

Comparison of the Performance of Gypsum and Lime in Building Coatings

Torrel Silva, Diana Fiorella¹; Infante Inca, Anabel Giulisa Aracely²

Carhuanambo Villanueva, Jhenifer Thajana³

^{1,2,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca - Perú,

n00430006@upn.pe, n00422192@upn.pe, jhenifer.carhuanambo@upn.pe

Abstract – In this study, gypsum and lime were used as alternative coating materials in construction, with the aim of comparing their performance in construction coatings by evaluating their compressive strength, water absorption, and specific gravity at addition ratios of 16%, 22%, 50%, and 70% relative to the amount of cement. This objective was achieved using an applied, experimental methodology with a quantitative approach, aimed at comparing the performance of gypsum and lime as binders in construction coatings at proportions of 16%, 22%, 50%, and 70%. Forty cylindrical mortar specimens were prepared, divided equally between mixtures containing lime and those containing gypsum. The samples were cured for 7, 14, and 28 days and subjected to tests for compressive strength, water absorption, and bulk density, conducted in the laboratory of the Universidad Privada del Norte. The results showed that the maximum compressive strength was obtained with 16% gypsum (4,245 kg/cm²) and with 16% lime (5,337 kg/cm²), indicating that intermediate percentages optimize structural performance. Regarding water absorption, the lime-based mortars had values between 16.67% and 23.00%, and the gypsum-based mortars between 16.38% and 24.04%, demonstrating that lime offers greater stability against moisture. In conclusion, lime is more suitable for exterior coatings, while plaster is better suited for dry interior surfaces due to its superior workability and surface finish.

Keywords: Plaster, Lime, Coating, Compressive strength, Absorption, Specific weight.

I. INTRODUCCIÓN

El yeso y la cal han sido empleados desde tiempos antiguos en la construcción como materiales fundamentales para la elaboración de revestimientos, enlucidos y acabados. Su uso se mantiene vigente debido a su versatilidad, bajo costo y facilidad de aplicación, cualidades que los convierten en opciones atractivas frente a otros materiales más industrializados. Una de las propiedades más relevantes de los revestimientos es la resistencia a la compresión, ya que permite conocer el esfuerzo máximo que estos materiales pueden soportar sin presentar fallas, siendo un indicador crucial en la aceptación o rechazo de su aplicación en obra. Asimismo, el grado de absorción y el peso específico son parámetros esenciales para valorar la durabilidad y eficiencia de los revestimientos en diferentes contextos constructivos.

Según [2], nos menciona que el yeso es un material apropiado y ampliamente usado en la construcción debido a su bajo costo, disponibilidad y capacidad térmica, además de ser fácilmente combinado con aditivos. Además, en el estudio de [1] en la actualidad, surge la necesidad de explorar alternativas constructivas que permitan optimizar recursos, reducir costos y minimizar el tiempo de ejecución, sin descuidar aspectos

fundamentales como la seguridad estructural y el impacto ambiental.

Por lo tanto, es fundamental analizar el comportamiento del revestimiento utilizando yeso y cal con proporciones de adición que varían en un 16%, 22%, 50% y 70%, de manera que se evidencie las diferentes características que adquiere cada mezcla al modificar sus componentes.

A continuación, se presentan las evidencias de estudios previos que respaldan este análisis comparativo. En estos antecedentes se investigó la sustitución parcial de aglomerantes tradicionales por adiciones específicas, con el fin de optimizar las propiedades de los morteros y revestimientos, demostrando la viabilidad y el interés en la modificación de mezclas.

En este sentido, en [1] se menciona que la comparación entre sistemas constructivos tradicionales y muros ligeros como el drywall, evidencia ventajas en eficiencia, costos y tiempos de ejecución en un promedio del 34%, confirmando la importancia de evaluar materiales alternativos que respondan a estas demandas.

En el trabajo de [2], sobre la elaboración de un panel termoaislante a base de fibra de Stipa Ichu, celulosa y yeso el autor resalta que es una buena alternativa que puede utilizarse como revestimiento al interior de las viviendas rurales en las regiones Altoandina donde existen variaciones extremas de temperatura.

