	16.20	16.10	16.10							
Mortero Patron	MP-1	21	4.02	4.03	16.15	16.20	16.10	16.10	2549.74	7.14	260.00	72.80	67.20	6.86
	MP-2	21	4.14	4.05	16.00	16.15	16.10	16.10	2059.41	5.77	210.00	58.80		
	MP-3	21	4.19	4.12	16.10	15.90	16.00	5.90	2549.74	7.14	260.00	72.80		
	MP-4	21	4.13	4.06	16.00	15.95	16.00	16.05	2255.54	6.32	230.00	64.40		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	3.96	3.99	16.15	16.00	16.05	16.15	2843.94	7.96	290.00	81.20	76.30	3.52
	M (0.2%)-2	21	4.14	4.02	16.05	15.95	16.00	16.00	2647.81	7.41	270.00	75.60		
	M (0.2%)-3	21	4.19	4.11	16.20	16.10	16.15	16.25	2549.74	7.14	260.00	72.80		
	M (0.2%)-4	21	4.12	4.03	16.15	16.10	16.20	16.15	2647.81	7.41	270.00	75.60		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	4.06	3.95	16.10	16.15	16.15	16.05	2745.88	7.69	280.00	78.40	86.10	6.21
	M (0.4%)-2	21	3.95	4.01	5.90	16.15	16.00	16.10	3236.21	9.06	330.00	92.40		
	M (0.4%)-3	21	4.13	4.06	16.15	16.05	16.10	16.15	3138.14	8.79	320.00	89.60		
	M (0.4%)-4	21	4.02	3.99	16.15	16.00	16.10	16.05	2942.01	8.24	300.00	84.00		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	3.97	4.01	16.05	16.00	5.90	16.00	2745.88	7.69	280.00	78.40	72.10	5.77
	M (0.6%)-2	21	4.06	4.00	16.00	16.15	16.15	16.05	2549.74	7.14	260.00	72.80		
	M (0.6%)-3	21	4.12	4.01	16.20	16.05	16.15	16.15	2549.74	7.14	260.00	72.80		
	M (0.6%)-4	21	4.19	4.05	16.10	16.00	16.15	16.05	2255.54	6.32	230.00	64.40		



Figura77

Datos de la resistencia ala flexión del mortero patron (21dias)

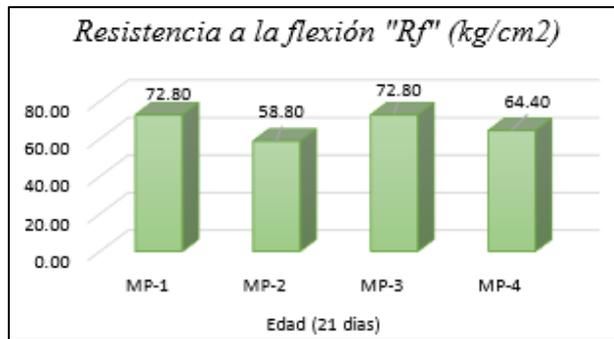


Figura78

Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (21dias)

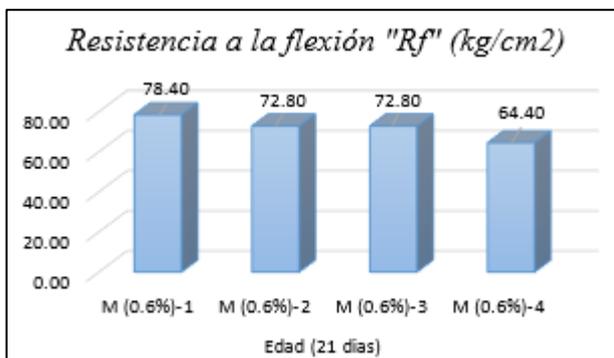
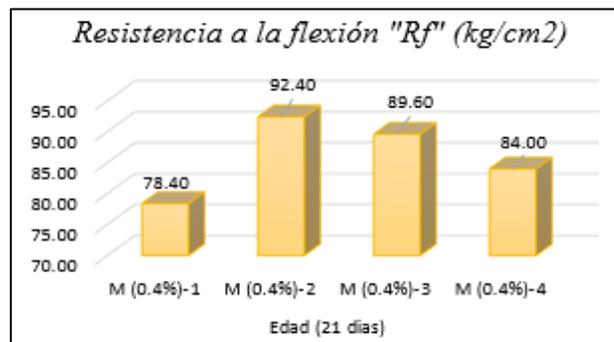
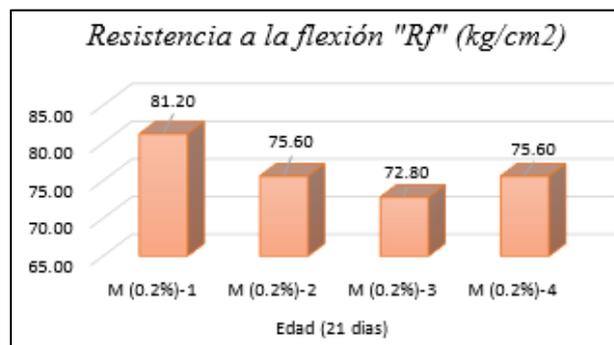




Tabla82

Análisis de datos de la resistencia a la flexión del mortero (28días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"														
Datos de Ensayo										Fórmula				
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo									$R_f = 0.0028 \times P$				
Ensayo:	Resistencia a la flexión del mortero													
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura													
Fecha:	02/03/2023													
Norma:	NTP 334.120									Donde: R_f: Resistencia a la flexión (Mpa) P: Carga puntual (N)				
Especímenes cubicos de mortero	Edad (días)	Altura promedio (cm)	Base promedio (cm)	longitud (cm)				Carga Puntual "P" (N)	Resistencia a la flexión "R _f " (Mpa)	Carga Puntual "P" (kgf)	Resistencia a la flexión "R _f " (kg/cm2)	Resistencia promedio "R _f " (kg/cm2)	Desviacion estandar (s)	
Mortero Patron	MP-1	28	3.96	3.99	16.15	16.15	16.20	16.15	2843.94	7.96	290.00	81.20	83.30	4.78
	MP-2	28	3.97	4.01	16.15	16.05	15.95	16.00	2745.88	7.69	280.00	78.40		
	MP-3	28	4.12	4.05	16.35	16.20	16.00	16.15	2942.01	8.24	300.00	84.00		
	MP-4	28	4.19	4.12	16.20	16.25	16.15	16.05	3138.14	8.79	320.00	89.60		
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	4.01	4.13	15.95	15.90	16.20	16.15	3236.21	9.06	330.00	92.40	92.40	9.97
	M (0.2%)-2	28	4.06	4.08	16.00	16.00	16.15	16.20	3040.08	8.51	310.00	86.80		
	M (0.2%)-3	28	4.14	4.02	16.15	16.25	16.00	16.15	3726.55	10.43	380.00	106.40		
	M (0.2%)-4	28	4.19	4.11	16.20	16.15	16.10	15.90	2942.01	8.24	300.00	84.00		
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	4.12	4.03	16.10	15.90	16.00	5.90	4216.88	11.81	430.00	120.40	113.40	14.55
	M (0.4%)-2	28	4.06	3.95	16.00	15.95	16.00	16.05	4511.08	12.63	460.00	128.80		
	M (0.4%)-3	28	4.05	4.15	16.15	16.00	16.05	16.15	3824.61	10.71	390.00	109.20		
	M (0.4%)-4	28	4.11	4.13	16.05	16.10	16.15	16.10	3334.28	9.34	340.00	95.20		
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	4.03	4.01	16.00	16.00	16.05	15.95	3824.61	10.71	390.00	109.20	110.60	3.61
	M (0.6%)-2	28	3.95	4.13	16.15	16.25	16.20	16.10	4020.75	11.26	410.00	114.80		
	M (0.6%)-3	28	4.01	4.13	16.05	15.95	16.00	16.00	3922.68	10.98	400.00	112.00		
	M (0.6%)-4	28	4.06	4.08	16.20	16.10	16.15	16.25	3726.55	10.43	380.00	106.40		



Figura79

Datos de la resistencia a la flexión del mortero patron (28días)

