UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Optimización de la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional con yeso y cal en juntas de muro de canal amunero en la comunidad de San Pedro de Casta, provincia Huarochirí

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Fernandez Silva, Michael Jharol	0009-0003-2158-2089
Namuche Paz, Francisco Antonio	0009-0005-1627-2873

ASESOR(ES)

Vise Gómez, Juan Carlos	0000-0003-2972-8241

Lima, 14 de noviembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, a mi querida madre, Nicida, que siempre estuvo a mi lado en los momentos más difíciles, a mis hermanos Sandy, Santiago y a mi familia, por su apoyo inquebrantable, y a mi novia Nery, cuyo amor y comprensión han sido mi fuente de inspiración constante, dedico este logro. Gracias por ser mi razón y mi apoyo en este camino, este logro es el resultado de nuestro amor y unidad.

Michael Jharol Fernandez Silva

Este trabajo está dedicado, a mis hijas Clarissa, María Angelica, a mis hermanos y cuñadas, también a la memoria de mis padres Teodoro, Aurora a mi esposa Erika porque ellos día a día guían mi camino para seguir adelante y cumplir todas mis metas como profesional.

Francisco Antonio Namuche Paz

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de nuestro asesor el Ingeniero Juan Carlos Vise, de nuestro coordinador el Ingeniero Víctor Elías Torres Diaz. Así también, a los funcionarios de AQUAFONDO, por su contribución al desarrollo de la investigación académica.

RESUMEN

Los canales amuneros tradicionales al estar expuestos al medio ambiente sufren con el paso del tiempo deterioró entre sus juntas de mortero con la piedra; por lo que proponemos optimizar la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional con yeso o cal, por medio de ensayos de esfuerzos a la compresión con el mortero aglomerante de yeso o cal y ensayo de adherencia evaluando el esfuerzo a la tracción por el método Pull Off. Se diseñará morteros con dosis en peso de diferentes aglomerante de yeso y cal, para la comunidad San Pedro de Casta.

De acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, considerando tres dosificaciones de mezclas: mortero tradicional y mortero tradicional con aglomerante de cal y yeso en dosis en peso de 10%, 16%, y 22%, para cada aglomerante.

Donde se obtuvo que el mortero de yeso con dosis al 22% en peso, incrementa la resistencia a la compresión admisible superando en 106.7 % a la resistencia última del mortero tradicional, la misma dosificación también incrementa la adherencia de esfuerzo a la tracción última en comparación con el mortero tradicional en un 197.8%, de acuerdo a la norma E-080.

El costo del aglomerante yeso, en comparación con el mortero tradicional es de un 8.64% adicional, lo cual no es significativo el incremento de costo.

La cal resulta con el mortero tradicional más trabajable y mejora la adherencia, en cambio el yeso aumenta la resistencia a la compresión pero lo hace más fraguable.

Palabras clave**:** Amunas; Mortero; Adherencia; Compresión; Mampostería

Optimization of adhesion and compression resistance of traditional mortar with plaster and lime in ammunero canal wall joints in the community of San Pedro de Casta, Huarochirí province

ABSTRACT

The traditional canals, being exposed to the environment, suffer deterioration over time between their mortar joints and the stone; Therefore, we propose to optimize the adhesion and compression resistance of the traditional mortar with gypsum or lime, through compressive stress tests with the gypsum or lime binding mortar and adhesion test evaluating the tensile stress by the Pull Off method. Mortars will be designed with weight doses of different gypsum and lime binders for the San Pedro de Casta community.

According to the results of laboratory tests, considering three dosages of mixtures: traditional mortar and traditional mortar with lime and gypsum binder in doses by weight of 10%, 16%, and 22%, for each binder.

Where it was obtained that the gypsum mortar with a dosage of 22% by weight increases the admissible compressive strength, exceeding the ultimate resistance of the traditional mortar by 106.7%, the same dosage also increases the ultimate tensile stress adhesion in comparison. with the traditional mortar by 197.8%, according to the E-080 standard.

The cost of the plaster binder, compared to traditional mortar, is an additional 8.64%, which is not a significant increase in cost.

Lime is more workable with traditional mortar and improves adhesion, while gypsum increases compression resistance but makes it more set.

Keywords: Amunas; Mortar; Adhesion; Compression; Masonry

u20171a952_Fernandez Silva, Michael Jharol_Optimización de la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional con yeso y cal en juntas de muro de canal amunero en la comunidad de S

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	10%	2%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	1%
4	www.readkong.com Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	<1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
	repositorio.unh.edu.pe	

TABLA DE CONTENIDOS

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Descripción de la Organización 2

1.3 Análisis del Problema 2

1.4 Objetivos 3

1.4.1 General 3

1.4.2 Específicos 3

1.5 Indicadores de Éxito del proyecto 3

1.6 Planificación del Proyecto 1

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 1

2.1 Marco Conceptual 1

2.2 Estándares, Marcos de trabajo y buenas prácticas 3

2.3 Bases Legales y Marco Normativo 4

3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO 5

3.1 Diseño de la Solución 5

3.1.1 Definiciones 5

3.1.2 Fallas típicas en canales amuneros 6

3.1.3 Diseño de mezcla 8

3.1.4 Proceso experimental 9

3.1.5 Dosificación con aglomerante yeso y cal de mortero. 10

3.2 Desarrollo de la Solución 11

3.2.1 Dosificación de mezcla de mortero tradicional 12

3.2.2 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con cal 12

3.2.3 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con yeso 13

3.3 Validación del Proyecto 14

3.3.1 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con aglomerantes al 10% 14

3.4 Interpretación de los Resultados 28

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37

4.1 Conclusiones 37

4.2 Recomendaciones 37
5 REFERENCIAS 38
6 ANEXOS 39
6.1 ANEXO 1: 39
6.2 ANEXO 2: 40
6.3 ANEXO 3: 41
6.4 ANEXO 4: 42
6.5 ANEXO 5: 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma de planificación para el trabajo de investigación..... 1
Tabla 2 Tipos de mortero..... 8
Tabla 3 Dosificación del mortero tradicional en peso 12
Tabla 4 Dosificación del mortero tradicional con cal al 10% en peso 12
Tabla 5 Dosificación del mortero tradicional con cal al 16% en peso 12
Tabla 6 Dosificación del mortero tradicional con cal al 22% en peso 13
Tabla 7 Dosificación del mortero tradicional con yeso al 10% en peso..... 13
Tabla 8 Dosificación del mortero tradicional con yeso al 16% en peso..... 13
Tabla 9 Dosificación del mortero tradicional con yeso al 22% en peso..... 14
Tabla 10 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días 15
Tabla 11 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 10% 17
Tabla 12 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 16% 18
Tabla 13 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 22% 20
Tabla 14 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 10% 21
Tabla 15 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 16% 23
Tabla 16 Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 22% 24
Tabla 17 Resultados de ensayo de mortero tradicional (Patrón) a los 28 días 27
Tabla 18 Resultados de ensayo de mortero tradicional con cal al 10%, 16% y 22% a los 28 días..... 28
Tabla 19 Resultados de ensayo de mortero tradicional con yeso al 10%, 16% y 22% a los 28 días..... 28
Tabla 20 Variación de los resultados en los ensayos de compresión respecto al porcentaje de aglomerante..... 32
Tabla 21 Variación de los resultados en los ensayos de adherencia respecto al porcentaje de aglomerante 34
Tabla 22 Variación de los costos respecto al porcentaje de aglomerante..... 34

Tabla 23 Comparación de Resultados del Resistencia a la compresión entre método tradicional con los ensayos evaluados con Cal y Yeso 35
Tabla 24 Comparación de Resultados de Adherencia entre método tradicional con los ensayos evaluados con Cal y Yeso 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección típica de amunas 5
Figura 2 Canal amunero con el muro asentado por el clima 7
Figura 3 Canal amunero con mortero escaso en muro con mortero 7
Figura 4 Canal amunero con el muro desmoronado 8
Figura 5 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional 15
Figura 6 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 10% 16
Figura 7 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 16% 18
Figura 8 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 22% 19
Figura 9 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 10%..... 21
Figura 10 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 16%..... 22
Figura 11 Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 22%..... 24
Figura 12 Pegado de dollys y adecuación de equipo para determinar los esfuerzos mediante el ensayo de adherencia 26
Figura 13 Finalización con los resultados obtenidos del equipo de ensayo Pull-Off..... 27
Figura 14 Progresión de resultados en el mortero tradicional 29
Figura 15 Progresión de resultados en el mortero tradicional con cal 30
Figura 16 Progresión de resultados en el mortero tradicional con yeso 31
Figura 17 Resultados en los ensayos de compresión respecto al porcentaje de aglomerante 32
Figura 18 Resultados en los ensayos de adherencia respecto al porcentaje de aglomerante 33

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

Las amunas representan una antigua técnica utilizada para la recarga artificial de acuíferos en regiones montañosas con formaciones rocosas, y estas estructuras tienen sus raíces en la civilización Inca del siglo XIV. Se trata de construcciones rústicas diseñadas para captar el agua de lluvia que fluye en áreas elevadas, a altitudes superiores a los 4400 metros sobre el nivel del mar. De esta manera, el agua es canalizada a través de canales de tierra siguiendo curvas de nivel y, posteriormente, se infiltra en las laderas de las montañas, aprovechando los suelos pedregosos y las rocas fracturadas situados encima de los manantiales más importantes. Estas estructuras tienen un valor incalculable, ya que permiten la práctica de la agricultura con riego en estas zonas, lo que hace que los habitantes locales deban llevar a cabo un mantenimiento anual a través de trabajos comunitarios para asegurar su funcionamiento (Aquafondo, 2017).

La escasez de agua es un problema que impacta a nivel global, y de acuerdo a múltiples investigaciones sobre la crisis del agua, se prevé que el litoral costero enfrente una situación hídrica desafiante en los próximos 10 a 15 años. En este escenario, se espera una reducción del 30% en la cantidad de agua disponible y en la oferta de agua. Esta disminución tendría un impacto negativo en la economía, ya que se estiman la pérdida de alrededor de 35,000 empleos. Considerando la estructura familiar, esto afectaría a aproximadamente 120,000 habitantes. De igual forma si el 80% del agua se emplea en el sector agrícola, este se vería muy perjudicado (Aquafondo, 2020).

Ante esta situación, las amunas son una solución para el abastecimiento de agua a la agricultura debido a que es un sistema ancestral que permite la siembra y cosecha de agua, ayudando a los pueblos que no tienen suficiente acceso al agua. Sin embargo, durante el proceso constructivo la resistencia de adherencia y compresión de la junta de mortero en los muros de canal amunero se desarrolla de forma empírica, por lo cual se podría mejorar a través de una optimización mediante la incorporación de uno o más aglomerantes. En tal sentido, se podrían obtener mayores beneficios de las amunas siempre y cuando exista una mejora en la adherencia y compresión sin elevar en exceso sus costos, respetando sus tradiciones constructivas, al igual que un correcto y oportuno mantenimiento sin afectar las costumbres de los comuneros.

1.2 Descripción de la Organización

Nombre: AQUAFONDO

RUC: 20601106192

Rubro: Organización que trabaja para llevar más y mejor agua a la población.

Dirección: Cal. José Toribio Polo Nro. 327 Int. 406, Urb. Santa Cruz Lima - Lima - Miraflores

Contacto: Jose Fernandez, telefono: 013005611, Coordinador Técnico de Programas y Proyectos.