En el estudio realizado por [3], se determinó que el mortero con adiciones de yeso y residuos de almidón superó en resistencia al patrón tradicional, siendo más eficiente la dosificación con 15 % de yeso, que logró un incremento del 43.14 % respecto al mortero sin adición (p.83). De igual manera, en [4] se concluye que la incorporación de cal al mortero convencional incrementa su resistencia a compresión y tracción, mejora la trabajabilidad y plasticidad, y reduce la formación de fisuras, además de ser un material natural y reciclable, con beneficios ambientales.

Asimismo, en [5] se evaluaron mezclas con adiciones de yeso y cal en proporciones del 10%, 16% y 22%, encontrando que la adición de yeso al 22% incrementó la resistencia a compresión admisible en un 106.7% respecto al mortero tradicional, y mejoró la adherencia a la tracción última en un 197.8%, según la norma E080. Estos resultados evidencian el potencial del yeso y la cal como modificadores en la composición de morteros y revestimientos.

En la investigación presentada en [6], se analizó el comportamiento de morteros adicionados con yeso, determinando que la resistencia a compresión se ve influenciada directamente por la proporción utilizada,

concluyendo que porcentajes elevados de yeso generan mezclas menos resistentes, mientras que adiciones moderadas aportan a la trabajabilidad (p.10). Por su parte, [7] señala que la cal en los morteros no solo mejora la plasticidad y la adherencia, sino que también favorece la durabilidad frente a la humedad, debido a sus propiedades químicas que permiten la carbonatación progresiva mencionando que la formulación óptima de empaste para aplicación de interiores y exteriores está compuesta por 60% de cal, 25 % de caolín y 15 % de cemento.

De acuerdo con [8], la adición de yeso en proporciones adecuadas puede mejorar la capacidad de absorción del material, reduciendo el riesgo de fisuración superficial en los revestimientos, la mezcla de mortero identificada como óptima en este trabajo comprende una relación cal-yeso de 1:1 (p.13). A su vez, [9] indica que la cal actúa como un aglutinante que optimiza la cohesión interna de las mezclas, incrementando la resistencia a la compresión simple y aportando beneficios en términos de sostenibilidad por su origen natural, en este trabajo se registró una humedad relativa promedio del yeso que osciló de ($62 \leq H_{prom} \leq 76$ %) con un valor medio de 69 %.

Finalmente, [10] resalta que tanto la cal como el yeso constituyen alternativas económicas y de fácil acceso para proyectos de construcción de pequeña y mediana escala, siendo una opción viable para mejorar las propiedades de los revestimientos en contextos donde se requiere bajo costo y rapidez en la ejecución.

En este contexto, surge la necesidad de comparar de manera experimental el desempeño del yeso y la cal como materiales de revestimiento en la construcción, evaluando cómo influyen sus diferentes porcentajes de adición en propiedades clave como la resistencia a compresión, el grado de absorción y el peso específico.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el presente trabajo se plantea el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera influye la adición de yeso y cal en proporciones del 16%, 22%, 50% y 70% sobre las propiedades de resistencia a compresión, grado de absorción y peso específico en revestimientos utilizados en la construcción?

Como respuesta al problema de investigación nos propusimos el siguiente objetivo general: Comparar el desempeño del yeso y la cal en revestimientos de construcción, a través de la evaluación de su resistencia a compresión, grado de absorción y peso específico en proporciones de adición de 16%, 22%, 50% y 70%. Para ello nuestros objetivos específicos son: a) Elaborar probetas de revestimiento con adiciones de yeso y cal, manteniendo condiciones homogéneas de preparación, b) Determinar la resistencia a la compresión de las mezclas con yeso y cal en los distintos porcentajes establecidos, c) Evaluar el grado de absorción de agua de las muestras elaboradas, para analizar la influencia del yeso y la cal en la durabilidad de los revestimientos, d) Obtener el peso específico de las probetas, estableciendo diferencias entre los revestimientos a base de yeso y cal, e) Comparar los resultados obtenidos en los tres ensayos, para identificar cuál material presenta mejor desempeño en función de su aplicación como

revestimiento en construcción. Según lo dicho la hipótesis es: La adición de yeso y cal en proporciones del 16%, 22%, 50% y 70% influye directamente en las propiedades mecánicas y físicas de los revestimientos, esperándose que porcentajes intermedios (22% y 50%) optimicen la resistencia a compresión y el comportamiento frente a la absorción, en comparación con proporciones bajas (16%) o excesivas (70%).