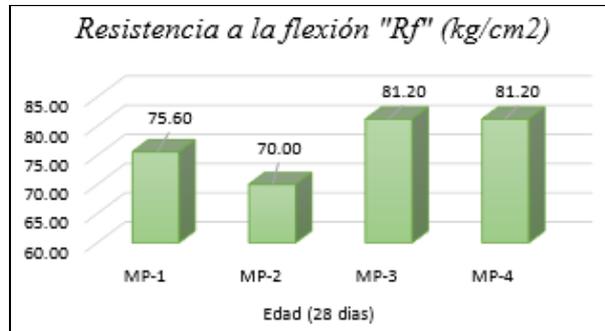
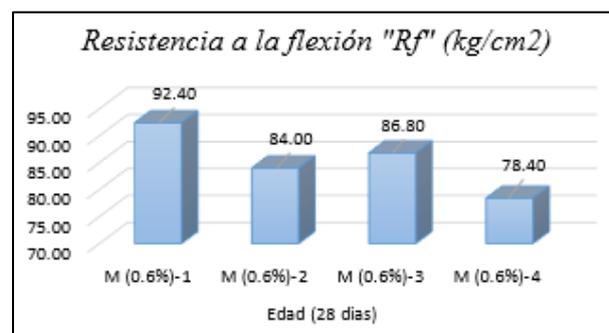
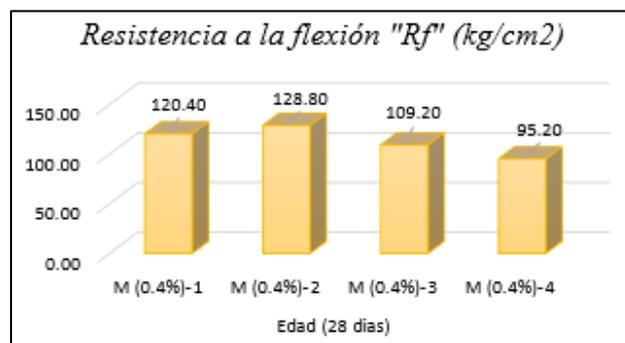
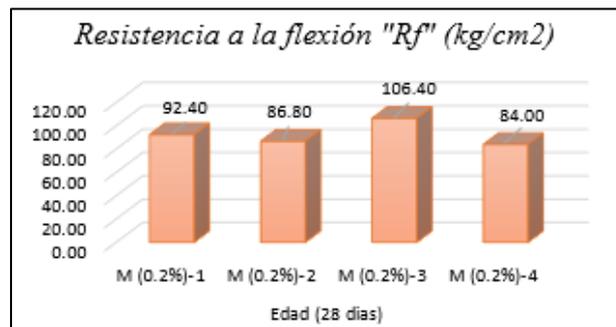


Figura80

Datos de la resistencia a la flexión del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28días)





C. Análisis de la prueba

- En el ensayo de resistencia a la flexión del mortero patrón a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 77.00 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la flexión del mortero con 0.2% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 92.40 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la flexión del mortero con 0.4% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 113.40 kg/cm².
- En el ensayo de resistencia a la flexión del mortero con 0.6% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 85.40 kg/cm².
- Se puede observar una disminución de la resistencia a partir del incremento de 0.6% de N.C.

3.6.8 Ensayo de adherencia a cizalle

A. Procesamiento o cálculos de la prueba

Para determinar la adherencia a cizalle del mortero se utilizó las siguientes formulas:

Se determino el esfuerzo de compresión perpendicular a la junta.

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

Donde:

P: Carga máxima (kg/cm²)

S: Área bruta total de las superficies de pega (cm²)

σ o A: Esfuerzo de compresión perpendicular a la junta o Adherencia (kg/cm²) que luego deberá ser convertido a Mpa para reemplazarlo en la fórmula de la resistencia al corte por cizalle (**τ'm**)

De acuerdo a la tabla el tipo de mortero es tipo "A" ya que nuestra proporción final de mezcla es 1:2.65.



Tabla83

Tipos de morteros (proporciones)

Con Cemento Portland			
Mortero Tipo	Cemento Portland	Cal	Arena
A	1	0 - 1/4	3
B	1	1/2	4 - 4 1/2
C	1	1	5 - 6
D	1	2	8 - 9

Nota.

Adaptado de Albañilería estructural. Fuente: Gallegos Hector & Casabonne Carlos (2005).

De acuerdo a la tabla, se elige el tipo de unidad de albañilería extruido, el tipo de mortero es “A”, la resistencia unitaria al corte por cizalla (τ_0) es de 0.34 y el coeficiente de fricción (f) es de 0.5.

Tabla84

Valores de acuerdo al tipo de mortero

Unidad	Tipo de mortero	τ_0 Mpa	f
Arcilla extruida	A	0.34	0.5
	B	0.32	0.5
Arcilla moldeada	A	0.26	0.4
	B	0.22	0.4
Sílice - Cal	B	0.18	0.4

Nota.

Adaptado de Albañilería estructural. Fuente: Gallegos Hector & Casabonne Carlos (2005).

- Se determino la resistencia al corte por cizalla.

$$\tau'_m = \tau_0 + (\mu)\sigma_c$$

Donde:

τ'_m : Resistencia al corte por Cizalle (Mpa)

f o (μ): Coeficiente de fricción

τ_0 : Resistencia Unitaria al Corte por cizalla



B. Diagramas y tablas

Tabla85

Análisis de datos del ensayo de adherencia a cizalle del mortero (28días)

Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL CEMENTO CON NANOTUBOS DE CARBONO EN PORCENTAJES DE 0.2%, 0.4% Y 0.6% CON RESPECTO DE UN MORTERO PATRON - CUSCO 2022"															
Datos de Ensayo				Fórmulas											
Autor:	Espinoza García, Edson Ricardo			$A = \frac{P}{S}$ $\tau'_m = \tau_0 + (\mu)\sigma_c$					τ'_m : Resistencia al corte por cizalla (Mpa) μ : Coeficiente de fricción τ_0 : Resistencia unitaria al corte por cizalla						
Ensayo:	Resistencia a la adherencia corte por														
Laboratorio:	Facultad de Ingeniería y Arquitectura														
Fecha:	31/03/2023														
Norma:	NCh.167														
Muestra	Carga puntual "P"(kg)	Dimensiones		Area(cm ²)	Esfuerzo de compresión (σc) en (kg/cm ²)	Esfuerzo de compresión (σc) en (Mpa)	Resistencia unitaria de corte por cizalla τ ₀ (Mpa)	Coeficiente de fricción (μ)	τ'm (Mpa)	τ'm (kg/cm ²)	τ'm promedio (Mpa)	τ'm promedio (kg/cm ²)	Desviacion estandar (s)	Resistencia característica "fc" (kg/cm ²)	
		Largo (cm)	Ancho (cm)												
Mortero Patron	MP-1	3250	12	12	288	11.28	1.11	0.34	0.5	0.89	9.11	0.78	8.00	0.74	7.27
	MP-2	2370	12	12	288	8.23	0.81	0.34	0.5	0.74	7.58				
	MP-3	2140	12	12	288	7.43	0.73	0.34	0.5	0.70	7.18				
	MP-4	2530	12	12	288	8.78	0.86	0.34	0.5	0.77	7.86				
	MP-5	2770	12	12	288	9.62	0.94	0.34	0.5	0.81	8.28				
Mortero 0.2%	M1-(0.2%)	3050	12	12	288	10.59	1.04	0.34	0.5	0.86	8.76	0.88	8.95	0.42	8.53
	M2-(0.2%)	2830	12	12	288	9.83	0.96	0.34	0.5	0.82	8.38				
	M3-(0.2%)	3340	12	12	288	11.60	1.14	0.34	0.5	0.91	9.27				
	M4-(0.2%)	3120	12	12	288	10.83	1.06	0.34	0.5	0.87	8.88				
	M5-(0.2%)	3440	12	12	288	11.94	1.17	0.34	0.5	0.93	9.44				
Mortero 0.4%	M1-(0.4%)	3580	12	12	288	12.43	1.22	0.34	0.5	0.95	9.68	0.97	9.91	0.40	9.51
	M2-(0.4%)	3610	12	12	288	12.53	1.23	0.34	0.5	0.95	9.73				
	M3-(0.4%)	3950	12	12	288	13.72	1.35	0.34	0.5	1.01	10.32				
	M4-(0.4%)	3970	12	12	288	13.78	1.35	0.34	0.5	1.02	10.36				
	M5-(0.4%)	3460	12	12	288	12.01	1.18	0.34	0.5	0.93	9.47				
Mortero 0.6%	M1-(0.6%)	3010	12	12	288	10.45	1.02	0.34	0.5	0.85	8.69	0.92	9.37	0.45	8.92
	M2-(0.6%)	3490	12	12	288	12.12	1.19	0.34	0.5	0.93	9.53				
	M3-(0.6%)	3520	12	12	288	12.22	1.20	0.34	0.5	0.94	9.58				
	M4-(0.6%)	3680	12	12	288	12.78	1.25	0.34	0.5	0.97	9.86				
	M5-(0.6%)	3300	12	12	288	11.46	1.12	0.34	0.5	0.90	9.20				



Figura81

Datos de la resistencia a la adherencia del mortero patron (28días)