Historia:

Desde 2010, han estado colaborando con las comunidades para facilitar el acceso al agua mediante el crecimiento de respuestas Basadas en el ambiente y soporte naturales. Estas iniciativas ayudan a la preservación de los medios hidrológicos y a la adecuación al cambio climático en las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín. En este contexto, los fondos de agua representan entidades que ofrecen un enfoque efectivo para canalizar recursos hacia inversiones que resulten rentables en las cuencas que abastecen de agua a la ciudad. Además, promueven la colaboración de diversos actores con el objetivo de generar apoyo político y lograr impactos positivos a gran escala a través de acciones conjuntas.

1.3 Análisis del Problema

Este estudio actual se centra en optimizar un aumento en la resistencia y capacidad de adherencia del mortero tradicional con el que actualmente se construyen los canales amuneros y se deterioran expuestos al medio ambiente en un lapso de 2 a 3 ciclos hidrológicos. Esto debido a que, para llevar a cabo la construcción de las amunas es necesario un muro de canal amunero hecho de piedra de 6” a 8” con mortero patrón elaborado con material arcilloso de la zona, agua y champa. Es por ello que, la duración del muro, y por ende la amuna, tiene un corto tiempo pudiendo extenderse hasta en 5 o 10 veces su duración según el mantenimiento que se les dé. En ese sentido, se analizarán sus proporciones y propiedades con el objetivo de mejorar su desempeño como material de junta en la ejecución de amunas y así mejorar sus propiedades.

Lo cual nos lleva a hacernos la pregunta:

¿Hasta qué punto la inclusión de aglomerantes como la cal y el yeso mejora la capacidad de resistencia a la compresión y la adherencia del mortero tradicional utilizado en la construcción de amunas en la comunidad de San Pedro de Casta, ubicada en la Provincia de Huarochirí?

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Optimizar la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero tradicional en las juntas de los muros del canal amunero mediante la incorporación de diversos aglomerantes, como la cal y el yeso en la comunidad de San Pedro de Casta, ubicada en Huarochirí, Lima.

1.4.2 Específicos

- Diseñar un mortero para el asentado en muros de canal amunero en la comunidad de San Pedro de Casta, situada en Huarochirí, mediante la evaluación de diferentes proporciones de aglomerante (cal y yeso), que incluyen un 0%, un 10%, un 16% y un 22%.
- Evaluar ensayos de adherencia y resistencia a la compresión de las juntas en muros de canal amunero en la comunidad de San Pedro de Casta, que se encuentra en Huarochirí. Esta evaluación se llevará a cabo considerando distintas proporciones de aglomerante (cal y yeso) que incluyen un 0%, un 10%, un 16% y un 22%.

1.5 Indicadores de Éxito del proyecto

Un indicador de éxito se justifica en función de la necesidad imperante de encontrar una solución viable para el mortero empleado en los muros de canal amunero, con el propósito de lograr que estos muros presenten un comportamiento monolítico. Por lo tanto, la esencia de esta investigación reside en la mejora de la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero, así como en la búsqueda de un desempeño más integral cuando se combina con el material arcilloso, con el objetivo de garantizar un comportamiento monolítico en los muros.

Otro indicador de éxito es ofrecer ventajas a los comuneros que utilizan materiales arcillosos disponibles en la zona para sus construcciones, sin aumentar los costos, pero mejorando la resistencia de dichos materiales. Además, esta investigación es factible debido a la proximidad de los aglomerantes necesarios, como la cal y el yeso, que se encuentran cerca de la comunidad. Asimismo, se cuenta con un lugar adecuado para llevar a cabo los ensayos con los equipos de laboratorio necesarios para analizar la resistencia y la adherencia del mortero para canal amunero están disponibles en el Laboratorio ARICAGEOS. También, esta investigación es viable debido a la disponibilidad de conocimientos en albañilería de adobe, obtenidos a través de entrevistas con fabricantes, revisión de literatura, consulta a docentes de la UPC y la orientación del asesor. Además, se dispone de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo este estudio

1.6 Planificación del Proyecto

Tabla 1

Cronograma de planificación para el trabajo de investigación

	Título del Trabajo de Investigación	Semana (Asesoria)	% avance	Plan de Trabajo			TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL											Sustentación		
				Agosto			Setiembre				Octubre					Noviembtre			Dic	
				14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
PLAN DE TRABAJO	**Tema**																			
	Asignación de Tema	1	10%																	
	Plan de Trabajo																			
	Introducción: Realidad Problemática y Formulación	1	20%																	
	Título, Estado del arte y Justificación.	2	40%																	
	Defiinición de Problema: Variables de Investigación,	2	60%																	
	Estado del Arte, Justificación	2	80%																	
	Hipótesis, Objetivo General y Objetivos Específicos	3	100%																	
	Metodología, Cronograma y Presupuesto	3	100%																	
	Entrega de Plan de Trabajo	3	100%																	
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (100%)	**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**																			
	CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO							Seguimiento		Seguimiento		Seguimiento		Seguimiento			Seguimiento		Sustentación	
	Antecedentes, Descripción de la organización, Análisis	5	20%																	
	Objetivos General y Específicos, Indicadores de Éxito,	5	30%																	
	CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO																			
	Marco Conceptual, Estándares, Frameworks y buenas	7	45%																	
	CAPITULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO																			
	3.1 Diseño de la Solución	9	55%																	
	3.2 Desarrollo de la solución	9	70%																	
	3.3 Validación del proyecto	11	75%																	
	3.4 Interpretación de los Resultados	11	90%																	
	CONCLUSIONES	12	100%																	
	RECOMENDACIONES	12	100%																	
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12	100%																	
	ANEXOS	12	100%																	
	Entrega de Trabajo al 100% - Asesor- sábado de la	12	100%																	
	Entrega de Trabajo al 100% - Seguimiento- sábado de	14	100%																	

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

Según Morante (2008), en el ensayo de su investigación "Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto" indican en su proyecto el realizar ensayos de adherencia a la compresión del mortero empleado con cinco tipos de cementos y un tipo de agregado fino de Guayaquil. En el primer lugar, se caracteriza el agregado fino según las normas nacionales, realizando el ensayo de adherencia según norma ASTM C1583. En segundo lugar, se vertieron los cubos de mortero y se aplicaron en los bloques de ladrillos. Por último, realizan ensayos destructivos de los cubos con morteros a los 3, 7 y 28 días, y ensayos de adherencia en los ladrillos a los 7 y 28 días. Los resultados mostraron que el mortero de cemento obtuvo mayor resistencia a la tracción después de los 28 días.

Según Diaz (2018), en su investigación "Análisis de la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero tradicional con diferentes aglomerantes (arcilla, cal y yeso) en juntas de muros de adobe en el centro poblado de Pata Pata del Distrito de San Jerónimo Provincia y Región Cusco", Indican que se realizaron ensayos de laboratorio donde consideraron cuatro proporciones distintas de mezclas de mortero tradicional con adición de 15% de arcilla, cal y yeso. El objetivo de estas pruebas era identificar cuál de estas proporciones tiene mejor resistencia a la compresión. Los resultados del estudio experimental demostraron que la mezcla de mortero tradicional con un 15% de yeso obtuvo la resistencia a la compresión más alta. Adicional a estos ensayos se realizaron mezclas de mortero agregando 0%, 13%, 15%, y 20% de yeso a la mezcla tradicional, obteniendo un incremento en la resistencia a la compresión. La calidad de la adherencia entre los bloques de adobe y el mortero mediante la realización de compresión diagonal de los muretes. Cuando la adherencia es óptima, el daño se propaga a través de los bloques de adobe como en el mortero, maximizando así la resistencia a la fuerza cortante. Por otro lado, cuando la adherencia entre el bloque y el mortero no es adecuada, el daño se genera de manera escalonada a lo largo de las uniones. Durante las pruebas, se mostraron diferentes tipos de daños, incluyendo daños escalonados, diagonales y mixtos. La prueba de compresión diagonal en el bloque con un 13% de yeso agregado mostraron mejor adhesión y dieron como resultado en forma diagonal.

Así también, Gonzales (2016), en su investigación “Estudio del mortero de pega usado en el cantón Cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal.” Ellos indican que se utilizó mortero para unir muros de albañilería. Primero analizaron la composición del mortero y luego estudiaron las propiedades del cemento y el mortero en dosis similares a las utilizadas en condiciones reales de ingeniería y en el laboratorio. Posteriormente estudiaron diferentes variedades de morteros que contienen cemento, cal y arena. Todos estos morteros fueron sometidos a pruebas similares, incluyendo evaluación de plasticidad, contenido de aire, retención de agua en estado plástico y resistencia a la compresión. Además, se estudiaron los tipos de mampostería utilizados en la ciudad de Cuenca. El estudio concluye con el análisis y evaluación de los resultados obtenidos en la fase experimental.

Por otro lado, Castilla (2004), en su investigación “Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra”, señalan que, hasta mediados del siglo pasado, el uso de la tierra como material de construcción era habitual en muchas regiones de España, especialmente en las submesetas del norte, donde se solía utilizar arcilla para revestir las construcciones de adobe y tapial. Pero en la actualidad esta costumbre ha perdido popularidad y sólo unos pocos mantienen la tradición de mantener estas superficies de arcilla con una renovación periódica. Sin embargo, todavía quedan muchos ejemplos de construcciones de barro que han perdurado durante siglos y añaden carácter a la arquitectura y los paisajes urbanos de algunas zonas rurales. Su estudio tiene como objetivo brindar soporte técnico para el uso de cubiertas de barro y paja, formulando aditivos como estabilizadores de látex sintético, y estudiar la formulación de aditivos como estabilizadores de látex sintético en diversos tipos de fábricas como la de arcilla. muros, tierra apisonada y muros de tierra, se trata de evaluar sus fortalezas y debilidades. ladrillo cerámico. El objetivo es mejorar la durabilidad del mortero convencional de arcilla y paja. Tenga en cuenta que, aunque la vida útil se puede prolongar, sigue siendo un componente que debe sustituirse periódicamente.

Por último, Medina et al. (2023), mencionan en su investigacion “Propuesta de Adobe con virutas de molle como mejora en las propiedades físicas (durabilidad) y mecánicas (resistencia) para el uso en viviendas populares del distrito de Aija-Ancash” señalan que, como objetivo de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del

adobe incorporando fragmentos de molares en diferentes proporciones: 1,5%, 2,5%, 3,5% y 4,5% respecto a su peso. Sabiendo que el adobe es ampliamente utilizado en zonas rurales y de bajos ingresos del Perú debido a su disponibilidad y costo económico, aunque su resistencia y durabilidad son limitadas. El principal objetivo de la investigación es desarrollar dispositivos adobe añadiendo obleas de muaré para aumentar su resistencia y durabilidad. Al evaluar estos aspectos se produjeron un total de 120 unidades de adobe, entre adobe tradicional y adobe incorporado Molle. En particular, se encontró que la dosis de M3 que contenía 3,5% molar era la más efectiva con una resistencia a la compresión unitaria de 12,35 kg/cm2 y una resistencia a la compresión de pilotes de adobe de 5,6 kg/cm2. Además, absorbió el 10,27% de agua en la prueba de inmersión y fue calificado como "suave", destacando su mejor desempeño tanto en el aspecto físico como mecánico.

2.2 Estándares, Marcos de trabajo y buenas prácticas

Estándar el ensayo de adherencia piedra - mortero

- ASTM C1583 Método de prueba estándar para evaluar la resistencia a la tracción de superficies de concreto y la resistencia a la adhesión o tracción de materiales de reparación y recubrimiento de concreto mediante el ensayo de tracción directa (método de extracción).
- E080: La norma se enfoca en la planificación, construcción, reparación y fortalecimiento de estructuras hechas de tierra reforzada, con la motivación de promover una cultura de prevención de desastres y la búsqueda de soluciones que sean rentables, seguras, resistentes, cómodas y de fácil aplicación y difusión.