II. METODOLOGÍA

Según el propósito la presente investigación es de carácter aplicativo, puesto que propone comparar el desempeño del yeso y la cal en revestimientos de construcción, en proporciones específicas. Además, tiene un enfoque cuantitativo, ya que se distingue por hacer énfasis en la objetividad y la posibilidad de replicar los resultados obtenidos; así como también centrarse en medidas numéricas y usar la observación del asunto como método para recolectar datos y responder a sus preguntas de investigación, además de valerse de técnicas y herramientas estadísticas para medir variables [3].

El nivel de investigación es experimental, puesto que se enfoca en la implementación de variables independientes y dependientes para que los investigadores puedan examinar el impacto directo de ciertos factores sobre el resultado deseado [11]. En este caso, las variables independientes son las proporciones de adición del yeso y cal (16%, 22%, 50% y 70%) mientras que las variables dependientes incluyen la resistencia a la compresión, el grado de absorción y el peso específico de las muestras. Dentro de esto se analiza el comportamiento de las propiedades de los especímenes de mortero (resistencia a la compresión, grado de absorción y peso específico) que adicionan yeso en porcentajes bajos, intermedios y altos, los cuales serán comparadas con los especímenes que adicionan cal en las mismas proporciones.

Respecto al alcance, podemos indicar que es de tipo correlacional, este alcance se encarga de medir la relación entre dos variables, no determinar causas, pero puede ser un indicio para una investigación futura [12].

La población está formada por un grupo de casos con márgenes precisos y bien definidos. Esta será el punto de partida para elegir la muestra, que deberá ajustarse a criterios preestablecidos. Así mismo, la muestra constituye una fracción de la población utilizada en la investigación. Para determinar su tamaño de manera representativa, se aplican métodos y procedimientos basados en fórmulas y lógica [3].

En este caso la muestra coincide con el tamaño de la población por conveniencia del investigador, puesto que se ensayarán la totalidad de las muestras; es decir, todos los 40 especímenes cilíndricos de mortero, donde 20 de ellos serán la combinación de arena con cal en las proporciones de 16%, 22%, 50% y 70% respecto a la cantidad de cemento y los 20 restantes serán la combinación de arena con cal en las proporciones ya mencionadas basándose en la normativa NTP 334.003:2002 - ASTM C 230 y NTP 334.051:1998 - ASTM C 109.

Para la preparación de las muestras se empleará yeso comercial de construcción y cal hidráulica comercial combinados con arena fina como agregado y agua.

TABLA I
PROPORCIONES DE 16%, 22%, 50%, 70%

Porcentaje de Yeso o cal	Cemento (g)	Yeso o cal (g)	Arena (g)	Agua (g)
16	240	46	714	150
22	223	63	714	150
50	143	143	714	150
70	86	200	714	150

El proceso de mezclado se realizará manualmente asegurando homogeneidad y los especímenes se moldearán en tubos de 1.5” y 5cm de largo. Las muestras se curarán durante 7, 14 y 28 días.

Las pruebas se llevarán a cabo en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, utilizando una prensa hidráulica para resistencia a la compresión, inmersión de 24 horas en agua para determinar el grado de absorción, realizado sobre probetas previamente curadas a los 7 días, con el fin de evaluar su comportamiento en estado temprano de servicio. Asimismo, se usó el método de peso sumergido y peso seco al dejarlo en el horno a temperatura de 100°C ± 5°C por 24 horas para peso específico. Los datos obtenidos se analizarán con el fin de establecer una comparación entre los dos aglomerantes e identificar diferencias significativas.

TABLA II
DISTRIBUCIÓN DE ENSAYOS

Mezcla	N.º total de muestras	Compresión			Absorción + Peso específico
		7 días	14 días	28 días	
16% Cal	5	1	2	1	1
16% Yeso	5	1	2	1	1
22% Cal	5	1	2	1	1
22% Yeso	5	1	2	1	1
50% Cal	5	1	2	1	1
50% Yeso	5	1	2	1	1
70% Cal	6	1	2	1	1
70% Yeso	6	1	2	1	1
Totales	40				

La razón por la cual se adicionará cal y yeso en diferentes porcentajes respecto al peso de la mezcla de arena, es debido a que estos materiales poseen propiedades aglutinantes que contribuyen en la cohesión, resistencia y trabajabilidad de los revestimientos. En el caso de la cal, su efecto puzolánico favorece la durabilidad y adherencia; mientras que el yeso permite un fraguado más rápido y una textura más fina, adecuada para acabados.