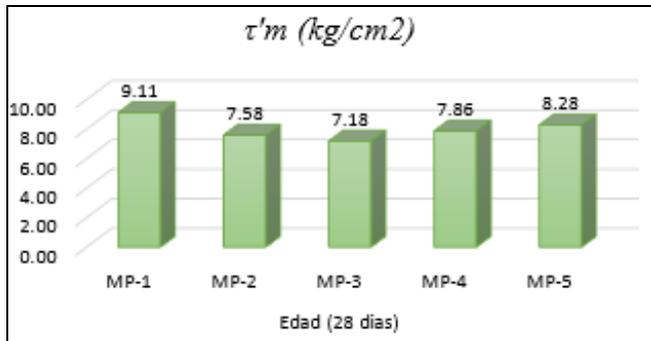
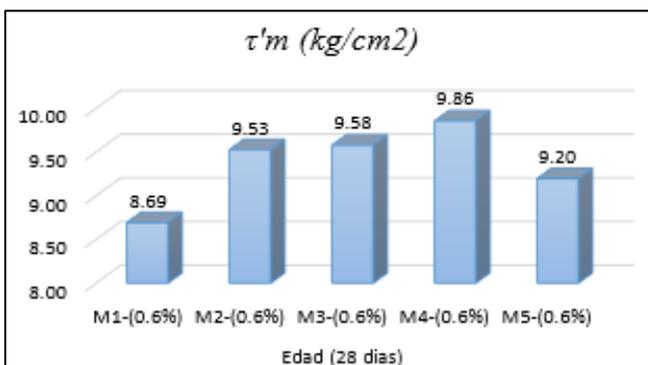
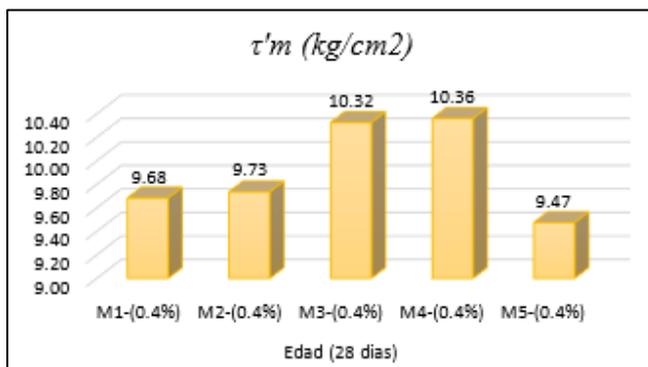
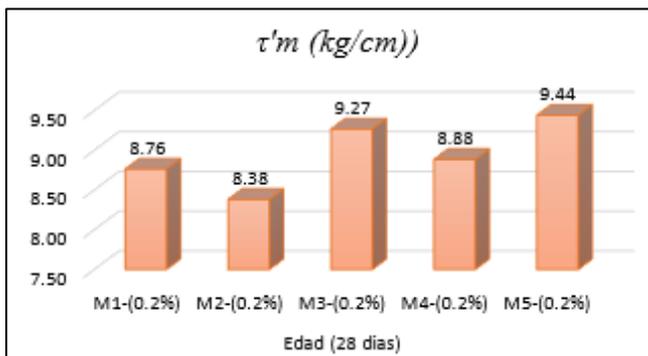


Figura82

Datos de la resistencia a la adherencia del mortero con 0.2%, 0.4% y 0.6% de N.C (28días)





C. Análisis de la prueba

- En el ensayo a la adherencia corte por cizalla del mortero patrón a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 8.00 kg/cm².
- En el ensayo a la adherencia corte por cizalla del mortero con 0.2% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 8.95 kg/cm².
- En el ensayo a la adherencia corte por cizalla del mortero con 0.2% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 9.91 kg/cm².
- En el ensayo a la adherencia corte por cizalla del mortero con 0.2% de N.C a los 28 días, el valor promedio de resistencia obtenida es de 9.37 kg/cm².
- Se puede observar una disminución de la resistencia a partir del incremento de 0.6% de N.C.

Capítulo IV

Resultados

4.1 Resultados del ensayo de granulometría

Tabla 86

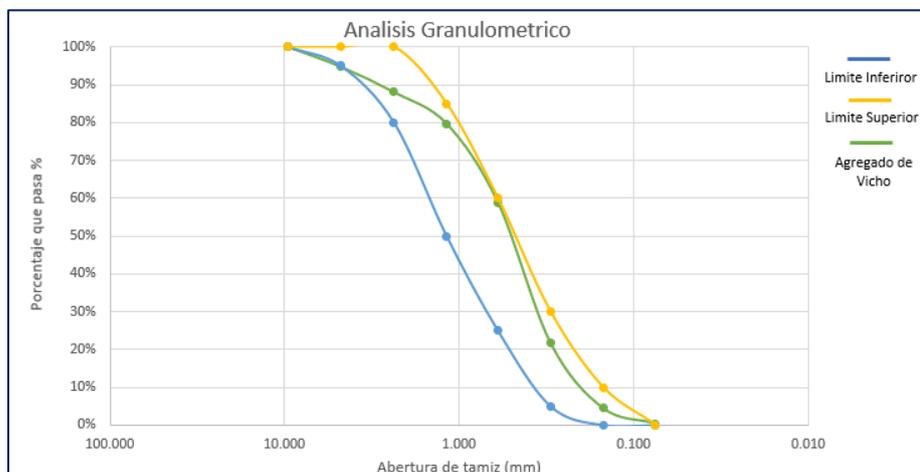
Resultados del ensayo de granulometría, combinación de canteras Cunyac (80%) y Vicho (20%).

Peso de la Muestra:		1000		gr		
Tamiz	Abertura	Peso retenido	Peso Corregido	Porcentaje Retenido	Porcentaje que pasa	Porcentaje acumulado
(N°)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 4	4.750	52.22	52.30	5.23	94.77	5.23
N° 8	2.360	66.90	66.98	6.70	88.07	11.93
N° 16	1.180	83.40	83.48	8.35	79.73	20.27
N° 30	0.600	208.38	208.46	20.85	58.88	41.12
N° 50	0.300	372.08	372.16	37.22	21.66	78.34
N° 100	0.150	172.38	172.46	17.25	4.42	95.58
N° 200	0.075	40.48	40.56	4.06	0.36	99.64
Fondo		3.56	3.64	0.36	0.00	100.00
Total		999.40	1000.00	100.00		
					MF	2.47

Nota. Cumple con el Módulo de Fineza **MF=2.47**. Fuente: Propia.

Figura 83

Curva granulométrica de la combinación de canteras Cunyac (80%) y Vicho (20%)





- La curva granulométrica está dentro de los límites.

4.2 Resultados del ensayo de peso específico

Tabla87

Resultados del ensayo de peso específico

Descripción	Agregado de Cunyac	Agregado de Vicho	Combinación - Cunyac (80%) y Vicho (20%)
Peso específico de la masa (Pem)	2.58 gr/cm ³	2.68 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
Peso específico de la masa con superficie seca (PeSSS)	2.63 gr/cm ³	2.72 gr/cm ³	2.67 gr/cm ³
Peso específico aparente (Pea)	1.79 gr/cm ³	2.80 gr/cm ³	2.77 gr/cm ³
Porcentaje de absorción (Abs)	1.79%	1.69%	2.08%

4.3 Resultados del ensayo de contenido de humedad

Tabla88

Descripción	Agregado de Cunyac	Agregado de Vicho
Contenido de Humedad	4.30%	2.88%

Resultados del ensayo de contenido de humedad

4.2 Resultados del ensayo de peso unitario

Tabla89

Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado

Descripción	Agregado de Cunyac	Agregado de Vicho	Combinación - Cunyac (80%) y Vicho (20%)
Peso unitario suelto Ms (kg/m³)	1438.09 kg/m ³	1505.30 kg/m ³	1523.68 kg/m ³



Peso unitario compactado Mc (kg/m3)	1576.46 kg/m3	1643.26 kg/m3	1647.05 kg/m3
--	---------------	---------------	---------------

4.5 Resultados del ensayo de fluidez del mortero

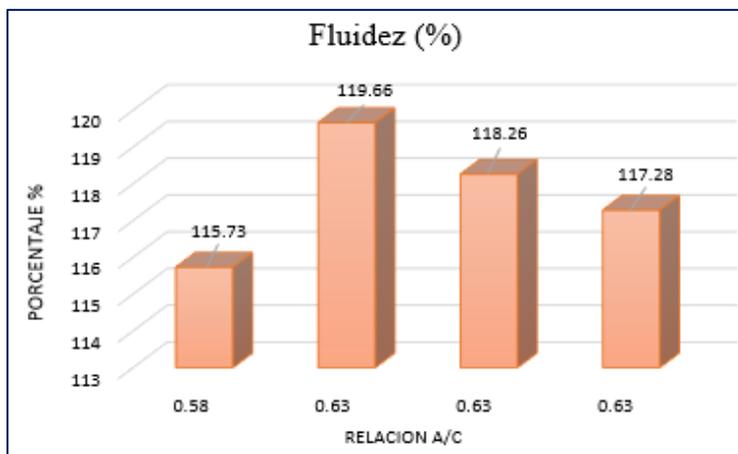
Tabla90

Resultados del ensayo de fluidez del mortero

	Relación a/c	Fluidez (%)	Cumple
Mortero Patron	0.55	73.74	NO
	0.58	115.73	SI
	0.63	125.14	NO
Mortero 0.2%	0.55	68.96	NO
	0.58	102.39	NO
	0.63	119.66	SI
Mortero 0.4%	0.55	62.22	NO
	0.58	87.22	NO
	0.63	118.26	SI
Mortero 0.6%	0.55	59.41	NO
	0.58	90.59	NO
	0.63	117.28	SI

Figura84

Comparación de la fluidez del mortero





4.6 Resultados del ensayo de compresión

Tabla91

Resultado del ensayo a compresión del mortero

Promedio de resistencia a la compresión del mortero				
Edad (días)	Mortero patron (kg/cm ²)	Mortero con 0.2% de N.C (kg/cm ²)	Mortero con 0.4% de N.C (kg/cm ²)	Mortero con 0.6% de N.C (kg/cm ²)
7	113.51	132.09	139.65	109.04
14	134.88	131.41	150.42	147.72
21	166.26	179.26	169.45	171.58
28	191.7	204.11	210.15	193.98