Buena practicas empleada para la construcción de amunas

- El empleo del 30% de mujeres en el capital humano para ejecución de las actividades.
- Construcción de total de amunas solo con los comuneros de San Pedro de Casta, respetando sus tradiciones y costumbres.

2.3 Bases Legales y Marco Normativo

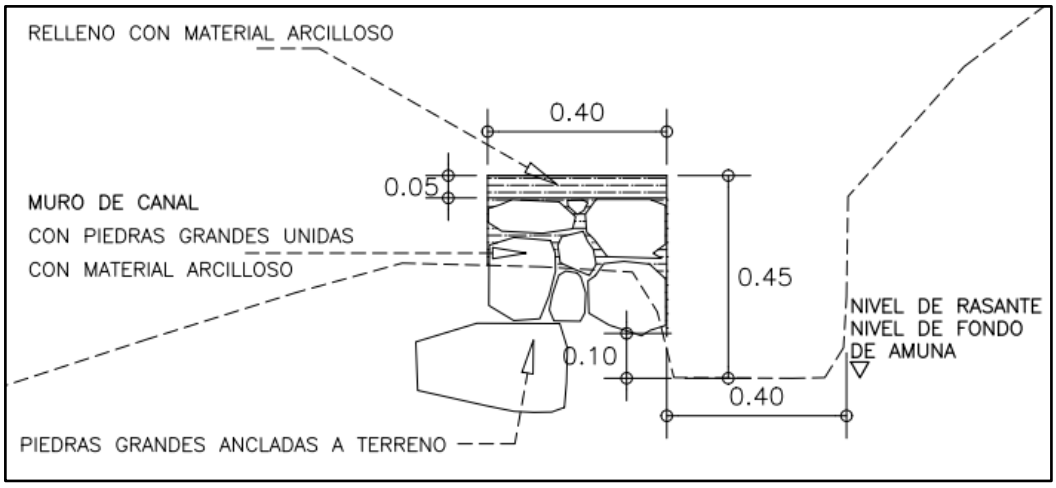
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Norma E080 “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA”
- Norma E070 “ALBAÑILERIA”

3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Diseño de la Solución

Mediante una optimización de la resistencia y adherencia del mortero como parte del proceso constructivo de las amunas en San Pedro de Casta, proponemos un diseño de mortero arcilloso con un tipo de aglomerante como yeso y cal para aumentar la adherencia y la resistencia a la compresión de los materiales involucrados en la construcción de este tipo de proyectos. Los mismos que serán validados mediante ensayos de tracción y compresión en laboratorio de mecánica de materiales.

Figura 1
Sección típica de amunas



Según lo expuesto, se observa en la ilustración 1 el muro de canal amunero construido de forma empírica y tradicional sin ningún tipo de dosificación del mortero. Por lo cual, proponemos una evaluación de diferentes proporciones de aglomerante (cal y yeso), que incluyen un 0%, un 10%, un 16% y un 22%.

3.1.1 Definiciones

- Arcilla: Es componente natural el cual se ubica en abundancia superficialmente en la tierra. También es fundamental en los procedimientos constructivos, debido a que es un material muy duro, dúctil, duradero, así mismo, cuenta con facultad para concentrar agua.

- Arena: Es un conglomerado fino que se emplea para fabricar concreto, mezclas aglomerantes, está compuesto por piedras molidas que son finas muy diminutas y finas o de mayor tamaño el cual se empleara para la aplicación deseada.
- Cal: Material de construcción económico y de fácil acceso, que es ampliamente empleado en la construcción, como aglomerante.
- Champa: Trozo de tierra de algunos centímetros de espesor cubierto de césped y material orgánico.
- Mortero: Mezcla de aglomerantes inorgánicos, con agregados finos y agua reaccionan adquiriendo resistencia, sirve para unir elementos de construcción como ladrillos, piedras, etc.
- Piedra: Es un material abundante en la naturaleza, de escaso impacto ambiental y de una alta durabilidad y conservación. Se ha utilizado como material de construcción desde la prehistoria.
- Yeso: Es un material molido que viene de la cocción de la piedra aljez o sulfato de calcio dihidrato, que, al hidratarse en concentraciones convenientes, es adecuado para que el fraguado sea pronto al aire libre.

3.1.2 Fallas típicas en canales amuneros

Los canales amuneros existentes son tradicionales realizados de manera empírica, por lo que se construyen sin medidas técnicas ni procedimientos constructivos de albañilería. Debido a esto, se debería optimizar y mejorar, porque con el transcurrir del tiempo las amunas se van deteriorando y degradando ambientalmente.

Figura 2
Canal amunero con el muro asentado por el clima

Figura 3
Canal amunero con mortero escaso en muro con mortero

Figura 4
Canal amunero con el muro desmoronado

3.1.3 Diseño de mezcla

Nuestro diseño se centra en la mejora de la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional empleando yeso y cal para mejora las juntas del muro, por lo que, para determinar la dosis de diseño de mezcla de nuestro mortero a ensayar nos referimos a nuestra norma técnica peruana E070, según art. 6.4 Mortero, proporciones, y la NTP 339.002, Según la tabla 2. se tiene las siguientes cantidades:

Tabla 2
Tipos de mortero

	COMPONENTES			USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota. Fuente: Norma E.070 Albañilería, Reglamento Nacional De Edificaciones.

Los muros amuneros tienen una altura promedio de 45 cm. Los cuales tienen como usos de canales de recolección de aguas de lluvias las cuales se infiltran en su lecho por lo que no trabajan como muros portantes, principalmente, por lo que tomaremos un rango de proporciones para poder obtener resultados de mejora en la adherencia y resistencia a la compresión del mortero asentado de junta con la piedra

Debido a que no se pretende incrementar los costos de construcción y mantener sus costumbres tradiciones ancestrales de los comuneros, no se va a proponer cemento, por lo que se presenta las proporciones de aglomerante de cal y yeso para el mortero patrón en las siguientes proporciones:

- 10% de aglomerante con respecto a la arena
- 16% de aglomerante con respecto a la arena
- 22% de aglomerante con respecto a la arena

3.1.4 Proceso experimental

Según la norma E-080, es necesario que el mortero de arcilla utilizado en las juntas de canal amunero sea consistente con la mezcla empleada en la fabricación de los mismos. Para nuestro análisis, preparamos morteros utilizando yeso y cal como aglomerantes.

a) Preparación del mortero

Es fundamental ejercer precaución al seleccionar los materiales destinados a la fabricación del mortero de arcilla y, en consecuencia, el muro de canal amunero.

b) Evaluación del suelo.

De acuerdo con el RNE E-080, se sugiere que la composición del suelo se acerque a los rangos porcentuales: arcilla (10-20%), limo (15-25%) y arena (55-70%), evitando la utilización de suelos orgánicos. En el marco de esta investigación, hemos empleado el suelo de la comunidad de San Pedro de Casta.

En ese sentido, a través de los resultados del análisis granulométrico mediante tamizado y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), realizado en laboratorio GEOGLOBAL PERU S.A.C., se anexa al presente, se determinó que la grava, arena y finos de la evaluación es la siguientes:

- % Retiene Tamiz N° 4 (grava) = 35.80%

- % Pasa N° 4 y Ret. N° 200 (arena) = 35.00%
- % Pasa Tamiz N° 200 (finos) = 29.20%

TOTAL = 100.00%

De acuerdo con la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se trata de un suelo con características de grava limo arcillosa con arena (GC - GM). Se nota que el porcentaje de finos es notablemente alto, alcanzando un 29.20%, mientras que el porcentaje de arena es del 35.00%. Esto indica que, conforme a la norma E-080, es posible adicionar uno o más tipos de aglomerantes.

Con respecto a la cal de obra y el yeso de obra que se empleó en los ensayos de compresión y tracción son de marca HADES de la empresa "KRL Solutions & Trading SAC".

c) Extracción del suelo

El suelo empleado en la elaboración del mortero utilizado en la construcción de amunas se obtuvo de la comunidad de San Pedro de Casta, extrayendo aproximadamente 100 kg de suelo que posteriormente se trasladó al laboratorio para la preparación del mortero. En el proceso de extracción, se tuvo la precaución de reducir la capa vegetal superior y disminuir la inclusión de material orgánico.

3.1.5 Dosificación con aglomerante yeso y cal de mortero.

1) Datos necesarios.

Para llevar a cabo la planificación del diseño del mortero, se requieren los siguientes datos obtenidos en el laboratorio.

a) Contenido de humedad del suelo.
b) Análisis granulométrico del suelo.
c) Peso volumétrico del suelo.

2) Volumen de cubos para ensayos

El volumen está determinado por el contenedor utilizado, que en esta ocasión tiene las dimensiones de:

- Longitud (l) = 0.05 m.

- Altura (h) = 0.05 m.
- Ancho (a) = 0.05 m.

Con esta información, se calculó el volumen de los cubos que contendría el suelo utilizando la siguiente ecuación. El cálculo del volumen del suelo se puede realizar en metros cúbicos (m^3), y este valor es análogo al volumen del recipiente utilizado.

$$Vt = l\ x\ h\ x\ a$$

3) Cálculo del agua.

De acuerdo con la normativa, la cantidad de agua necesaria para la formación de unidades de adobe y mortero no debe superar el 20% en relación al contenido seco de nuestro suelo, que presenta un contenido de humedad natural del 7.45%.

- W % = 20% - contenido de humedad (Resultado laboratorio)

Dónde:

- W% = La cantidad adicional de agua necesaria

En nuestra situación, emplearemos una mayor cantidad de agua debido al uso de aglomerantes como el yeso y la cal, con el fin de lograr una mayor trabajabilidad en la mezcla. Estos aglomerantes requieren una mayor cantidad de agua para alcanzar la consistencia adecuada y posteriormente fraguar.

4) Resultado para mortero de arcilla.

La preparación de la mezcla de mortero se llevó a cabo mediante la consideración de las cantidades de tierra suelta en peso y volumen, con la adición de aglomerantes de yeso y cal en proporciones del 10%, 16% y 22%.

3.2 Desarrollo de la Solución

Se presenta la formulación de la propuesta para mejorar la mezcla del mortero utilizando aglomerantes para los ensayos de resistencia a la compresión y adherencia mediante el método pull off.

3.2.1 Dosificación de mezcla de mortero tradicional

Tabla 3
Dosificación del mortero tradicional en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.50 kg	75.00%
Agua	0.40 L/ kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

3.2.2 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con cal

Tabla 4
Dosificación del mortero tradicional con cal al 10% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.30 kg	65.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Cal	0.20 kg	10.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

Tabla 5
Dosificación del mortero tradicional con cal al 16% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.18 kg	59.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Cal	0.32 kg	16.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

Tabla 6
Dosificación del mortero tradicional con cal al 22% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.06 kg	53.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Cal	0.44 kg	22.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

3.2.3 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con yeso

Tabla 7
Dosificación del mortero tradicional con yeso al 10% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.30 kg	65.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Yeso	0.20 kg	10.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

Tabla 8
Dosificación del mortero tradicional con yeso al 16% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.18 kg	59.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Yeso	0.32 kg	16.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

Tabla 9
Dosificación del mortero tradicional con yeso al 22% en peso

CONCEPTO	PESO	PORCENTAJE
Suelo	1.06 kg	53.00%
Agua	0.40 l/kg	20.00%
Champa	0.10 kg	5.00%
Yes	0.44 kg	22.00%
TOTAL	2.00 kg	100.00%

3.3 Validación del Proyecto

Se realizaron 3 ensayos en laboratorio de mecánica de materiales para cada presentación: Diseño patrón y con los aglomerantes al 10%, 16% y 22%.