Cabe precisar que, si bien la mayoría de las condiciones experimentales fueron evaluadas mediante una única determinación por limitaciones de recursos y tiempo, en el caso del curado a 14 días se realizaron dos ensayos por condición. Esta decisión respondió a la necesidad de verificar la consistencia de los resultados en una etapa intermedia de desarrollo de resistencia, ya que este periodo representa una transición entre la resistencia inicial (7 días) y la resistencia final (28 días).

Los porcentajes de adición seleccionados (16 %, 22 %, 50 % y 70 %) se basan en antecedentes experimentales y en pruebas exploratorias, que indican que estas proporciones permiten analizar tanto comportamientos moderados (16 % y 22 %) como extremos (50 % y 70 %), logrando así una mejor comparación en términos de resistencia, absorción y peso específico.

La muestra a ensayar ha sido elegida según los siguientes criterios de selección (inclusión y exclusión), los cuales se describen en la Figura (1).



Fig. 1, Criterios de inclusión y exclusión para las muestras



Fig. 2, Diseño de la investigación

III. RESULTADOS

a) ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

TABLA III
RESULTADOS DE PESO ESPECIFICO

Parámetro	Cal 70%	Cal 50%	Cal 22%	Cal 16%	Yeso 70%	Yeso 50%	Yeso 22%	Yeso 16%
Peso seco g	100	103	103	114	104	105	110	116
Diámetro cm	4.00	4.00	4.00	4.10	4.00	4.10	4.10	4.10
Altura promedio cm	4.70	4.80	4.80	4.80	4.80	4.70	4.80	4.80
Peso saturado g	123	124	121	133	129	127	131	135
Peso sumergido g	55	56	57	65	60	59	64	66
V_Aparente g	68	68	64	68	69	68	67	69
P.e._Aparente	1,47	1,51	1,61	1,68	1,51	1,54	1,64	1,68
Promedio	1,57				1,59			
Desviación Estándar	0,093				0,081			
Coefficiente de variación	5,92%				5,11%			

La Tabla III presenta los resultados obtenidos del ensayo de peso específico para las mezclas elaboradas con diferentes proporciones de cal y yeso. En las muestras con cal, el peso seco varió entre 100 g y 114 g, mientras que el peso saturado se registró entre 121 g y 133 g. Los valores del peso sumergido fluctuaron entre 55 g y 65 g, obteniéndose volúmenes aparentes de 64 g a 68 g. El peso específico aparente de las mezclas con cal presentó valores comprendidos entre 1.47 y 1.68, con un valor promedio de 1.57, una desviación estándar de 0.093 y un coeficiente de variación de 5.92 %. En las muestras con yeso, el peso seco se encontró en el rango de 104 g a 116 g, mientras que el peso saturado varió entre 127 g y 135 g. Los valores del peso sumergido oscilaron entre 59 g y 66 g, registrándose volúmenes aparentes de 67 g a 69 g. El peso específico aparente obtenido para estas mezclas varió entre 1.51 y 1.68, con un valor promedio de 1.59, una desviación estándar de 0.081 y un coeficiente de variación de 5.11 %.

b) ENSAYO DE GRADO DE ABSORCIÓN

TABLA IV
RESULTADOS DE GRADO DE ABSORCIÓN

Unidad	Peso saturado (g)	Peso seco (g)	Absorción %
Cal 16%	133	114	16,67%
Yeso 16%	135	116	16,38%
Cal 22%	121	103	17,48%
Yeso 22%	131	110	19,09%
Cal 50%	124	103	20,39%
Yeso 50%	127	105	20,95%
Cal 70%	123	100	23,00%
Yeso 70%	129	104	24,04%

La Tabla IV presenta los resultados obtenidos del ensayo de grado de absorción realizados en las mezclas de cal y yeso con diferentes proporciones. Para la determinación de este parámetro, las probetas, previamente curadas a 7 días, fueron sometidas a un proceso de saturación mediante inmersión completa en agua durante un período de 24 horas, a temperatura ambiente, con el fin de asegurar la penetración del agua en la totalidad de los poros accesibles del material.