Figura85

Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 7 días

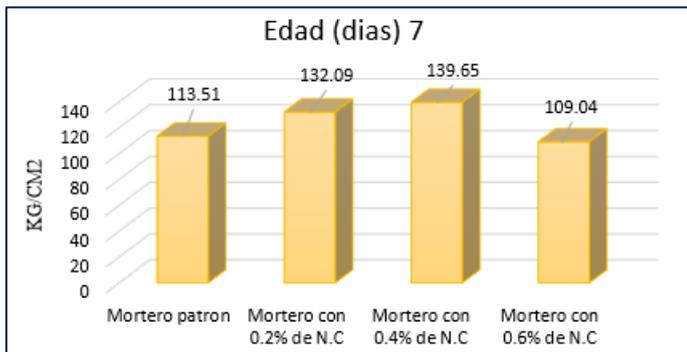


Figura86

Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 14 días

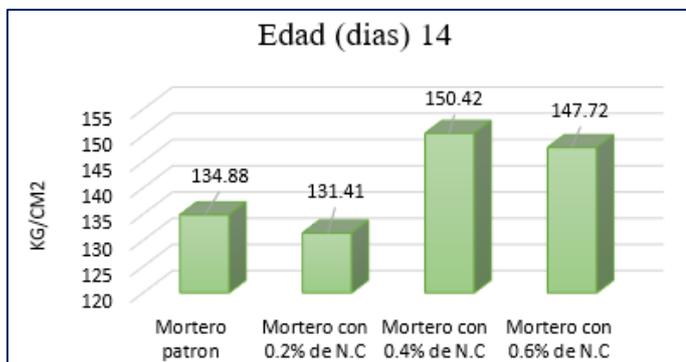


Figura87

Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 21 días

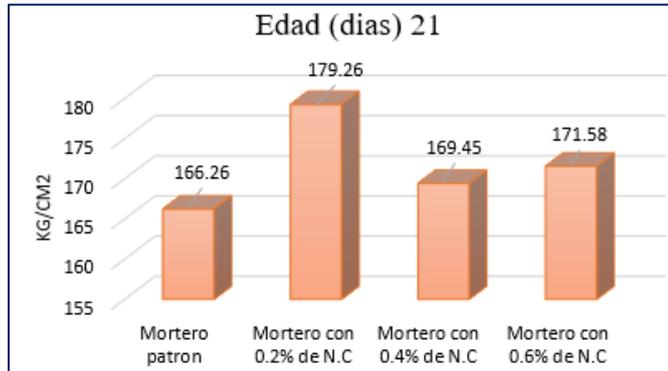
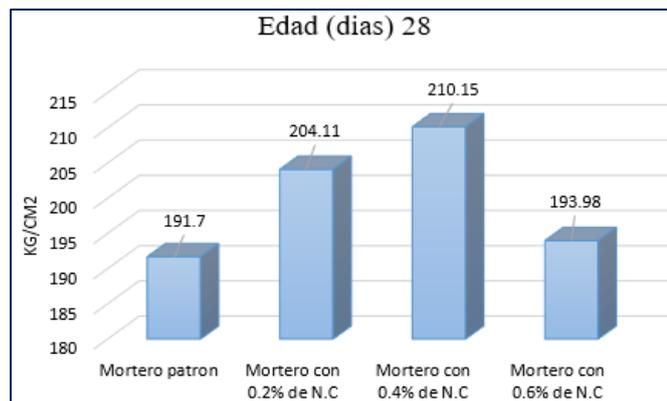


Figura88

Comparación de la resistencia a compresión del mortero a los 28 días



4.5 Resultados del ensayo a la flexión

Tabla92

Resultados del ensayo a la flexión del mortero

Promedio de resistencia a la flexión del mortero				
Edad (días)	Mortero patron (kg/cm2)	Mortero con 0.2% de N.C (kg/cm2)	Mortero con 0.4% de N.C (kg/cm2)	Mortero con 0.6% de N.C (kg/cm2)
7	36.40	37.80	42.00	33.60
14	51.10	63.70	68.60	55.30
21	67.20	76.30	86.10	72.10
28	77.00	92.40	113.40	85.40



Figura89

Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 7 días

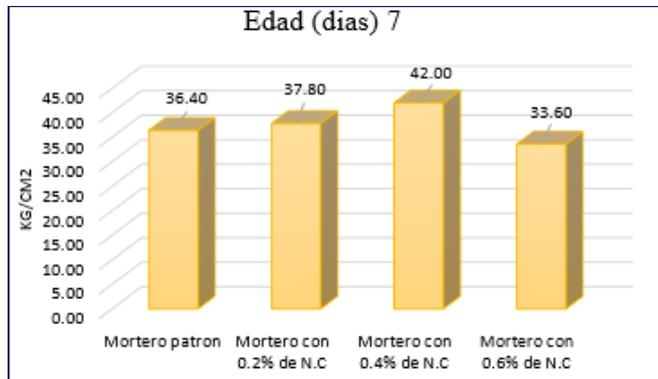


Figura90

Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 14 días



Figura91

Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 21 días

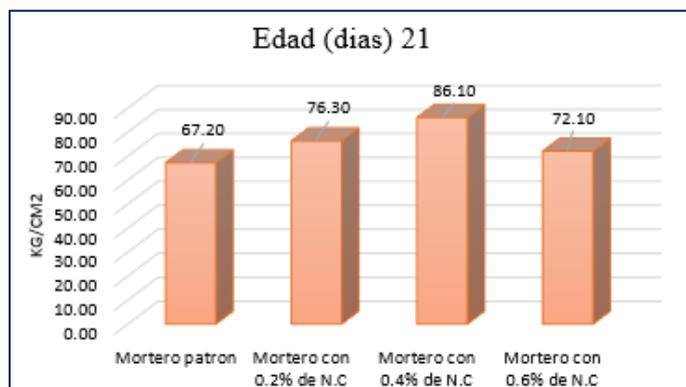
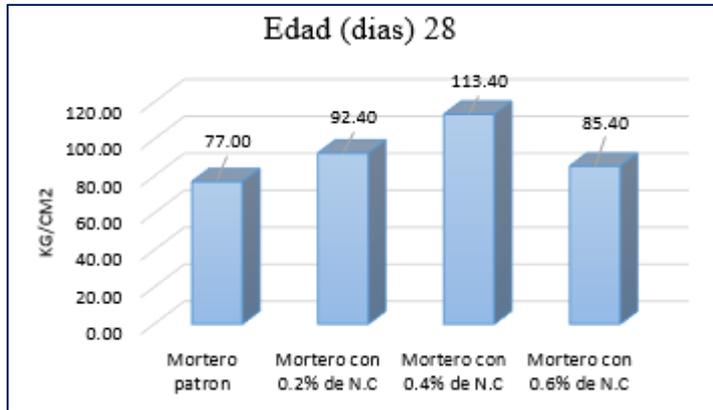




Figura92

Comparación de la resistencia a la flexión del mortero a los 28 días



4.6 Resultados del ensayo de adherencia a cizalle

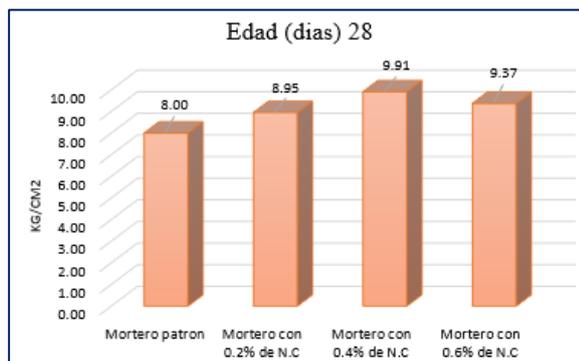
Tabla93

Resultado del ensayo de adherencia a cizalle del mortero

Resistencia a la adherencia corte por cizalla a los 28 días	
Descripción	τ' m promedio (kg/cm2)
Mortero patrón	8.00
Mortero con 0.2% de N.C	8.95
Mortero con 0.4% de N.C	9.91
Mortero con 0.6% de N.C	9.37

Figura93

Comparación de la adherencia a cizalle a los 28 días





Capítulo V

Discusión

5.1 Contraste de resultados con referentes del marco teórico

¿Por qué se eligió los Nanotubos de Carbono como material sustituyente del cemento para este trabajo de investigación?

Los nanotubos de carbono al tener un tamaño tan pequeño de 100 um de longitud y 20 nm de diámetro, pueden inferir en el comportamiento del mortero en la cantidad de poros que llegue a contener la mezcla, con la aplicación de Nanotubos de carbono hará que estos poros sean reemplazados por los nanotubos, aumentando así sus propiedades físicas. Adema de que los Nanotubos de Carbono son, 10 veces más resistentes, que el acero y 6 veces más ligeros.

¿Por qué se eligió los porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% de Nanotubos de Carbono en la presente investigación?

Se eligió estos porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% de Nanotubos de Carbono, porque se encontró en nuestros antecedentes que añadir más 1% de nanotubos de carbono disminuye su trabajabilidad y por lo tanto se generaba un mayor uso en el agua, también se dio a conocer en los antecedentes que el porcentaje óptimo de nanotubos es de 0.5%, por lo tanto de decidido hacer un promedio con los porcentajes mayores y menores utilizados en los antecedentes.

¿Por qué se seleccionó agregado fino de dos canteras diferentes (Cunyac (80%) y Vicho (20%)) en la presente investigación?

Se seleccionaron de dos canteras diferentes porque se observó que en su análisis la cantera de Cunyac no cumplía con los parámetros establecidos de la norma, siendo, un agregado muy fino; y el agregado de Vicho es un material, más grueso, por esta razón se procedió a la combinación de agregados y así cumplir con los parámetros exigidos.

5.2 Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

¿Por qué al añadir en mayor porcentaje Nanotubos de Carbono al mortero, la fluidez disminuye?