En la evaluación de la resistencia a la compresión de las mezclas de mortero de barro, se utilizan probetas cilíndricas que se someten a pruebas de compresión en una máquina especializada. La resistencia a la compresión se determina calculando la carga que provoca la ruptura de las probetas, tomando en consideración el área de la sección que soporta dicha carga. Los resultados se expresan en unidades del Sistema Internacional (SI) en mega pascales (MPa) o en kg/cm².

Para nuestro caso, en el proceso de ensayo se emplearon probetas con forma de cubo que tenían un perímetro de 20 centímetros (equivalente a 5 cm cada lado) y 5cm de altura.

3.3.1 Dosificación de mezcla de mortero tradicional con aglomerantes al 10%

Se muestra el desarrollo del mortero tradicional y los aglomerantes evaluando su resistencia con la cal y yeso.

<u>Ensayo de Resistencia a la Comprensión</u>

Los ensayos de compresión son una herramienta que nos permite examinar la solidez y confiabilidad de los materiales, elementos y artículos en distintos momentos a lo largo del proceso de manufactura. Cuando se trata de escoger un material para una aplicación o producto nuevo, es fundamental que demuestre su capacidad para soportar cualquier fuerza mecánica que pueda enfrentar en su uso final.

1) Diseño patrón tradicional

Figura 5
Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional

Tabla 10
Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
(Patrón) Tradicional	7	4.90	4.80	23.52	1.913	195.07	8.29
	7	5.00	4.70	23.50	2.243	228.72	9.73
	7	4.80	4.90	23.52	2.107	214.85	9.13
(Patrón) Tradicional	14	5.10	4.80	24.48	2.689	274.20	11.20
	14	5.00	4.90	24.50	2.207	225.05	9.19
	14	4.90	5.00	24.50	2.487	253.60	10.35
(Patrón) Tradicional	28	4.80	5.00	24.00	2.5	254.93	10.62
	28	4.85	4.95	24.01	3.1	316.11	13.17
	28	4.80	4.95	23.76	2.9	295.71	12.45

Según la tabla 10, se aprecia que la resistencia es mínima a la compresión ya que no tiene ningún tipo de aglomerante para reforzar su mezcla. Además, la resistencia a la compresión es baja en relación con las edades de 7,14 y 28 días. No hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales. En la figura 5 se observa el equipo empleado para determinar los valores de compresión.

2) Diseño con aglomerante cal

Figura 6
Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 10%

Tabla 11

Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 10%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 10 % de Cal	7	4.90	4.90	24.01	1.252	127.67	5.32
	7	5.00	4.80	24.00	1.723	175.69	7.32
	7	4.90	4.90	24.01	1.437	146.53	6.10
Mortero con 10 % de Cal	14	5.00	5.00	25.00	2.292	233.72	9.35
	14	5.00	4.90	24.50	0.955	97.38	3.97
	14	4.90	4.90	24.01	1.587	161.83	6.74
Mortero con 10 % de Cal	28	5.40	4.60	24.84	1.032	105.23	4.24
	28	5.15	4.30	22.15	2.152	219.44	9.91
	28	5.40	4.60	24.84	1.953	199.15	8.02

Según la tabla 11, se aprecia que la resistencia es menor a la compresión en referencia al diseño patrón ya que la cal representa solo el 10 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión es baja en relación con las edades de 7,14 y 28 días. No hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales, he incluso se puede apreciar una disminución de los valores. En la figura 6 se observa el equipo empleado para determinar los valores de compresión.

Figura 7
Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 16%

Tabla 12
Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 16%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 16 % de Cal	7	4.80	5.00	24.00	1.429	145.72	6.07
	7	5.00	5.10	25.50	1.321	134.70	5.28
	7	4.90	5.10	24.99	1.376	140.31	5.61
Mortero con 16 % de Cal	14	5.00	4.80	24.00	1.605	163.66	6.82
	14	5.00	4.90	24.50	1.274	129.91	5.30
	14	4.90	5.00	24.50	1.408	143.57	5.86
Mortero con 16 % de Cal	28	4.75	4.75	22.56	1.956	199.45	8.84
	28	5.10	4.45	22.70	1.506	153.57	6.77
	28	4.80	4.60	22.08	1.879	191.60	8.68

Según la tabla 12, se aprecia que la resistencia se mantiene en relación a los valores de la compresión en referencia al diseño patrón con cal al 10 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión es mínima en relación con las edades de 7,14 y 28 días. No hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales. En la figura 7 se observa el equipo empleado para determinar los valores de compresión con aglomerante cal al 16%.

Figura 8

Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con cal al 22%

Tabla 13

Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con cal al 22%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 22 % de Cal	7	4.80	4.80	23.04	1.162	118.49	5.14
	7	4.90	5.00	24.50	1.298	132.36	5.40
	7	4.90	4.90	24.01	1.217	124.10	5.17
Mortero con 22 % de Cal	14	5.00	4.80	24.00	1.071	109.21	4.55
	14	5.00	4.90	24.50	1.305	133.07	5.43
	14	4.90	5.00	24.50	1.298	132.36	5.40
Mortero con 22 % de Cal	28	4.85	4.60	22.31	2.731	278.48	12.48
	28	5.10	4.55	23.21	1.776	181.10	7.80
	28	4.95	4.65	23.02	1.798	183.34	7.97

Según la tabla 13, se aprecia que la resistencia mantiene relación en los valores la compresión en referencia al diseño patrón con cal al 16 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión es mínima en relación con las edades de 7,14 y 28 días. No hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales he incluso la tendencia es la baja. En la figura 8 se observa el equipo usado para determinar los valores de compresión con aglomerante cal al 22%.

3) Diseño con aglomerante yeso

Figura 9
Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 10%

Tabla 14
Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 10%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 10 % de Yeso	7	5.00	4.80	24.00	1.282	130.73	5.45
	7	5.00	4.90	24.50	0.682	69.54	2.84
	7	4.90	5.00	24.50	1.072	109.31	4.46
Mortero con 10 % de Yeso	14	4.90	4.90	24.01	3.641	371.27	15.46
	14	5.00	5.00	25.00	3.571	364.13	14.57
	14	4.90	5.00	24.50	3.602	367.30	14.99
Mortero con 10 % de Yeso	14	5.05	4.35	21.97	3.06	312.03	20.20
	14	5.20	4.65	24.18	3.07	313.05	18.95
	14	5.15	4.50	23.18	3.04	309.99	19.38

Según la tabla 14, se aprecia que la resistencia a la compresión aumenta en referencia al diseño patrón teniendo en consideración que yeso solo representa el 10 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión incrementa en relación con las edades de 7,14 y 28 días. Hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales. En la figura 9 se observa el equipo usado para determinar los valores de compresión con yeso al 10%.

Figura 10

Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 16%

Tabla 15

Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 16%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 16 % de Yeso	7	4.80	4.80	23.04	2.412	245.95	10.67
	7	4.90	4.80	23.52	1.986	202.51	8.61
	7	4.90	4.95	24.26	2.271	231.57	9.55
Mortero con 16 % de Yeso	14	4.90	5.00	24.50	3.182	324.47	13.24
	14	5.10	5.00	25.50	1.511	154.08	6.04
	14	4.90	5.10	24.99	2.298	234.33	9.38
Mortero con 16 % de Yeso	14	5.20	4.75	24.70	4.379	446.53	18.08
	14	5.15	4.85	24.98	4.858	495.37	19.83
	14	5.20	4.80	24.96	4.108	418.89	16.78

Según la tabla 15, se aprecia que la resistencia a la compresión sigue en aumento en referencia al diseño patrón con cal al 10 % teniendo en consideración que yeso solo representa el 16 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión incrementa en relación con las edades de 7,14 y 28 días. Hay un aumento significativo respecto a los valores iniciales. En la figura 10 se observa el equipo usado para determinar los valores de compresión con yeso al 16%.

Figura 11

Ensayo a la compresión de patrón de mortero tradicional con yeso al 22%

Tabla 16

Resultados de ensayo de mortero tradicional a los 7, 14 y 28 días con yeso al 22%

Mortero	Edad (días)	Lp cm	Bp cm	Área cm2	Fuerza KN	Fuerza Kg	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 22 % de Yeso	7	5.00	5.00	25.00	5.504	561.24	22.45
	7	5.00	5.10	25.50	4.094	417.47	16.37
	7	4.90	5.00	24.50	4.952	504.96	20.61
Mortero con 22 % de Yeso	14	4.90	4.80	23.52	4.57	466.00	19.81
	14	5.00	5.10	25.50	6.568	669.74	26.26
	14	4.90	5.00	24.50	5.913	602.95	24.61
Mortero con 22 % de Yeso	14	5.05	4.65	23.48	4.488	457.64	19.49
	14	5.00	4.70	23.50	7.409	755.50	32.15
	14	5.15	4.50	23.18	5.284	538.81	23.25

Según la tabla 16, se aprecia que la resistencia a la compresión aumentó en referencia al diseño patrón con cal al 16 % teniendo en consideración que yeso solo representa el 16 % de la dosificación. Además, la resistencia a la compresión incrementa en relación con las edades de 7,14 y 28 días. Hay un aumento significativo y alcanzando valores altos de todos los ensayos. En la figura 11 se observa el equipo usado para determinar los valores de compresión con yeso al 22%.

Ensayo Método Pull Off de ensayo a la adherencia

El método Pull Off es un ensayo que implica el uso de un equipo manual, específicamente un medidor de adhesión por tracción. Este dispositivo se utiliza para medir la fuerza necesaria para despegar una superficie de recubrimiento de un sustrato con un diámetro definido, mediante la aplicación de presión hidráulica. La presión se calcula en función de la fuerza aplicada y el área de la prueba, lo cual representa la fuerza de adhesión al sustrato.

De acuerdo con las normas ASTM D4541, D7234, e ISO 4624, el equipo manual se emplea para evaluar la adhesión, es decir, la fuerza de tracción, de un revestimiento al determinar la máxima tensión por tracción que puede resistir antes de separarse. Los puntos de ruptura que se observan en las superficies ocurren a lo largo del plano más débil del sistema, que incluye la dolly (dispositivo de prueba), las capas de recubrimiento y el sustrato.

En nuestro caso el dolly tiene 5 cm de diámetro, lo cual nos da un área constante de 19.63 cm2.

El procedimiento que se siguió se describe a continuación:

Se determinó la zona donde se realizó la medición de adherencia para colocar los dolly, junto a un adhesivo epóxico, el cual se mezcló bien y se colocó sobre la superficie del mortero con una espátula. Se colocó el disco con el pegamento sobre el corte manteniendo presión sobre el disco hasta que se secó, con el cuidado de que la pega quedara bien distribuida, en la figura 12 se aprecia los dollys listos para el ensayo de Pull-Off

Figura 12
Pegado de dollys y adecuación de equipo para determinar los esfuerzos mediante el ensayo de adherencia

El equipo de medición se insertó a la base para iniciar el desprendimiento, se colocó el equipo en la posición de cero y se registró la fuerza máxima que se necesitó para el desprendimiento de la capa de mortero adherida a la piedra (ver figura 12). Así mismo, se determina que, durante el ensayo de adherencia a los 28 días, es importante colocar el mortero sobre la superficie de la piedra de forma regular y logrando en lo posible una base plana. Esto debido a que, al momento de realizar los ensayos es importante para que los resultados sean los más exactos posibles.