Para las muestras elaboradas con cal, el peso seco varió entre 100 g y 114 g, mientras que el peso saturado se encontró entre 121 g y 133 g. Los valores de absorción obtenidos oscilaron entre 16,67 % y 23,00 %.

En las muestras elaboradas con yeso, el peso seco se registró entre 104 g y 116 g, y el peso saturado varió entre 127 g y 135 g. Los porcentajes de absorción determinados se ubicaron en el rango de 16,38 % a 24,04 %.

c) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- ✓ Ensayo a los 7 días de curado:

TABLA V
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE YESO - 7 DÍAS

Probeta de Yeso	Área (cm ²)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tiempo (seg)	Velocidad kg/cm ² /seg
16%	86,94	85	0,978	44	1,93
22%	90,81	137	1,509	44	3,11
50%	90,81	86	0,947	52	1,65
70%	86,71	60	0,692	48	1,25
Promedio			1,031		1,99
Desv. Estándar			0,34		0,80
Coef. Variación			33,26%		40,32%

Nota. Se muestra un resumen de los datos de compresión.

La Tabla V presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de yeso, evaluados a los 7 días de curado.

Las probetas de yeso presentaron áreas comprendidas entre 86,71 cm² y 90,81 cm², y cargas aplicadas que variaron desde 60 kgf hasta 137 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión obtenidos oscilaron entre 0,692 kg/cm² y 1,509 kg/cm², con un promedio general de 1,031 kg/cm², una desviación estándar de 0,34 y un coeficiente de variación de 33,26 %.

El tiempo de ensayo registrado fue de 44 a 52 segundos, mientras que la velocidad de aplicación de carga se ubicó entre 1,25 kg/cm²/seg y 3,11 kg/cm²/seg, alcanzando un promedio de 1,99 kg/cm²/seg, con una desviación estándar de 0,80 y un coeficiente de variación de 40,32 %.

TABLA VI
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE CAL - 7 DÍAS

Probeta de Cal	Área (cm ²)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tiempo (seg)	Velocidad kg/cm ² /seg
16%	87,96	131	1,489	59	2,22
22%	85,66	262	3,059	65	4,03
50%	86,71	152	1,753	66	2,30
70%	85,45	81	0,948	86	0,94
Promedio			1,812		2,37
Desv. Estándar			0,90		1,27
Coef. Variación			49,44%		53,42%

La Tabla VI presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de cal, evaluados a los 7 días de curado.

Las probetas de cal registraron áreas comprendidas entre 85,45 cm² y 87,96 cm², y cargas aplicadas que variaron desde

81 kgf hasta 262 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión se encontraron en el rango de 0,948 kg/cm² a 3,059 kg/cm², con un promedio de 1,812 kg/cm², una desviación estándar de 0,90 y un coeficiente de variación de 49,44 %.

El tiempo de aplicación de carga registrado osciló entre 59 segundos y 86 segundos, mientras que la velocidad de carga varió de 0,94 kg/cm²/seg a 4,03 kg/cm²/seg, obteniéndose un promedio de 2,37 kg/cm²/seg, una desviación estándar de 1,27 y un coeficiente de variación de 53,42 %.

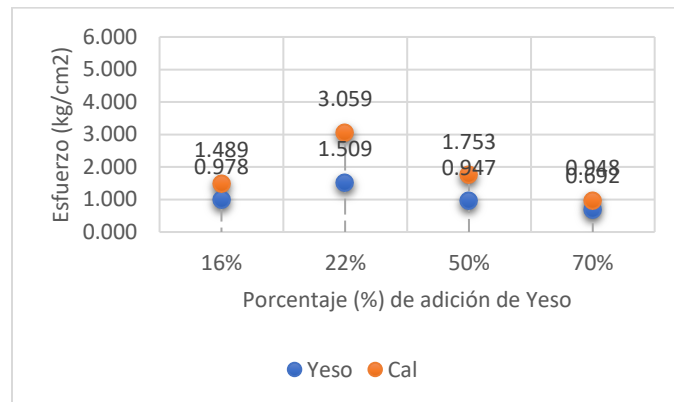


Fig. 3, Comparación del esfuerzo a compresión de morteros con yeso y cal a los 7 días.

La Figura 3 presenta los valores de esfuerzo (kg/cm²) en morteros elaborados con yeso y cal a los 7 días de curado, en función del porcentaje de adición (16%, 22%, 50% y 70%).