Los Nanotubos de Carbono reducen la fluidez del mortero proporcionalmente al porcentaje de adición debido a su gran superficie específica, la cual absorbe gran



cantidad de agua, este efecto se puede explicar por el área de contacto que poseen estos nanotubos de 165 m²/g, esto causa que las moléculas de agua tengan que hidratar una superficie mayor en la mezcla del mortero.

¿Cómo se comporta el mortero adicionado con Nanotubos de Carbono frente al mortero patron en cuanto a la resistencia a la compresión?

La resistencia a compresión mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron que tuvo una resistencia de 191.70 kg/cm², donde se alcanzó una resistencia de 204.11 kg/cm² para un porcentaje de 0.2% de adición de nanotubos de carbono; una resistencia de 210.15 kg/cm² para un porcentaje de 0.4% de adición de nanotubos de carbono y una resistencia de 193.98 kg/cm² para un porcentaje de 0.6% de adición de nanotubos de carbono. Siendo el mortero con 0.4% el que más resistencia a compresión tuvo.

¿Cómo se comporta el mortero adicionado con Nanotubos de Carbono frente al mortero patron en cuanto a la resistencia a la flexión?

La resistencia a la flexión mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron que tuvo una resistencia de 83.30 kg/cm², donde se alcanzó una resistencia de 92.40 kg/cm² para un porcentaje de 0.2% de adición de nanotubos de carbono; una resistencia de 113.40 kg/cm² para un porcentaje de 0.4% de adición de nanotubos de carbono y una resistencia de 110.60 kg/cm² para un porcentaje de 0.6% de adición de nanotubos de carbono. Siendo el mortero con 0.4% y 0.6% los que más resistencia a la flexión tuvieron respecto al mortero patron.

¿Cómo se comporta el mortero adicionado con Nanotubos de Carbono frente al mortero patron en cuanto a la resistencia a la adherencia del mortero?

La resistencia a adherencia mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron que tuvo una resistencia de 8.00 kg/cm², donde se alcanzó una resistencia de 8.95 kg/cm² para un porcentaje de 0.2% de adición de nanotubos de carbono, una resistencia de 9.91 kg/cm² para un porcentaje de 0.4% de adición de nanotubos de carbono y una resistencia de 9.37 kg/cm² para un porcentaje de 0.6% de adición de nanotubos de carbono. Siendo el mortero con 0.4% el que más resistencia a la adherencia tuvo.



5.3 Comentario de la demostración de la hipótesis

¿La adición de Nanotubos de carbono en reemplazo del peso cemento para un mortero patron resulto favorable para la mejora de las propiedades fisico-mecánicas de dicho mortero?

La adición, de Nanotubos de Carbono, en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, si genera un aumento en las propiedades físico-mecánicas de resistencia a compresión flexión y adherencia del mortero, resultando conveniente modificarlo hasta un 0.4% de nanotubos de carbono.

5.4 Aporte de la investigación

El uso de nanotubos de carbono en mezclas de mortero es un tema que aún no se ha abordado en la región, estamos en una nueva área de investigación y desarrollo. El objetivo del experimento es encontrar nuevos materiales como los nanotubos de carbono (NTC), buscar nuevas formas y mejoras a los materiales tradicionales de construcción, participar en la aplicación de la nanotecnología e intentar mejorar su rendimiento a partir de partículas más pequeñas. Según los resultados obtenidos se podrá mejorar las nuevas formas de construcción en nuestro medio y la calidad de las obras.

¿Al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, el análisis de costos unitarios aumenta respecto a un mortero patrón’

Al sustituir el nanotubo de carbono (0.2%, 0.4% y 0.6%) en reemplazo del cemento, el análisis del costo unitario del mortero por m² aumenta, obteniéndose para el mortero añadido con nanotubos de carbono (0.2%) un incremento de 30% respecto al mortero patrón, mortero (0.4%) un incremento de 55% respecto al mortero patrón y mortero (0.6%) un incremento de 80% respecto al mortero patrón.



Glosario

A

- Absorción** : Es el aumento de la masa del agregado, debido al agua que penetra en los poros de las partículas durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.
- Adherencia** : Es la unión física entre cosas, proceso y resultado de pegarse dos o más elementos.
- Aglutinante** : Son elementos que conectan o unen ladrillos o mampostería en la construcción a través de reacciones químicas en presencia de agua y aire.
- Agregado fino** : Agregado artificial de rocas o piedras provenientes de la disgregación natural o artificial que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.
- Agregado** : Es un material granular, (arena, grava, piedra triturada o escoria) que se utiliza, con un medio cementoso para formar hormigón o mortero hidráulico. Se puede utilizar en su estado natural o triturado según su finalidad y aplicación.
- Alotropía** : (Cambio, transformación) es una propiedad de algunas sustancias simples con una estructura diferente de átomos o moléculas. Las moléculas que están compuestas por el mismo elemento y tienen diferentes estructuras moleculares se denominan alótropos.

C

- Cal** : Término, que designa todas las formas físicas, en las que puede aparecer el óxido de calcio (CaO). Estructura tridimensional. Se obtiene, como resultado de la calcinación de las rocas calizas o dolomías.
- Calor de hidratación** : Cantidad de calor producido durante los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento, debido a las reacciones fisicoquímicas



Cemento portland : Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

Compactación : Proceso manual, o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla.

Compresión : Acción de emplear fuerzas múltiples desde una o varias direcciones hacia un objeto o estructura de forma tal que esta queda reducida a un espacio menor.

Curado : Según el ACI 308R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua.

D

Dosificación : Proporción, en masa o en volumen de los distintos materiales que integran una mezcla.

E

Electrolisis : La electrólisis es un proceso en el que los elementos que componen un compuesto se separan cuando se aplica electricidad. Este proceso es la conversión de energía eléctrica en energía química.

Espécimen : Es un molde, pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles del futuro sólido que se desea obtener.

F

Flexión : Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Fraguado : Condición, alcanzada por, una pasta, mortero o hormigón (concreto) de cemento cuando éste ha perdido plasticidad, a un grado arbitrario, generalmente medido, en términos de resistencia a la penetración;



fraguado inicial, se refiere a la primera rigidez; fraguado final, se refiere a la adquisición de una rigidez significativa.

G

Grout : Mezcla de material cementante con o sin agregados o aditivos, a la cual se adiciona una cantidad suficiente de agua para lograr una consistencia fluida o de bombeo sin segregación de los materiales constituyentes.

R

Resistencia : Como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², Mpa.

T

Trabajabilidad : Es la propiedad de una mezcla de concreto, mortero fresco para ser mezclada, transportada, colocada, compactada y acabada, sin esfuerzo excesivo y sin segregación, para las características del elemento y los medios disponibles en la obra.



Conclusiones

En base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos en la investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

Respecto al objetivo general

Se observó que los nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6 % al ser sustituidos en peso por el cemento, mejoran las propiedades físico – mecánicas del mortero incrementando su resistencia y adherencia. Esto valoro parcialmente la hipótesis general de que al adicionarle nanotubos de carbono al mortero incrementarían en un 10% sus propiedades.

La resistencia a la flexión y adherencia mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron, donde se tiene una mejora de más del 10% para los porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% de adición de nanotubos de carbono.

La resistencia a la compresión no llega al 10%, para ninguno de los porcentajes de nanotubos de carbono.

Respecto a los objetivos específicos

Primero: Se determinó que la resistencia a la flexión mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron, donde se tiene una mejora de 10.92% para un porcentaje de 0.2% de adición de nanotubos de carbono; una mejora de 36.13% para un porcentaje de 0.4% de adición de nanotubos de carbono y una mejora de 32.77% para un porcentaje de 0.6% de adición de nanotubos de carbono. Siendo el mortero con 0.4% y 0.6% los que más resistencia a la flexión tuvieron respecto al mortero patron.

Segundo: Se determinó que la adherencia a cizalle tiene un incremento de más del 5 %, al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, los cual mejora con respecto a un mortero patron.

La adherencia mejora por la adición de Nanotubos de carbono en comparación con la muestra patron, donde se tiene una mejora de 11.80% para un porcentaje de 0.2% de adición de nanotubos de carbono; una mejora de 23.91% para un porcentaje de 0.4% de adición de nanotubos de carbono y una mejora de 17.10% para un porcentaje de 0.6%



de adición de nanotubos de carbono. Siendo el mortero con 0.4% el que más resistencia tuvo.

Tercero: La resistencia a la compresión tiene una mejora hasta un 9.63% respecto del mortero patron, siendo el mortero con 0.4% el que más resistencia a compresión tuvo y es el porcentaje más óptimo respecto a los demás.

Cuarto: La relación a/c del diseño de mezcla era 0.55, obteniéndose una muestra muy seca para el mortero patron con una fluidez de 73.74% y para el mortero añadido con nanotubos de carbono (mortero 0.2% con una fluidez de 68.96%, mortero 0.4% con una fluidez de 62.22% y mortero 0.6% con una fluidez de 59.41%). Por lo que se tuvo que realizar un incremento de a/c a 0.58 para el mortero patron y un incremento de 0.63 para el mortero con nanotubos de carbono y así cumplir con los parámetros de diseño 100-120%.



Sugerencias

Primero:

Se recomienda el uso de guantes, mascarillas con filtros y lentes de seguridad porque los nanotubos de carbono en su estado (polvo) es muy volátil y muy fino, por lo cual podría ingresar en nuestro cuerpo y causarnos daños.