Figura 13
Finalización con los resultados obtenidos del equipo de ensayo Pull-Off

La operatividad del equipo de prueba puede influir en los resultados del ensayo de adherencia de diversas maneras. Factores como la calibración del equipo, la velocidad de tracción, la temperatura ambiente y la uniformidad de la carga aplicada pueden afectar la medición de la fuerza de adherencia. Además, el mantenimiento regular del equipo y la capacitación del personal encargado de realizar los ensayos son factores que influyen en la consistencia y fiabilidad de los resultados.

A continuación, se presenta los resultados de los ensayos de compresión.

Tabla 17
Resultados de ensayo de mortero tradicional (Patrón) a los 28 días

Mortero	Edad (días)	Radio cm	Área cm2	Presión Mpa	Presión PSI	Esfuerzo Kg/cm2
(Patrón) Tradicional	28	5.00	19.63	0.16	23.2061	1.63
	28	5.00	19.63	0.13	18.8549	1.33
	28	5.00	19.63	0.17	24.6565	1.73

Tabla 18

Resultados de ensayo de mortero tradicional con cal al 10%, 16% y 22% a los 28 días

Mortero	Edad (días)	Radio cm	Área cm2	Presión Mpa	Presión PSI	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 10 % de Cal	28	5.00	19.63	0.15	21.7557	1.53
	28	5.00	19.63	0.09	13.0534	0.92
	28	5.00	19.63	0.13	18.8549	1.33
Mortero con 16 % de Cal	28	5.00	19.63	0.19	27.5572	1.94
	28	5.00	19.63	0.22	31.9084	2.24
	28	5.00	19.63	0.15	21.7557	1.53
Mortero con 22 % de Cal	28	5.00	19.63	0.31	44.9618	3.16
	28	5.00	19.63	0.45	65.2671	4.59
	28	5.00	19.63	0.22	31.9084	2.24

Tabla 19

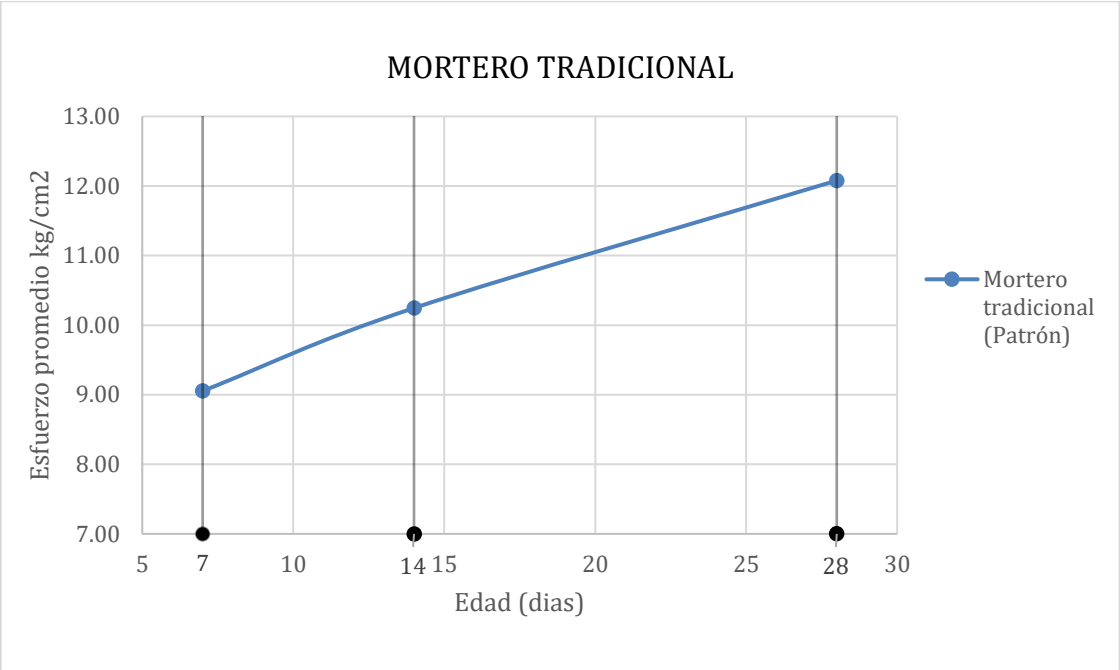
Resultados de ensayo de mortero tradicional con yeso al 10%, 16% y 22% a los 28 días

Mortero	Edad (días)	Radio cm	Área cm2	Presión Mpa	Presión PSI	Esfuerzo Kg/cm2
Mortero con 10 % de Yeso	28	5.00	19.63	0.12	17.4046	1.22
	28	5.00	19.63	0.42	60.916	4.28
	28	5.00	19.63	0.28	40.6106	2.86
Mortero con 16 % de Yeso	28	5.00	19.63	0.37	53.6641	3.77
	28	5.00	19.63	0.44	63.8167	4.49
	28	5.00	19.63	0.26	37.7099	2.65
Mortero con 22 % de Yeso	28	5.00	19.63	0.58	84.122	5.91
	28	5.00	19.63	0.41	59.4656	4.18
	28	5.00	19.63	0.38	55.1144	3.87

3.4 Interpretación de los Resultados

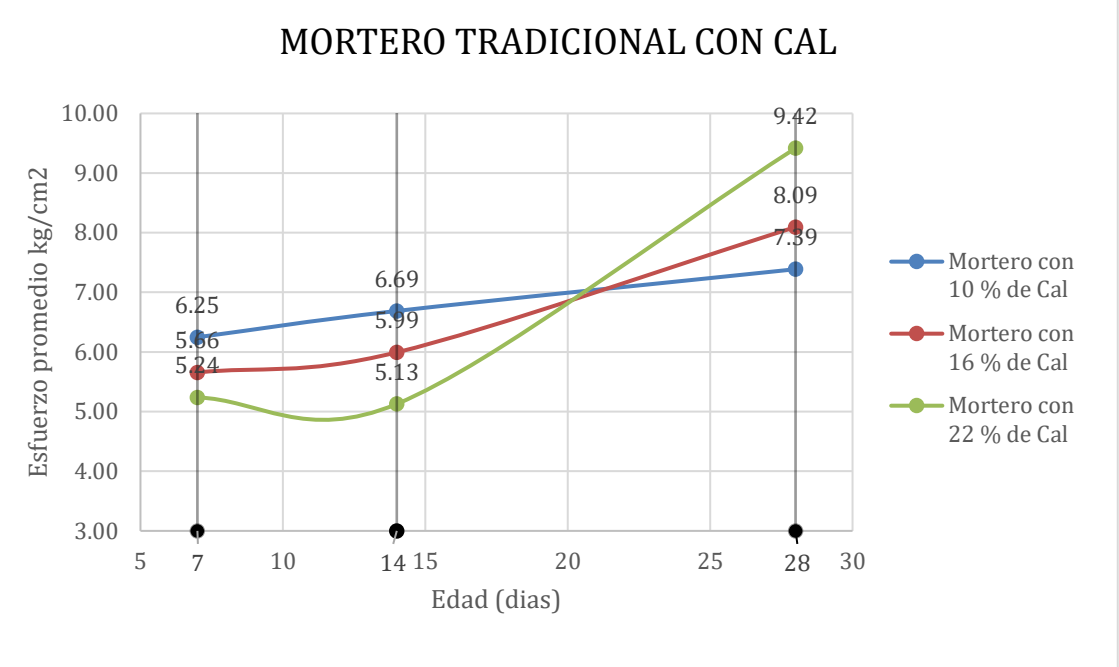
A continuación, se detalla los resultados de los ensayos de compresión y adherencia en el mortero tradicional con los aglomerantes propuestos como cal y yeso.

Figura 14
Progresión de resultados en el mortero tradicional



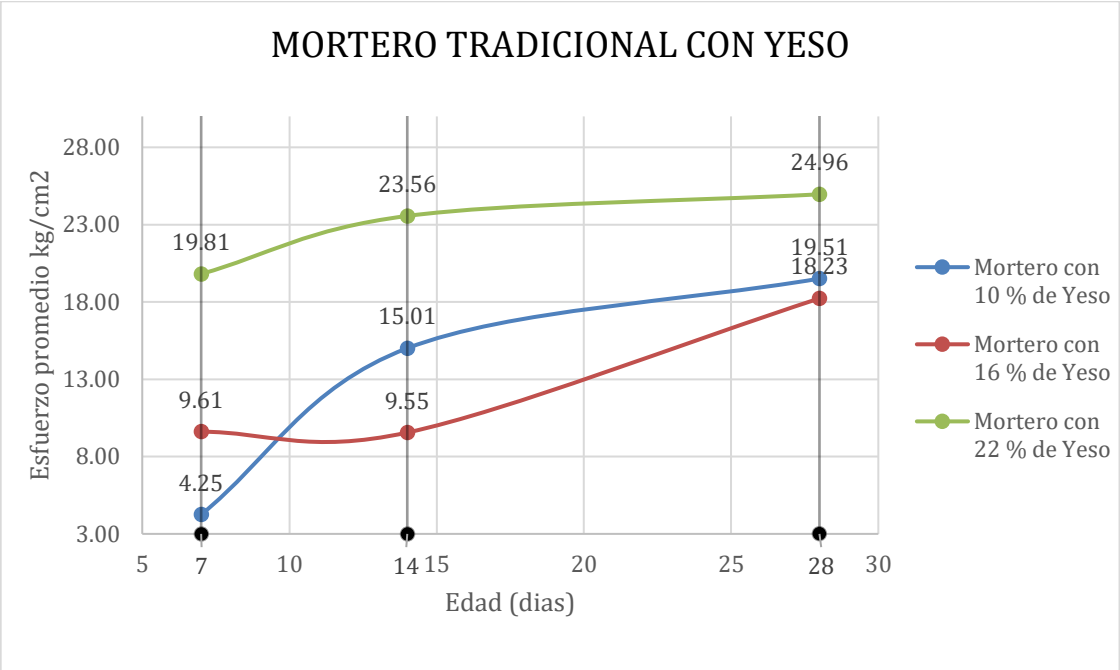
El análisis de la figura 14 de resistencia a la compresión del mortero patrón revela un fenómeno de notoria relevancia desde una perspectiva técnica. Se observa una tendencia de aumento gradual en los valores de resistencia a la compresión, la cual se correlaciona directamente con la ausencia de cualquier aglomerante en la formulación del mortero patrón. Este fenómeno sugiere que la matriz de mortero, desprovista de aglomerante, manifiesta un comportamiento intrínseco que se traduce en una resistencia creciente a medida que progresa el tiempo de curado y las interacciones a nivel microestructural se desarrollan, lo que presenta una particularidad de gran relevancia en el contexto del presente estudio