En los morteros con yeso, los esfuerzos registrados fueron 0,978, 1,509, 0,947 y 0,692 kg/cm², respectivamente, alcanzando su valor máximo en la dosificación del 22%.

Por su parte, los morteros con cal presentaron valores de 1,489, 3,059, 1,753 y 0,948 kg/cm², evidenciando un comportamiento superior en comparación con el yeso, con un máximo también en el 22% de adición.

En ambos casos se observa una disminución progresiva de la resistencia a partir de porcentajes elevados (50% y 70%), lo que indica que el exceso de aglomerante afecta negativamente el desempeño mecánico inicial.

✓ Ensayo a los 14 días de curado:

TABLA VII
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE YESO - 14 DÍAS

Probeta de Yeso	Área (cm ²)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tiempo (seg)	Velocidad (kg/cm ² /seg)
				Promedio		
16%	92,36	284	3,075	2,994	81	3,51
	92,36	269	2,912		29	9,28
22%	92,36	192	2,079	2,083	54	3,56
	86,71	181	2,087		25	7,24
50%	93,68	140	1,494	1,787	28	5,00
	92,36	192	2,079		25	7,68
70%	90,81	101	1,112	0,920	24	4,21
	87,96	64	0,728		43	1,49
Promedio				1,946		5,244
Desv. Estándar				0,86		2,60
Coef. Variación				43,96%		49,56%

La Tabla VII presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de yeso, evaluados a los 14 días de curado.

Las probetas de yeso mostraron áreas comprendidas entre 86,71 cm² y 93,68 cm², con cargas aplicadas que variaron de 64 kgf a 284 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión individual se ubicaron entre 0,728 kg/cm² y 3,075 kg/cm², obteniéndose un esfuerzo promedio general de 1,946 kg/cm², una desviación estándar de 0,86 y un coeficiente de variación de 43,96 %.

El tiempo de ensayo registrado osciló entre 24 segundos y 81 segundos, mientras que la velocidad de aplicación de carga varió de 1,49 kg/cm²/seg a 9,28 kg/cm²/seg, con un promedio de 5,244 kg/cm²/seg, una desviación estándar de 2,60 y un coeficiente de variación de 49,56 %.

TABLA VIII
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE CAL - 14 DÍAS

Probeta de Cal	Área (cm ²)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Tiempo (seg)	Velocidad (kg/cm ² /seg)
				Promedio		
16%	91,04	251	2,757	1,976	29	8,66
	89,52	107	1,195		22	4,86
22%	88,23	279	3,162	2,641	25	11,16
	91,04	193	2,120		30	6,43
50%	88,23	195	2,210	1,907	30	6,50
	87,96	141	1,603		39	3,62
70%	86,94	131	1,507	1,399	54	2,43
	86,71	112	1,292		29	3,86
Promedio				1,981		5,939
Desv. Estándar				0,51		2,89
Coef. Variación				25,74%		48,63%

La Tabla VIII presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de cal, evaluados a los 14 días de curado.

Las probetas de cal mostraron áreas comprendidas entre 86,71 cm² y 91,04 cm², con cargas aplicadas que variaron desde 107 kgf hasta 279 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión individual se ubicaron entre 1,195 kg/cm² y 3,162 kg/cm², obteniéndose un esfuerzo promedio general de 1,981 kg/cm², una desviación estándar de 0,51 y un coeficiente de variación de 25,74 %.

El tiempo de aplicación de carga registrado osciló entre 22 segundos y 54 segundos, mientras que la velocidad de carga varió de 2,43 kg/cm²/seg a 11,16 kg/cm²/seg, alcanzando un promedio general de 5,939 kg/cm²/seg, con una desviación estándar de 2,89 y un coeficiente de variación de 48,63 %.

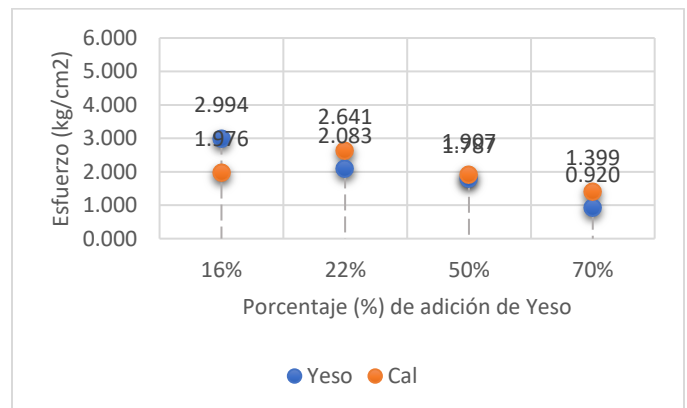


Fig. 4, Comparación del esfuerzo a compresión de morteros con yeso y cal a los 14 días.