Segundo:

Se recomienda realizar ensayos de adherencia, resistencia a compresión y flexión en pilas y muretes de albañilería como estudio a futuro, utilizando porcentajes diferentes de nanotubos de carbono para su comparación.

Tercero:

Se recomienda analizar las propiedades térmicas de un mortero añadido con nanotubos de carbono, ya que este material es muy estable térmicamente y tienen una conductividad térmica de 6000- W/mK (W=Vatios, mK=mili kelvin).

Cuarto:

Se recomienda, analizar las propiedades del mortero añadido, con nanotubos de carbono, utilizando otras canteras y en porcentajes diferentes de nanotubos de carbono.

Quinto:

Los nanotubos, de carbono al tener una mayor superficie de hidratación hacen que la trabajabilidad disminuya, se recomienda utilizar este material como refuerzo en concretos y usar plastificantes para tener una mayor fluidez.

Sexto:

Se recomienda incluir nanotubos de carbono en elementos de concreto que resistan esfuerzos a flexión y analizar su comportamiento.

Séptimo:

En esta investigación se utilizó los nanotubos del tipo pared múltiple (MWNT), se recomienda para futuras investigaciones utilizar como aditivo los nanotubos del tipo pared única o simple (SWCNT), y así también poder analizar las propiedades físico – mecánicas del mortero.



Referencias

- Abanto Castillo, F. (1996). *Tecnología del Concreto*. Lima, Peru.: Editorial San Marcos.
- Apaza Mango, V. A., & Quispe Mamani, K. M. (2018). *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono*. [tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional.
- Asocreto. (2010). *Tecnología del Concreto: Materiales, Propiedades y Diseño de Mezcla*. Asociación Colombiana de productores de concreto - Asocreto.
- Baca Sotomayor, N. (2019). *Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento tipo IP elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi - Cusco*. Repositorio Institucional.
- Behar Rivero, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá D.C.
- Gomez Baquero, F. (2007). Avances en la Producción de Nanotubos de Carbono, en su funcionalización y nuevas perspectivas para su aplicación industrial. *Chymeia*, 6.
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Maria del Pilar, L. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- INEI. (2018). Resultados Definitivos INEI - Cusco. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- La barrera Grados, L. A., & Mesias Champi, P. G. (2018). *Comportamiento mecánico del mortero con adición de Caucho para muros de albañilería confinada en San Juan de Lurigancho, Lima-2018*, [Tesis de Pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional.



- Mozo Barrantes, K. D., & Salinas Villena, C. M. (2020). *Analisis del Riesgo sismico de la APV Cachimayo - San Sebastian - Cusco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional.
- Navarro Jimenez, E. A., & Forero Romero, H. (2017). *Mejoramiento de la resistencia a compresion del concreto con Nanotubos de Carbono*. [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas]. Repositorio Institucional, Bogota - Colombia.
- Nch 167 . (2001). Construcccion - Ladrillos ceramicos - Ensayos. *Instituto nacional de normalizacion - INN Chile*.
- NTP 334.051. (2019). Metodo de ensayo para determinar la resistencia a la compresion de morteros de cementos portland usando especimenes cubicos de 50mm de lado. *Lima, INACAL., 28*.
- NTP 334.057. (2016). Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Pórtland. *Lima, INACAL., 5*.
- NTP 334.090. (2013). CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. . *Lima, INACAL, 23*.
- NTP 334.120. (2016). Metodo de ensayo normalizado de resistencia a la flexion de mortero de cemento hidraulico. *Lima, INACAL., 11*.
- NTP 339.185. (2013). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Lima, INACAL., 8*.
- NTP 400.012. (2013). Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global. *Lima, INACAL, 12*.
- NTP 400.017. (2011). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. *Lima, INACAL., 14*.
- NTP 400.022. (2018). Metodo de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso especifico) y absorcion del agregado fino. *Lima, INACAL, 20*.
- NTP 400.037. (2014). Agregados especificaciones normalizadas para concreto. *Lima, INACAL, 18*.



Orellana Calle, J. (2012). *Estado del Arte: Nanotubos de Carbono*. Cuenca, Ecuador.: Universidad Politecnica Salesiana.

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú.: Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo departamental de Lima.

Perez Corimayta, A. (2010). *Nanotubos de Carbono*.

Rivera L., G. (2013). *Concreto Simple*. Universidad del Cauca.

Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima, Perú.: Primera edición. Capítulo Peruano ACI. II Congreso de Estructuras y Construcción.

Rivva Lopez, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú.: Instituto de la construcción y Gerencia ICG.

RNE E-070. (2006). Albañilería. *Reglamento nacional de edificaciones*.

Saenz Galindo, A., Rangel Lucio, D., Ramirez Mendoza, L., Lopez Lopez, L., Fuentes Aviles, J., & Esparza Gonzalez, S. (2017). Aplicaciones de Nanotubos de Carbono. *Ciencia Acierta*, 8.

Salamanca Correa, R. (2001). *La tecnología de los Morteros*.

Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bhandar.



Apéndice

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO: "Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de un mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto de un mortero patron - cusco 2022"						
PROBLEMA Problema General	OBJETIVOS Objetivo General	HIPOTESIS Hipotesis General	Variable Independiente	Dimension de variable independiente	Indicador de variable independiente	Instrumentos
¿De qué manera influye la incorporación de nanotubos de carbono en las propiedades físico - mecánicas del mortero, al sustituir el cemento en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%?	Analizar y comparar las propiedades físico- mecánicas de un mortero después de sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%.	Las unidades de mortero añadidos con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% presentan mejores propiedades físico-mecánicas respecto al mortero patron.	X1: Mortero sustituyendo el peso del cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%	Porcentaje de Nanotubos de carbono (%)	Cantidad de nanotubos de carbono	Ficha tecnica del proveedor. Antecedentes de tesis
Problemas Especificos	Objetivos Especificos	Sub Hipotesis	Variable Dependiente	Dimension de variable dependiente	Indicador de variable dependiente	Instrumentos
¿Cómo varia la resistencia a la flexión de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?	Determinar la variación de la resistencia a la flexión de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron.	La resistencia a la flexión se incrementará en un 10% al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, con respecto a un mortero patron.	Y1: Propiedades Fisico-Macanicas	(kg/cm2)	Adherencia a cizalle del mortero	Norma chilena (Nch. 167)
¿Cómo varia adherencia a cizalle de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?	Determinar la variación de la adherencia a cizalle de un mortero sustituyendo el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron.	La adherencia a cizalle se incrementará en un 5% al sustituir el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6%, con respecto a un mortero patron.		%	Fluidez del mortero	NTP 334.057
¿Cuál es el porcentaje óptimo de nanotubos de carbono para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron?	Determinar el porcentaje óptimo de nanotubos de carbono para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron	El porcentaje óptimo de nanotubos de carbono es de 0.2% respecto al peso del cemento para mejorar la resistencia a la compresión de un mortero patron.		(kg/cm2)	Resistencia a la compresión y flexión del mortero	NTP 334.051
¿En qué porcentaje varia la fluidez del mortero al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron?	Determinar la variación en porcentaje de la fluidez del mortero al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentaje de 0.2%, 0.4% y 0.6% respecto a un mortero patron	La fluidez del mortero en porcentaje disminuirá al ser sustituido el cemento con nanotubos de carbono en porcentajes de 0.2%, 0.4% y 0.6% con respecto al mortero patron.				NTP 334.120



**Datos estadísticos de confiabilidad
de resultados por alfa de Cronbach**

Ensayo de resistencia a la compresión:

1. Interpretación

INTERPRETACIÓN.	
INTERVALO AL QUE PERTENECE EL COEFICIENTE DEL ALFA DE CRONBACH.	VALORACIÓN DE LA FIABILIDAD DE LOS ÍTEMS ANALIZADOS.
Alfa > 0.9	Excelente
Alfa > 0.8	Bueno
Alfa > 0.7	Aceptable
Alfa > 0.6	Cuestionable
Alfa > 0.5	Pobre
Alfa < 0.5	Inaceptable

Fuente: George y Mallery (2003, p.231)

2. Datos a los 7, 14, 21 y 28 días:

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	7	100.03
	MP-2	7	131.17
	MP-3	7	124.15
	MP-4	7	98.71
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	139.76
	M (0.2%)-2	7	130.84
	M (0.2%)-3	7	142.74
	M (0.2%)-4	7	115.02
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	134.88
	M (0.4%)-2	7	154.91
	M (0.4%)-3	7	140.47
	M (0.4%)-4	7	128.37
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	111.61
	M (0.6%)-2	7	111.66
	M (0.6%)-3	7	97.44
	M (0.6%)-4	7	115.47

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	14	141.78
	MP-2	14	124.30
	MP-3	14	151.78
	MP-4	14	121.66
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	14	131.60
	M (0.2%)-2	14	144.52
	M (0.2%)-3	14	116.19
	M (0.2%)-4	14	133.32
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	14	157.61
	M (0.4%)-2	14	170.78
	M (0.4%)-3	14	139.99
	M (0.4%)-4	14	133.30
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	14	146.81
	M (0.6%)-2	14	156.49
	M (0.6%)-3	14	156.00
	M (0.6%)-4	14	131.57



Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	21	154.55
	MP-2	21	171.88
	MP-3	21	146.96
	MP-4	21	191.66
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	190.64
	M (0.2%)-2	21	188.52
	M (0.2%)-3	21	165.47
	M (0.2%)-4	21	172.39
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	163.20
	M (0.4%)-2	21	160.80
	M (0.4%)-3	21	168.44
	M (0.4%)-4	21	185.33
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	165.19
	M (0.6%)-2	21	183.68
	M (0.6%)-3	21	155.22
	M (0.6%)-4	21	182.21

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la compresión "fm" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	28	173.44
	MP-2	28	188.01
	MP-3	28	224.24
	MP-4	28	181.10
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	200.59
	M (0.2%)-2	28	188.60
	M (0.2%)-3	28	204.99
	M (0.2%)-4	28	222.24
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	185.91
	M (0.4%)-2	28	222.35
	M (0.4%)-3	28	225.53
	M (0.4%)-4	28	206.81
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	178.38
	M (0.6%)-2	28	189.98
	M (0.6%)-3	28	212.80
	M (0.6%)-4	28	194.75

3. Por medio del programa SPSS

4. Estadísticas de fiabilidad

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	16	57.1
	Excluido ^a	12	42.9
	Total	28	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados		N de elementos
Alfa de Cronbach	.954	4



Ensayo de resistencia a la flexión:

1. Interpretación

INTERPRETACIÓN.	
INTERVALO AL QUE PERTENECE EL COEFICIENTE DEL ALFA DE CRONBACH.	VALORACIÓN DE LA FIABILIDAD DE LOS ÍTEMS ANALIZADOS.
Alfa > 0.9	Excelente
Alfa > 0.8	Bueno
Alfa > 0.7	Aceptable
Alfa > 0.6	Cuestionable
Alfa > 0.5	Pobre
Alfa < 0.5	Inaceptable

Fuente: George y Mallery (2003, p.231)

2. Datos a los 7, 14, 21 y 28 días:

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm ²)
Mortero Patron	MP-1	7	36.40
	MP-2	7	33.60
	MP-3	7	44.80
	MP-4	7	30.80
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	7	28.00
	M (0.2%)-2	7	53.20
	M (0.2%)-3	7	30.80
	M (0.2%)-4	7	39.20
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	7	39.20
	M (0.4%)-2	7	44.80
	M (0.4%)-3	7	47.60
	M (0.4%)-4	7	36.40
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	7	42.00
	M (0.6%)-2	7	28.00
	M (0.6%)-3	7	30.80
	M (0.6%)-4	7	33.60

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm ²)
Mortero Patron	MP-1	14	42.00
	MP-2	14	53.20
	MP-3	14	50.40
	MP-4	14	58.80
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	14	67.20
	M (0.2%)-2	14	64.40
	M (0.2%)-3	14	64.40
	M (0.2%)-4	14	58.80
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	14	75.60
	M (0.4%)-2	14	67.20
	M (0.4%)-3	14	61.60
	M (0.4%)-4	14	70.00
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	14	53.20
	M (0.6%)-2	14	58.80
	M (0.6%)-3	14	58.80
	M (0.6%)-4	14	50.40



Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	21	72.80
	MP-2	21	58.80
	MP-3	21	72.80
	MP-4	21	64.40
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	21	81.20
	M (0.2%)-2	21	75.60
	M (0.2%)-3	21	72.80
	M (0.2%)-4	21	75.60
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	21	78.40
	M (0.4%)-2	21	92.40
	M (0.4%)-3	21	89.60
	M (0.4%)-4	21	84.00
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	21	78.40
	M (0.6%)-2	21	72.80
	M (0.6%)-3	21	72.80
	M (0.6%)-4	21	64.40

Especímenes cubicos de mortero		Edad (días)	Resistencia a la flexión "Rf" (kg/cm2)
Mortero Patron	MP-1	28	81.20
	MP-2	28	78.40
	MP-3	28	84.00
	MP-4	28	89.60
Mortero 0.2%	M (0.2%)-1	28	92.40
	M (0.2%)-2	28	86.80
	M (0.2%)-3	28	106.40
	M (0.2%)-4	28	84.00
Mortero 0.4%	M (0.4%)-1	28	120.40
	M (0.4%)-2	28	128.80
	M (0.4%)-3	28	109.20
	M (0.4%)-4	28	95.20
Mortero 0.6%	M (0.6%)-1	28	109.20
	M (0.6%)-2	28	114.80
	M (0.6%)-3	28	112.00
	M (0.6%)-4	28	106.40

3. Por medio del programa SPSS

4. Estadísticas de fiabilidad

Casos	Válido	N	%
	Válido	16	100.0
	Excluido ^a	0	.0
	Total	16	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.963	.973	4



Ensayo de adherencia a cizalle:

1. Interpretación

INTERPRETACIÓN.	
INTERVALO AL QUE PERTENECE EL COEFICIENTE DEL ALFA DE CRONBACH.	VALORACIÓN DE LA FIABILIDAD DE LOS ÍTEMS ANALIZADOS.
Alfa > 0.9	Excelente
Alfa > 0.8	Bueno
Alfa > 0.7	Aceptable
Alfa > 0.6	Cuestionable
Alfa > 0.5	Pobre
Alfa < 0.5	Inaceptable

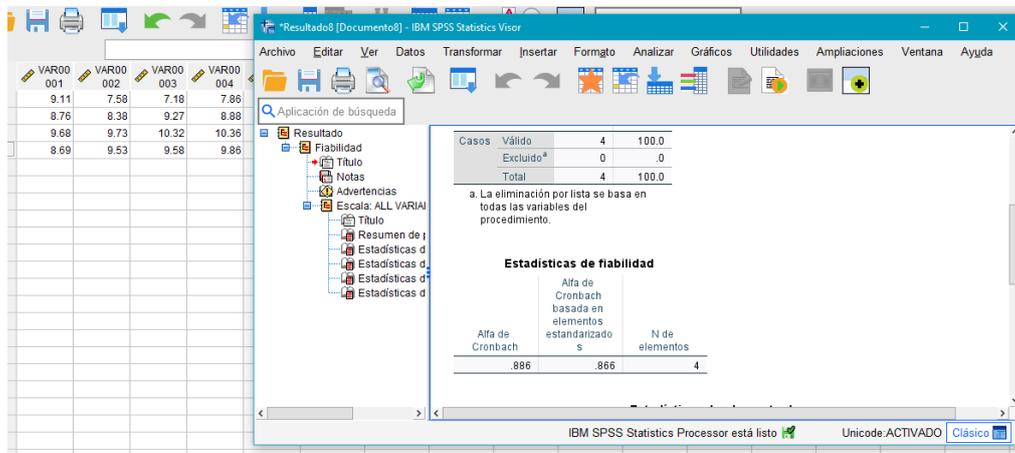
Fuente: George y Mallery (2003, p.231)

2. Datos a los 28 días:

Muestra		$\tau'm$ (kg/cm ²)
Mortero Patron	MP-1	9.11
	MP-2	7.58
	MP-3	7.18
	MP-4	7.86
	MP-5	8.28
Mortero 0.2%	M1-(0.2%)	8.76
	M2-(0.2%)	8.38
	M3-(0.2%)	9.27
	M4-(0.2%)	8.88
	M5-(0.2%)	9.44
Mortero 0.4%	M1-(0.4%)	9.68
	M2-(0.4%)	9.73
	M3-(0.4%)	10.32
	M4-(0.4%)	10.36
	M5-(0.4%)	9.47
Mortero 0.6%	M1-(0.6%)	8.69
	M2-(0.6%)	9.53
	M3-(0.6%)	9.58
	M4-(0.6%)	9.86
	M5-(0.6%)	9.20



3. Por medio del programa SPSS



4. Estadísticas de fiabilidad

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	4	100.0
	Excluido ^a	0	.0
	Total	4	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.886	.866	4



Anexos

Ficha de datos de seguridad – Nanotubos de Carbono.

Version: 1.2 / EN
Revision Date: 2021/03/08

SECTION 1: IDENTIFICATION OF THE PRODUCT AND OF THE COMPANY

1.1 Product identifiers
Product Name : Carbon nanotubes
Brand : XFNANO Material
CAS-No. : 7782-42-5

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against
Identified uses : Laboratory chemicals, Synthesis of substances

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet
Company : Jiangsu XFNANO Materials Tech Co., LTD
Building 9, NO.29, Buyue Road, Pukou District, Nanjing City,
Jiangsu Province, China
Telephone : (86)- 400-025-3200
Fax : (86)- 25-6825 6991

1.4 Emergency telephone number
Emergency Phone #: (86)- 25-6825 6996

SECTION 2: HAZARDS IDENTIFICATION

2.1 Classification of the substance or mixture
Not a hazardous substance or mixture.

2.2 GHS Label elements, including precautionary statements
Slightly hazardous in case of skin contact (irritant), of eye contact (irritant), of ingestion, of inhalation.
The substance is toxic to upper respiratory tract. The substance may be toxic to cardiovascular system. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage.

2.3 Hazards not otherwise classified (HNOC) or not covered by GHS - None.

SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1 Substances
Substance name : XFNANO Material carbon nanotubes
CAS-No : 7782-42-5
EC-No. : 231-153-3
Molecular weight : 12.01 g/mol
Linear formula : C

Hazardous components
None known.