Figura 15
Progresión de resultados en el mortero tradicional con cal



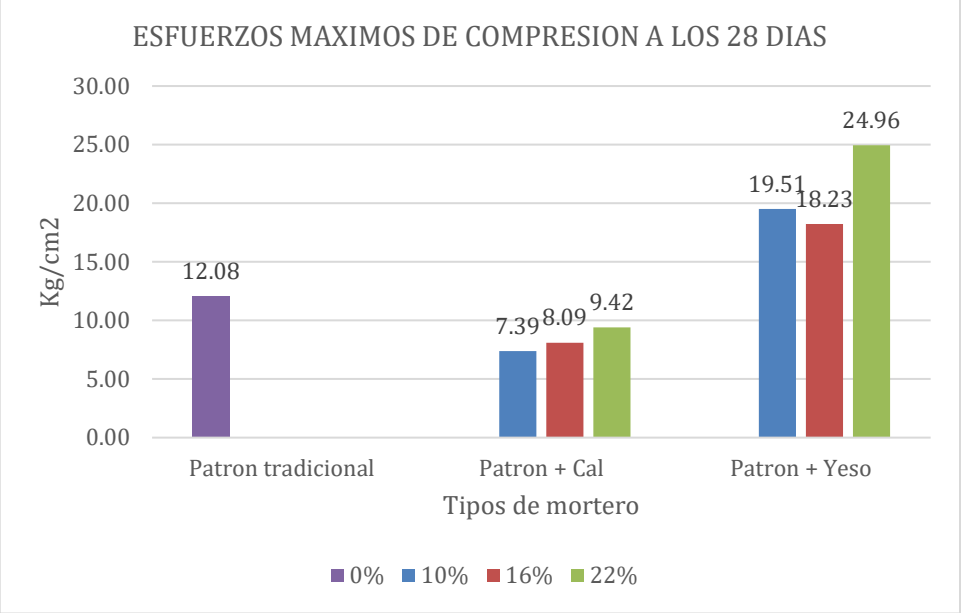
El análisis de la figura 15 de resistencia a la compresión del mortero patrón con cal como aglomerante a diferentes concentraciones (10%, 16%, y 22%) revela una tendencia al aumento en la resistencia a la compresión, aunque con un incremento moderado. A medida que aumenta el contenido de cal, se observa una mejora gradual en la resistencia a la compresión del mortero. Este comportamiento sugiere que la incorporación de cal como aglomerante tiene un efecto positivo en la resistencia del mortero patrón, aunque la relación no es lineal, y el punto óptimo de concentración de cal para lograr una mayor resistencia requiere un análisis más detallado.

Figura 16
Progresión de resultados en el mortero tradicional con yeso



El análisis de la figura 16 de resistencia a la compresión del mortero patrón con yeso como aglomerante a concentraciones variables (10%, 16%, y 22%) revela una marcada tendencia al aumento en la resistencia, con un incremento más pronunciado en comparación con la cal como aglomerante. Sin embargo, es fundamental destacar que el yeso exhibe un tiempo de fraguado significativamente más corto en comparación con la cal. Esta característica, que puede considerarse una desventaja en ciertos escenarios de aplicación, debe ser cuidadosamente sopesada frente a los beneficios sustanciales que aporta en términos de resistencia. En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de una selección adecuada de aglomerante en función de las necesidades específicas del proyecto, considerando tanto la resistencia requerida como el tiempo disponible para el fraguado del mortero.

Figura 17
Resultados en los ensayos de compresión respecto al porcentaje de aglomerante



La figura presenta los resultados de esfuerzos máximos de compresión a los 28 días en tres tipos de morteros: el patrón tradicional sin adiciones (12.08 kg/cm²), el patrón con cal a concentraciones del 7.39%, 8.09%, y 9.42%, y el patrón con yeso a concentraciones del 19.51%, 18.23%, y 24.96%.

Tabla 20
Variación de los resultados en los ensayos de compresión respecto al porcentaje de aglomerante

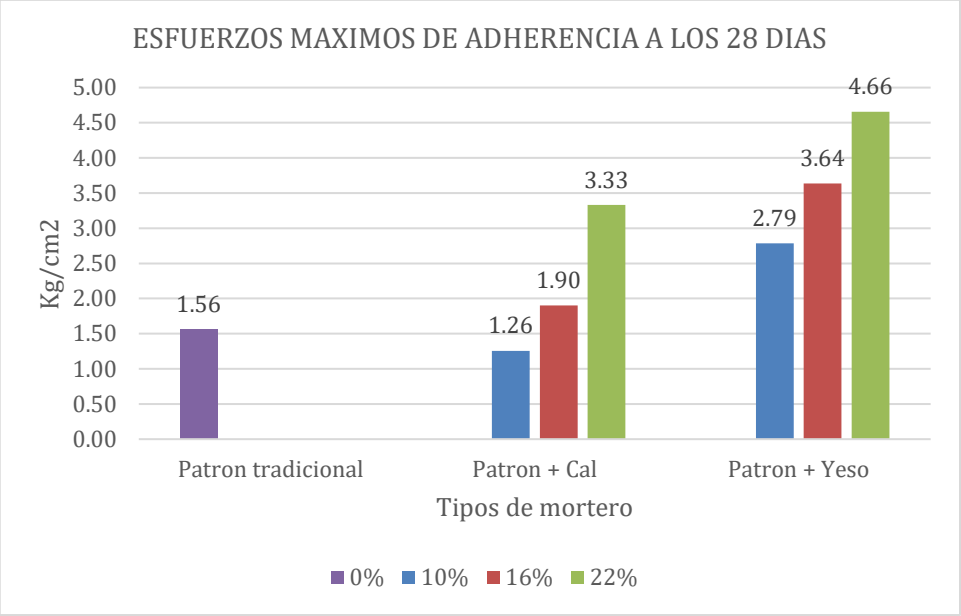
TECNICA	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2)	Variación de Resistencia a la Compresión (%)
Tradicional (PATRON)	12.08	100.00
Tradicional con 10% Cal	7.39	61.16
Tradicional con 16% Cal	8.09	67.02
Tradicional con 22% Cal	9.42	77.97
Tradicional con 10% Yeso	19.51	161.52
Tradicional con 16% Yeso	18.23	150.94
Tradicional con 22% Yeso	24.96	206.67

El mortero patrón tradicional sin adiciones exhibe el valor más alto de esfuerzo máximo de compresión a los 28 días, con 12.08 kg/cm².

El patrón con cal muestra una disminución en la resistencia a medida que aumenta la concentración de cal. Esto puede deberse a la posible dilución de las partículas de cemento, lo que afecta negativamente la resistencia a la compresión.

En contraste, el patrón con yeso muestra una tendencia al aumento en la resistencia a medida que se incrementa la concentración de yeso. Este comportamiento podría explicarse por las interacciones químicas entre el yeso y el cemento, lo que conduce a una mayor resistencia.

Figura 18
Resultados en los ensayos de adherencia respecto al porcentaje de aglomerante



La figura presenta los resultados de los esfuerzos máximos de adherencia a los 28 días en tres tipos de mortero patrón: el patrón tradicional sin adiciones (1.56 kg/cm²), el patrón con cal a concentraciones del 1.26%, 1.9%, y 3.33%, y el patrón con yeso a concentraciones del 2.79%, 3.64%, y 4.66%.

Tabla 21
Variación de los resultados en los ensayos de adherencia respecto al porcentaje de aglomerante

TECNICA	Adherencia (Kg/cm2)	Variación de la Adherencia (%)
Tradicional (PATRON)	1.56	100.00
Tradicional con 10% Cal	1.26	80.43
Tradicional con 16% Cal	1.90	121.74
Tradicional con 22% Cal	3.33	213.04
Tradicional con 10% Yeso	2.79	178.26
Tradicional con 16% Yeso	3.64	232.61
Tradicional con 22% Yeso	4.66	297.83

El mortero patrón tradicional sin adiciones muestra el valor más alto de esfuerzo máximo de adherencia a los 28 días, con 1.56 kg/cm².

El patrón con cal, en general, exhibe un ligero aumento en la resistencia de adherencia a medida que aumenta la concentración de cal. Esto sugiere que la incorporación de cal puede mejorar algo la adherencia entre el mortero y el sustrato.

Por otro lado, el patrón con yeso muestra una tendencia al aumento en la resistencia de adherencia a medida que se incrementa la concentración de yeso. Esto podría deberse a interacciones químicas beneficiosas entre el yeso y el mortero, lo que mejora la adherencia.

Tabla 22
Variación de los costos respecto al porcentaje de aglomerante

TECNICA	Costo (Soles/m)	Costo (%)
Tradicional (PATRON)	41.99	100.00
Tradicional con 10% Cal	43.42	103.41
Tradicional con 16% Cal	44.28	105.45
Tradicional con 22% Cal	45.14	107.50
Tradicional con 10% Yeso	43.64	103.93
Tradicional con 16% Yeso	44.63	106.29
Tradicional con 22% Yeso	45.62	108.64

La tabla 22 presenta una relación clara entre la cantidad de aglomerante añadido (ya sea yeso o cal) en las mezclas de mortero y los costos asociados por metro lineal. A medida que aumenta la concentración de aglomerante, se observa un incremento gradual en el costo de la mezcla. Sin embargo, es fundamental destacar que este aumento en costos es relativamente

mínimo en comparación con los beneficios sustanciales que se obtienen al incorporar estos aglomerantes.

La inversión adicional en el aglomerante se traduce en una mayor resistencia a la compresión, lo que es de gran importancia en aplicaciones donde la fuerza estructural es esencial como sectores donde el canal amunero resiste paso de animales y personas. Además, se observa un efecto positivo en la resistencia de adherencia a medida que se incrementa la cantidad de aglomerante. Este aumento en la adherencia entre el mortero y el sustrato es un beneficio significativo, especialmente en aplicaciones donde se requiere una fuerte unión entre ambos y así lograr una mayor durabilidad en el muro canal.

El ligero aumento en los costos debido a la adición de aglomerante se ve claramente justificado por los beneficios considerables en resistencia de compresión y adherencia. Esto sugiere que, a pesar del incremento en el gasto, la inversión en aglomerante, ya sea yeso o cal, es altamente rentable en términos de mejora de propiedades mecánicas esenciales del mortero.

Tabla 23
Comparación de Resultados del Resistencia a la compresión entre método tradicional con los ensayos evaluados con Cal y Yeso

TIPO DE MORTERO	Esfuerzo Compresión f´m (Kg/cm2)	Esfuerzo Compresión Admisible fm=0.4*f´m (Kg/cm2)	Variación Esfuerzo Compresión (%)	Norma E-080
Tradicional (PATRON)	12.08	4.83	100.00	No cumple
Tradicional con 10% Cal	7.39	2.96	61.16	No cumple
Tradicional con 16% Cal	8.09	3.24	67.02	No cumple
Tradicional con 22% Cal	9.42	3.77	77.97	No cumple
Tradicional con 10% Yeso	19.51	7.80	161.52	cumple
Tradicional con 16% Yeso	18.23	7.29	150.94	cumple
Tradicional con 22% Yeso	24.96	9.98	206.67	cumple

En el análisis de los resultados de resistencia a la compresión, se destaca que tanto el mortero tradicional como el mortero tradicional con cal no alcanzan el esfuerzo de compresión admisible mínimo requerido por la norma E-080, lo que indica una deficiencia en términos de resistencia. En contraste, el mortero tradicional con yeso supera estos estándares,

exhibiendo valores de resistencia que cumplen con los requisitos normativos. Este hallazgo subraya la importancia de considerar las adiciones de yeso en la formulación del mortero cuando se busca cumplir con los estándares de resistencia establecidos por la normativa. Es esencial para la toma de decisiones en aplicaciones que requieren alcanzar los niveles de resistencia especificados por la norma, ya que el mortero con yeso se presenta como una opción efectiva para lograr este objetivo, a diferencia de las alternativas tradicionales y con cal que no alcanzan los estándares requeridos.

Tabla 24
Comparación de Resultados de Adherencia entre método tradicional con los ensayos evaluados con Cal y Yeso

TIPO DE MORTERO	Adherencia Esfuerzo a la tracción f´m (Kg/cm2)	Adherencia Esfuerzo a la tracción Admisible fm=0.4*f´m (Kg/cm2)	Variación Adherencia Esfuerzo a la tracción (%)	Norma E-080
Tradicional (PATRON)	1.56	0.63	100.00	cumple
Tradicional con 10% Cal	1.26	0.50	80.43	cumple
Tradicional con 16% Cal	1.90	0.76	121.74	cumple
Tradicional con 22% Cal	3.33	1.33	213.04	cumple
Tradicional con 10% Yeso	2.79	1.11	178.26	cumple
Tradicional con 16% Yeso	3.64	1.45	232.61	cumple
Tradicional con 22% Yeso	4.66	1.86	297.83	cumple

En la comparación de los resultados de la evaluación de la adherencia, específicamente el esfuerzo a la tracción se observa que todos los tipos de mortero, incluido el mortero tradicional, cumplen con los requisitos de esfuerzo a la tracción admisible mínimo establecidos por la norma E-080. No obstante, es importante destacar que el mortero tradicional con yeso muestra los resultados más altos en cuanto a esfuerzo a la tracción, lo que indica un desempeño superior en este aspecto en comparación con las demás formulaciones. Esto sugiere que la adición de yeso en el mortero tradicional tiene un efecto positivo en la resistencia a la tracción, lo que puede ser relevante en aplicaciones donde se requiere una fuerte adherencia entre el mortero y la piedra.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En la interpretación de los resultados, se determinó que, en la comparación del mortero tradicional con respecto al mortero con aglomerante Yeso, se obtuvo un incremento en un 61% de la resistencia a la compresión con una dosis de 10%, un incremento en un 51% de la resistencia a la compresión con una dosis de 16% y un incremento en un 106% de la resistencia a la compresión con una dosis de 22%. Según la norma E- 080 estaría cumpliendo los valores mínimos.
- En la interpretación de los resultados, se determinó que, con respecto a la comparación del mortero tradicional con respecto al mortero con aglomerante Yeso se tiene un incremento en promedio de un 78% de la adherencia con la dosis de 10%, se obtuvo un incremento en un 133% de la adherencia, con la dosis de 16% y un incremento en un 198% de la adherencia, con la dosis de 22%.
- El aumento en el costo es un resultado directo de incrementar la cantidad de aglomerante (yeso o cal), este incremento es de máximo 8.64% del costo en comparación con los beneficios sustanciales en resistencia máxima de compresión un 106.67% y adherencia un 197.83%. La selección y la cantidad del aglomerante deben considerarse cuidadosamente en función de la amuna.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que previo a realizar los ensayos de las mezclas se deberá primero resolver bien el agregado suelo con el aglomerante yeso para luego agregar el agua para recién formar el mortero.
- Se recomienda que no deberá de esperar mucho tiempo cuando se realice el ensayo con mortero con el aglomerante yeso, debido a que este al hidratarse empieza rápidamente a fraguarse perdiendo su plasticidad.
- Se recomienda realizar ensayos con dosis optima con la adición de proporciones de yeso y cal que incrementen la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero mejorado.
- Se recomienda realizar ensayos con dosis optima con la adición de proporciones de yeso y cal que incrementen la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero mejorado y a la vez mejora su adherencia del mortero con la unidad de piedra para que se vuelva más trabajable.

5 REFERENCIAS

Aquafondo. (2017). Áreas potenciales para el desarrollo de proyectos de infraestructura verde en las cuencas del Chirilu. *Aquafondo*. https://aquafondo.org.pe/areas-potenciales-para-el-desarrollo-de-proyectos-de-infraestructura-verde-en-las-cuencas-del-chirilu/

Aquafondo (2020). Estudio Crisis de agua: una amenaza silenciosa para el desarrollo económico. *Aquafondo*. https://aquafondo.org.pe/crisis-de-agua-una-amenaza-silenciosa-para-el-desarrollo-economico/

Alvarez, Y. (2019). *Evaluación de la adherencia de morteros a bloques de mampostería* [Tesis de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Dspace. https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/51446

Barbachán Ruales, E. A., Barbachán Villalobos, M. A., Cáceres Coral, J. J., Ruiz Camus, C. N., & Casas Huamanta, E. R. (2022). Soluciones tecnológicas ancestrales y su aplicación en tiempos actuales. *Revista Universidad y Sociedad, 14*(S1), 476-486. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10757/660097

Castilla, F. (2004). *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra* [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.8826

Diaz, W. (2018). *Análisis de la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero tradicional con diferentes aglomerantes (arcilla, cal y yeso) en juntas de muros de adobe en el centro poblado de Pata Pata del Distrito de San Jerónimo Provincia y Región Cusco* [Tesis de titulación, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio institucional de la UAP https://hdl.handle.net/20.500.12990/2784

Gonzales, J. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el cantón cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal* [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional UCUENCA http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23664

Medina, F., & De la Torre, R. (2023). *Propuesta de Adobe con virutas de molle como mejora en las propiedades físicas (durabilidad) y mecánicas (resistencia) para el uso en viviendas populares del distrito de Aija-Ancash* [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. http://hdl.handle.net/10757/667931

Morante, A. (2008). *Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/176

PosiTest AT-M. (2016). PosiTest ATPull-Off Adhesion Tester (pg.5). Recuperado de https://www.defelsko.com/positest-at?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA1fqrBhA1EiwAMU5m_xtOZBMCOv-AsXj-qjufAlg6WqBAaHlQQErcGe-sinIiecvVu9Y0_hoCU4YQAvD_BwE#at-m

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1:

ANALISIS GRANULOMÉTRICO

GEOGLOBAL PERÚ S.A.C.

Laboratorio De Suelos, Concreto, Asfalto y Mecánica De Rocas

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D6913-17 NTP. 339.128

PROYECTO : "SUPERVISIÓN DEL PROYECTO "REHABILITACIÓN DE AMUNAS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA REGIÓN DE LIMA - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA"

SOLICITADO : NILOC CONSTRUCTORES & CONSULTORES E.I.R.L.: RUC. 20518990676

UBICACIÓN : AMUNA HUACSAY-YANACHIWCHI - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA - HUAROCHIRI - LIMA

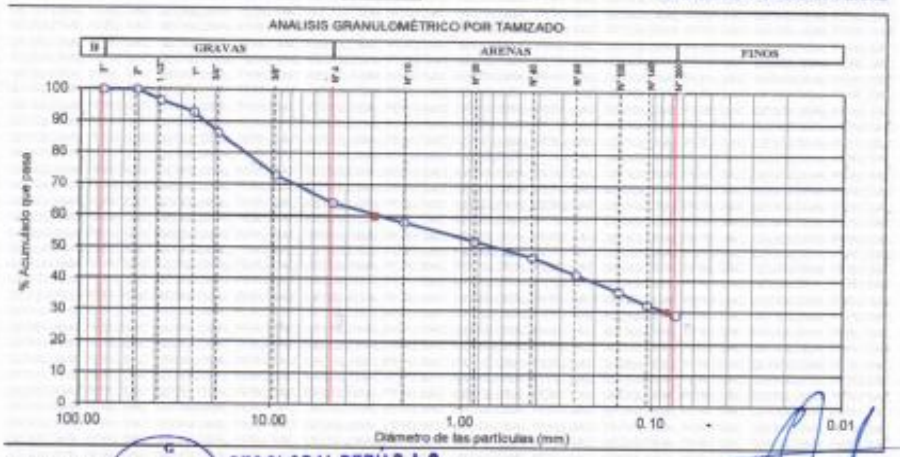
FECHA : MARZO - 2022

Método de Ensayo "A" (Tamizado Compuesto), Tamiz de Separación, No. 4

CALICATA :	HUA - 1	Hum. Natural (%) :	9.3	Límite Líquido :	21
MUESTRA :	M - 1	Masa Inicial Seca (g) :	3988.0	Límite Plástico :	16
PROF. (m) :	0.90	Masa Lavada Seca (g) :	2822.3	Indice Plasticidad :	5

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	MASA RETENIDA (g) F. Gruesa	MASA RETENIDA (g) F. Fina	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA(%)
3 in	76.200					100
2 in	50.800					100
1 1/2 in	38.100	140		3.5	3.5	96
1 in	25.400	147		3.7	7.2	93
3/4 in	19.050	258		6.5	13.7	86
3/8 in	9.525	528		13.2	26.9	73
No. 4	4.750	353		8.9	35.8	64
No. 10	2.000		20.0	6.1	41.9	58.1
No. 20	0.850		19.0	5.8	47.6	52.4
No. 40	0.425		17.2	5.3	52.9	47.1
No. 60	0.250		17.5	5.3	58.2	41.8
No. 100	0.150		17.7	5.4	63.6	36.4
No. 140	0.106		13.6	4.1	67.8	32.2
No. 200	0.075		9.9	3.0	70.8	29.2
< No. 200	-		1165.7	29.2	100.0	

Cu :	-	Gravas :	35.8	CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D-3282)	A-2-4 (0)
Cc :	-	Arenas :	35.0	CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D-2487) :	GC - GM
		Finos :	29.2		Grava limo arcillosa con arena



Observaciones:

GEOGLOBAL PERU S.A.C.

Javier Wilder Díaz Marín
GERENTE GENERAL

EDGAR FLORES AZAÑERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 84882

Jr. Los Ingenieros 112 Ermitaño - Independencia
E-mail: jdiaz@geoglobalperu.com Teléfono: (511) (01) 582 5630 Cel.: 996 146 804

6.2 ANEXO 2:

CONTENIDO DE HUMEDAD

GEOGLOBAL PERÚ S.A.C.

Laboratorio De Suelos, Concreto, Asfalto y Mecánica De Rocas

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D2216-19 NTP. 339.127

PROYECTO : "SUPERVISIÓN DEL PROYECTO "REHABILITACIÓN DE AMUNAS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDA DE AGUA EN LA REGIÓN DE LIMA - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA"

SOLICITADO : NILOC CONSTRUCTORES & CONSULTORES E.I.R.L.: RUC. 20518990676

UBICACIÓN : AMUNA HUACSAY-YANACHIWCHI - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA - HUAROCHIRI - LIMA

FECHA : MARZO - 2022

Método de Ensayo entre "A" y "B" (Secado al Horno a 110 +/-5°C)

CALICATA				HUA - 1	HUA - 2	
MUESTRA				M - 1	M - 1	
PROFUNDIDAD (m)				0.90	1.00	
Identificación del Resipiente				64	138	
1. Masa del recipiente con muestra húmeda		g		134.32	137.24	
2. Masa del recipiente con muestra Seca 1		g		124.30	130.79	
3. Masa del recipiente con muestra Seca 2		g		124.30	130.79	
4. Masa del recipiente		g		16.58	15.19	
5. Masa de agua	(1) - (3)	g		10.02	6.45	
6. Masa de muestra seca	(3) - (4)	g		107.72	115.60	
7. Contenido de humedad	(5)/(6)*100	%		**9.3**	**5.6**	

CALICATA						
MUESTRA						
PROFUNDIDAD (m)						
Identificación del Resipiente						
1. Masa del recipiente con muestra húmeda		g				
2. Masa del recipiente con muestra Seca 1		g				
3. Masa del recipiente con muestra Seca 2		g				
4. Masa del recipiente		g				
5. Masa de agua	(1) - (3)	g				
6. Masa de muestra seca	(3) - (4)	g				
7. Contenido de humedad	(5)/(6)*100	%				
T. Máximo de Partícula aproximado (Visual)						

GEOGLOBAL PERÚ S.A.C.