SECTION 4: FIRST AID MEASURES

4.1 Description of first aid measures
General advice
Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

www.xfnano.com

- 1 -



1) Appearance	Form: powder
2) Odour	Colour: black
3) Odour Threshold	odourless
4) pH	No data available
5) Melting point/freezing point	5.5-6.6 at 1 g/l at 25 °C (77 °F)
6) Initial boiling point and boiling range	3650°C (6602°F)
7) Flash point	No data available
8) Evaporation rate	CLOSED CUP: Higher than 93.3°C (200°F)
9) Flammability (solid, gas)	No data available
10) Upper/lower flammability or explosive limits	May be combustible at very high temperature
11) Vapour pressure	No data available
12) Vapour density	No data available
13) Relative density	No data available
14) Water solubility	0.011 - 0.27g/cm ³ at 25 °C (77 °F)
15) Partition coefficient: n- octanol/water	insoluble in cold water
16) Auto-ignition temperature	No data available
17) Decomposition temperature	No data available
18) Viscosity	No data available
19) Explosive properties	Slightly explosive in presence of moisture.
20) Oxidizing properties	No data available

9.2 Other safety information: No data available.

SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY

10.1 **Reactivity:** No data available.

10.2 **Chemical stability:** Stable under recommended storage conditions.

10.3 **Possibility of hazardous reactions**
Reacts vigorously with liquid potassium, and potassium peroxide. If graphite contacts liquid potassium, rubidium or caesium at 300 °C, intercalation compounds may be formed.

10.4 **Conditions to avoid:** Heat, spark, flame or other fire origin, heat up to 290 °C (554 °F).

10.5 **Incompatible materials:** Strong oxidizing agents, fluorine-containing reagents, peroxide.

10.6 **Hazardous decomposition products**
Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - No data available.
Other decomposition products - No data available.
In the event of fire: see section 5.

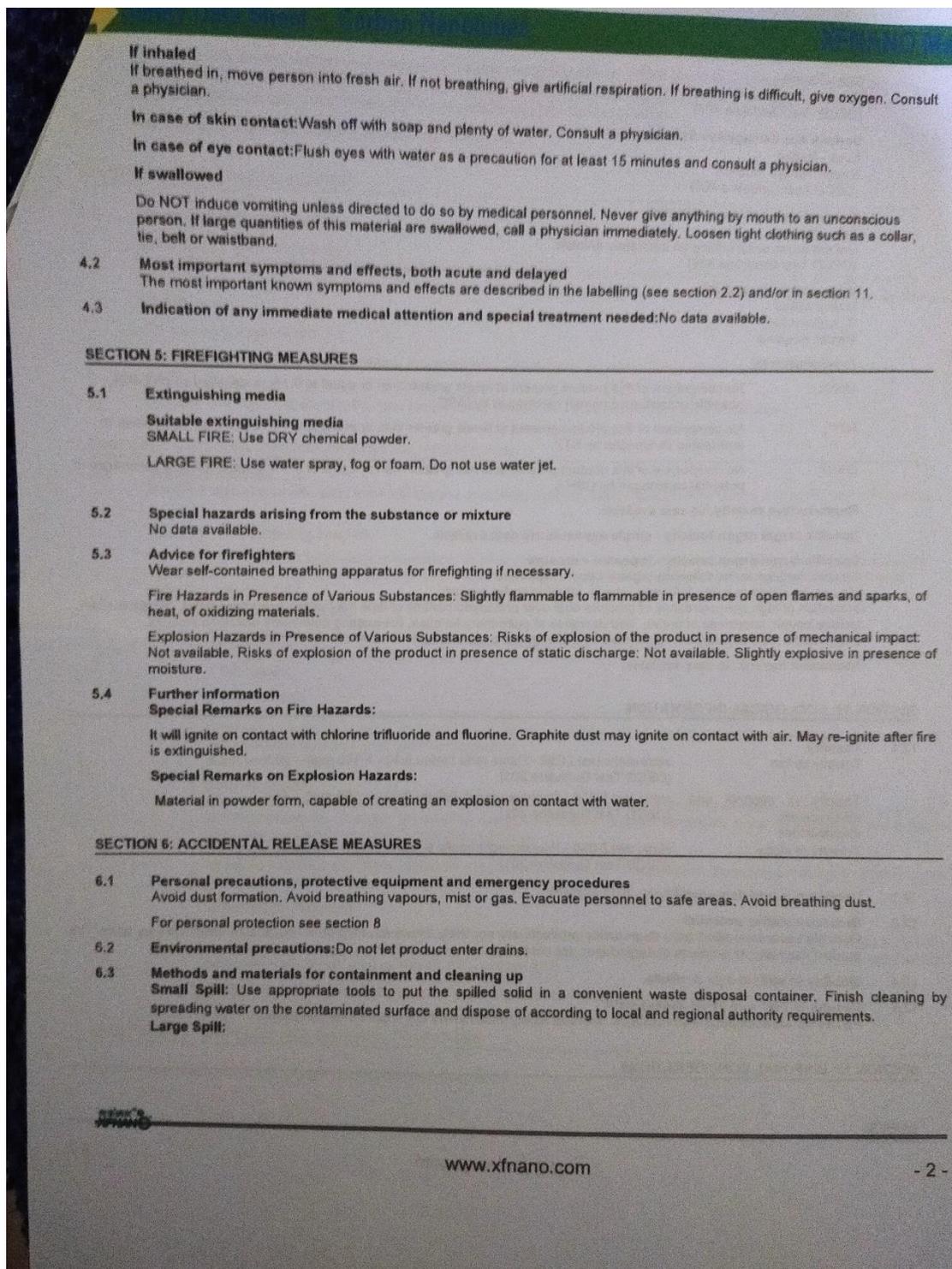
SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1 **Information on toxicological effects**

Acute toxicity
LD50 Oral - Rat - female - > 2,000 mg/kg
(OECD Test Guideline 423)
LC50 Inhalation - Rat - male and female - 4 h - 2,000 mg/m³
(OECD Test Guideline 403)
Dermal: No data available.
No data available.

Skin corrosion/irritation

www.xfnano.com





Skin - Rabbit
Result: No skin irritation
(OECD Test Guideline 404)

Serious eye damage/eye irritation
Eyes - Rabbit
Result: No eye irritation
(OECD Test Guideline 405)

Respiratory or skin sensitisation
Skin - Mouse
Did not cause sensitisation on laboratory animals.
(OECD Test Guideline 429)

Germ cell mutagenicity
in vitro assay
S. typhimurium
Result: negative

Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.

OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

Reproductive toxicity:No data available.

Specific target organ toxicity - single exposure:No data available.

Specific target organ toxicity - repeated exposure
Causes damage to the following organs: upper respiratory tract.
May cause damage to the following organs: cardiovascular system.
Inhalation of high concentrations of graphite dust over prolonged periods of time may cause pneumoconiosis. Symptoms can include cough, shortness of breath, and decrease of pulmonary function. Preexisting pulmonary disorders such as emphysema may possibly be aggravated by prolonged exposure to high concentrations of graphite dust.

Aspiration hazard:No data available.

SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION

12.1 **Toxicity**

Toxicity to fish	semi-static test LC50 - Danio rerio (zebra fish) - > 100 mg/l - 96 h (OECD Test Guideline 203)
Toxicity to daphnia and other aquatic invertebrates	static test EC50 - Daphnia magna (Water flea) - > 100 mg/l - 48 h (OECD Test Guideline 202)
Toxicity to algae	static test EC50 - Pseudokirchneriella subcapitata - > 100 mg/l - 72 h (OECD Test Guideline 201)

12.2 **Persistence and degradability:**No data available.

12.3 **Bioaccumulative potential**
Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise. The product itself and its products of degradation are not toxic.

12.4 **Mobility in soil:**No data available.

12.5 **Results of PBT and vPvB assessment**
PBT/vPvB assessment not available as chemical safety assessment not required/not conducted.

SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS

 www.xfnano.com - 5 -



13.1 Waste treatment methods

Product:Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

Contaminated packaging:Dispose of as unused product.

SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION

UN number:ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

UN proper shipping name:ADR/RID: Not dangerous goods.IMDG: Not dangerous goods.IATA: Not dangerous goods.

Transport hazard class(es):ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

Packaging group: ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

Environmental hazards: ADR/RID: no IMDG Marine pollutant: no IATA: no

SECTION 15: REGULATORY INFORMATION

15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Authorisations and/or restrictions on use

SARA 302 Components

No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

SARA 313 Components

This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (*De Minimis*) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

SARA 311/312 Hazards

No SARA Hazards.

Massachusetts Right To Know Components

Graphite	CAS-No. 7782-42-5	Revision Date 1989-08-11
----------	----------------------	-----------------------------

Pennsylvania Right To Know Components

Graphite	CAS-No. 7782-42-5	Revision Date 1989-08-11
----------	----------------------	-----------------------------

New Jersey Right To Know Components

Graphite	CAS-No. 7782-42-5	Revision Date 1989-08-11
----------	----------------------	-----------------------------

California Prop. 65 Components

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

SECTION 16: OTHER INFORMATION

HMS Classification

Health hazard: 0

Chronic Health Hazard:

Flammability: 0

Physical Hazard: 0

NFPA Rating

Health hazard: 0

Fire Hazard: 0

Reactivity Hazard: 0

Disclaimer: XFNANO INC believes that the information in this Material Safety Data Sheet is accurate and represents the best and most current information available to us. XFNANO makes no representations or warranties either express or implied, regarding the suitability of the material for any purpose or the accuracy of the information contained within this document. Accordingly, XFNANO will not be responsible for damages resulting from use of or reliance upon this information.