Javier Wilder Díaz Morán
GERENTE GENERAL

EDGAR FLORES AZAÑERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 84882

Psje. Los Mirtos N° 112 Ermitaño - Independencia
E-mail: jdiaz050869@hotmail.com Teléfono: (511) (01) 582 5630 Cel.: 996 146 804

6.3 ANEXO 3:

ANALISIS LIMITE PLASTICO Y LIQUIDO

GEOGLOBAL PERÚ S.A.C.

Laboratorio De Suelos, Concreto, Asfalto y Mecánica De Rocas

LIMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO

ASTM D4318-17 NTP. 339.129

PROYECTO : "SUPERVISIÓN DEL PROYECTO "REHABILITACIÓN DE AMUNAS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA REGIÓN DE LIMA - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA"

SOLICITADO : NILOC CONSTRUCTORES & CONSULTORES E.I.R.L.: RUC. 20518990676

UBICACIÓN : AMUNA HUACBAY-YANACHIWCHI - SAN PEDRO DE CASTA Y SAN LORENZO DE HUACHUPAMPA - HUAROCHIRI - LIMA

CALICATA : HUA - 1

MUESTRA : M - 1

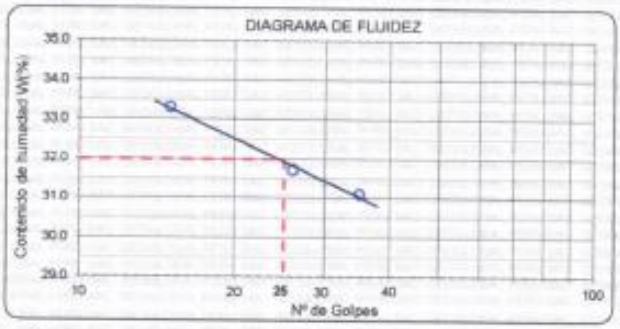
PROF. (m.) : 0.90

FECHA : MARZO - 2022

Método de Ensayo "A" (Multipunto)

Preparación vía humeda y Secado al Horno

	DATOS	LIMITE LÍQUIDO			LIMITE PLÁSTICO	
		25 - 35	20 - 30	15 - 25		
	Número de golpes	35	26	15		
	Resipiente N°	181	151	115	221	150
1	Masa del recipiente + suelo humedo	27.38	29.42	24.46	22.99	22.11
2	Masa del recipiente + suelo seco	24.79	26.63	21.50	21.90	21.25
3	Masa del recipiente	16.47	17.83	12.62	16.18	17.23
4	Masa de agua	2.59	2.79	2.96	1.10	0.86
5	Masa de suelo seco	8.32	8.80	8.88	5.72	4.03
6	Contenido de Humedad	31.1	31.7	33.3	19.2	21.2



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA PASANTE TAMIZ # 40	
Limite Liquido	32
Limite Plástico	20
Indice Plasticidad	12

Clasificación según Carta de Plasticidad	CL

Observaciones :

GEOGLOBAL PERU S.A.C.

Javier Wilder Diaz Merán
GERENTE GENERAL

EDGAR FLORES AZAÑERO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 84882

Jr. Ermitaño - Independencia
E-mail: jdiaz050869@hotmail.com Teléfono: (511) (01) 582 5630 Cel.: 996 146 804

6.4 ANEXO 4:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

S10 Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0201016 OPTIMIZACIÓN DE LA ADHERENCIA Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO TRADICIONAL CON YESO Y CAL EN JUNTAS DE MURO DE CANAL AMUNERO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CASTA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ

Subpresupuesto 001 ANALISIS DE COSTOS EN CANAL AMUNERO Fecha presupuesto 29/10/2023

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 41.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
						0.50
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + CAL 10 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 43.42

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130200020005	CAL BOLSA 20 kg	bol		0.1000	14.32	1.43
						1.93
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + CAL 16 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 44.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130200020005	CAL BOLSA 20 kg	bol		0.1600	14.32	2.29
						2.79
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + CAL 22 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 45.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130200020005	CAL BOLSA 20 kg	bol		0.2200	14.32	3.15
						3.65
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0201016 OPTIMIZACIÓN DE LA ADHERENCIA Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO TRADICIONAL CON YESO Y CAL EN JUNTAS DE MURO DE CANAL AMUNERO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CASTA, PROVINCIA HUAROCHIRÍ

Subpresupuesto 001 ANALISIS DE COSTOS EN CANAL AMUNERO Fecha presupuesto 29/10/2023

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + YESO 10 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 43.64

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130300010002	YESO BOLSA 20 kg	bol		0.1000	16.50	1.65
						2.15
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + YESO 16 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 44.63

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130300010002	YESO BOLSA 20 kg	bol		0.1600	16.50	2.64
						3.14
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

Partida CONSTRUCCION DE MURO EN CANAL AMUNERO + YESO 22 % (0.60 x 0.50)

Rendimiento m/DIA MO. 33.0000 EQ. 33.0000 Costo unitario directo por : m 45.62

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2424	12.50	3.03
0101010005	PEON	hh	12.0000	2.9091	10.00	29.09
0101010007	PICAPEDRERO	hh	2.0000	0.4848	15.00	7.27
						39.39
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	0.50	0.50
02130300010002	YESO BOLSA 20 kg	bol		0.2200	16.50	3.63
						4.13
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.39	1.18
						1.18
	Subpartidas					
011203060110	TRASLADO DE MATERIAL A MURO AMUNERO <50 M	m3		1.0000	0.15	0.15
011203060209	EXTRACCION ACOPIO Y CARGIO DE MATERIAL DE PRESTAMO PARA MORTERO DE MURO	m3		1.0000	0.77	0.77
						0.92

6.5 ANEXO 5:

Reporte de Ensayo Laboratorio Mortero Resistencia a Compresión

ARKEL

Reporte de Ensayo Laboratorio Mortero Resistencia a Compresion

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA CON MORTERO **(NORMA ASTM C140/C140M - 20a)**

Código:	**P-OPE-001-F-41**
Versión:	1
Fecha:	29/10/2023
Página:	1 de 1

PROYECTO: "Optimización de la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional con yeso y cal en juntas de muro de canal amunero en la comunidad de San Pedro de Casta, provincia Huarochirí"

SOLICITA: Fernández Silva, Michael Jharol
Namuche Paz, Francisco Antonio

Nº CORRELATIVO: 003
UBICACIÓN:

Código	Elemento	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	L_1 (cm)	L_2 (cm)	L_{prom} (cm)	B_1 (cm)	B_2 (cm)	B_{prom} (cm)	Área (cm^2)	Carga Máx. (kN)	Carga Máx. (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)
001	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	4.60	4.80	5.00	5.00	5.00	24.00	2.500	254.9	10.62
002	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	4.90	4.80	4.85	5.00	4.90	4.95	24.01	3.100	316.1	13.17
003	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	4.90	4.70	4.80	5.00	4.90	4.95	23.76	2.900	295.7	12.45
004	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.70	5.40	4.50	4.70	4.60	24.84	1.032	105.2	4.24
005	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.20	5.15	4.10	4.50	4.30	22.15	2.152	219.4	9.91
006	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.70	5.40	4.50	4.70	4.60	24.84	1.953	199.1	8.02
007	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	4.70	4.80	4.75	4.70	4.80	4.75	22.56	1.956	199.5	8.84
008	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.20	5.00	5.10	4.20	4.70	4.45	22.70	1.506	153.6	6.77
009	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	4.70	4.90	4.80	4.50	4.70	4.60	22.08	1.879	191.6	8.68
010	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	4.80	4.90	4.85	4.60	4.60	4.60	22.31	2.731	278.5	12.48
011	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.20	5.00	5.10	4.50	4.60	4.55	23.21	1.776	181.1	7.80
012	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	4.90	4.95	4.60	4.70	4.65	23.02	1.798	183.3	7.97
013	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	5.10	5.05	4.10	4.60	4.35	21.97	3.060	312.0	14.20
014	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.20	5.20	5.20	4.70	4.60	4.65	24.18	3.070	313.0	12.95
015	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.20	5.15	4.40	4.60	4.50	23.18	3.040	310.0	13.38
016	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.20	5.20	5.20	4.80	4.70	4.75	24.70	4.379	446.5	18.08
017	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.20	5.15	4.80	4.90	4.85	24.98	4.858	495.4	19.83
018	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.20	5.20	5.20	4.80	4.80	4.80	24.96	4.108	418.9	16.78
019	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	5.10	5.05	5.00	4.30	4.65	23.48	4.488	457.6	19.49
020	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	5.00	5.00	4.50	4.90	4.70	23.50	7.409	755.5	32.15
021	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.10	5.20	5.15	4.40	4.60	4.50	23.18	5.284	538.8	23.25

OBSERVACIONES:

ELABORADO POR	APROBADO POR
Firma: JORGE FLORES ROMÁN JEFE DE LABORATORIO	Firma: JULIO CESAR CASTILLO FUENTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122377
Nombre: Jorge Flores - Jefe de Laboratorio	Nombre: Julio Castillo - Ing Civil
Fecha: 29/10/2023	Fecha: 29/10/2023

Calle 2 Mz C Lt 1 Urb San Francisco, Ate - Lima
www.arkel.pe

Reporte de Ensayo Laboratorio Mortero Adherencia

ARKEL	Reporte de Ensayo Laboratorio Mortero Adherencia	Código: P-OPE-001-F-41
		Versión: 1
	MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PRUEBA DE ADHERENCIA PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA CON MORTERO **(NORMA ASTM D4541/ASTM D7234)**	Fecha: 29/10/2023
		Página: 1 de 1

PROYECTO: "Optimización de la adherencia y la resistencia a la compresión del mortero tradicional con yeso y cal en juntas de muro de canal amunero en la comunidad de San Pedro de Casta, provincia Huarochirí"

SOLICITA: Fernández Silva, Michael Jharol
Namuche Paz, Francisco Antonio

N° CORRELATIVO: 004
UBICACIÓN:

Código	Elemento	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro del Dolly (cm)	Área (cm^2)	Adherencia (MPa)	Adherencia (PSI	Adherencia (kg/cm^2)
001	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.160	23.2	1.63
002	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.130	18.9	1.33
003	Patron	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.170	24.7	1.73
004	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.150	21.8	1.53
005	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.090	13.1	0.92
006	Cal 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.130	18.9	1.33
007	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.190	27.6	1.94
008	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.220	31.9	2.24
009	Cal 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.150	21.8	1.53
010	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.310	45.0	3.16
011	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.450	65.3	4.59
012	Cal 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.220	31.9	2.24
013	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.120	17.4	1.22
014	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.420	60.9	4.28
015	Yeso 10%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.280	40.6	2.86
016	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.370	53.7	3.77
017	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.440	63.8	4.49
018	Yeso 16%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.260	37.7	2.65
019	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.580	84.1	5.91
020	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.410	59.5	4.18
021	Yeso 22%	30/09/2023	28/10/2023	28	5.00	19.63	0.380	55.1	3.87

OBSERVACIONES:

ELABORADO POR	APROBADO POR
Firma: JORGE FLORES ROMÁN JEFE DE LABORATORIO	Firma: JULIO CÉSAR CASTILLO FUENTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 122877
Nombre: Jorge Flores - Jefe de Laboratorio	Nombre: Julio Castillo - Ing Civil
Fecha: 29/10/2023	Fecha: 29/10/2023

Calle 2 Mz C Lt 1 Urb San Francisco, Ate - Lima
www.arkel.pe