La Figura 4 presenta los valores de esfuerzo (kg/cm^2) en morteros elaborados con yeso y cal a los 14 días de curado, en función del porcentaje de adición.

En los morteros con yeso, los valores de esfuerzo fueron 2.994, 2.083, 1.787 y 0.920 kg/cm^2 para las proporciones de 16%, 22%, 50% y 70%, respectivamente, alcanzando su máximo en el 16% de adición.

En los morteros con cal, los esfuerzos registrados fueron 1.976, 2.641, 1.907 y 1.399 kg/cm^2 , respectivamente, siendo el valor máximo el correspondiente al 22% de cal.

En esta etapa intermedia de curado, ambos materiales muestran un incremento significativo de resistencia respecto a los 7 días, manteniendo la tendencia de mejor desempeño en proporciones bajas o moderadas, y una disminución en porcentajes elevados.

✓ Ensayo a los 28 días de curado:

TABLA IX
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE YESO – 28 DÍAS

Probeta de Yeso	Área (cm^2)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm^2)	Tiempo (seg)	Velocidad $\text{kg/cm}^2/\text{seg}$
16%	89,52	380	4,245	54	7,04
22%	91,04	345	3,789	19	18,16
50%	91,04	111	1,219	24	4,63
70%	89,52	107	1,195	45	2,38
Promedio			2,612		8,05
Desv. Estándar			1,63		7,00
Coef. Variación			62,51%		86,99%

La Tabla IX presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de yeso, evaluados a los 28 días de curado.

Las probetas de yeso registraron áreas comprendidas entre $89,52 \text{ cm}^2$ y $91,04 \text{ cm}^2$, con cargas aplicadas que variaron desde 107 kgf hasta 380 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión se ubicaron entre $1,195 \text{ kg/cm}^2$ y $4,245 \text{ kg/cm}^2$, obteniéndose un promedio general de $2,612 \text{ kg/cm}^2$, una desviación estándar de 1,63 y un coeficiente de variación de 62,51 %.

El tiempo de aplicación de carga registrado osciló entre 19 segundos y 54 segundos, mientras que la velocidad de carga varió entre $2,38 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$ y $18,16 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$, alcanzando un promedio general de $8,05 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$, con una desviación estándar de 7,00 y un coeficiente de variación de 86,99 %.

TABLA X
CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
MORTEROS DE CAL – 28 DÍAS

Probeta de Cal	Área (cm^2)	Carga (Kg.f)	Esfuerzo (kg/cm^2)	Tiempo (seg)	Velocidad $\text{kg/cm}^2/\text{seg}$
16%	93,68	500	5,337	44	11,36
22%	92,36	312	3,378	28	11,14
50%	91,04	229	2,515	32	7,16
70%	91,04	105	1,153	30	3,50
Promedio			3,096		8,29
Desv. Estándar			1,75		3,73
Coef. Variación			56,61%		45,03%

La Tabla X presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión en morteros elaborados con diferentes proporciones de cal, evaluados a los 28 días de curado.

Las probetas de cal mostraron áreas comprendidas entre $91,04 \text{ cm}^2$ y $93,68 \text{ cm}^2$, con cargas aplicadas que variaron desde 105 kgf hasta 500 kgf. Los valores de esfuerzo a la compresión se ubicaron entre $1,153 \text{ kg/cm}^2$ y $5,337 \text{ kg/cm}^2$, obteniéndose un promedio general de $3,096 \text{ kg/cm}^2$, una desviación estándar de 1,75 y un coeficiente de variación de 56,61 %.

El tiempo de aplicación de carga registrado osciló entre 28 segundos y 44 segundos, mientras que la velocidad de carga varió de $3,50 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$ a $11,36 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$, alcanzando un promedio general de $8,29 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$, con una desviación estándar de 3,73 y un coeficiente de variación de 45,03 %.

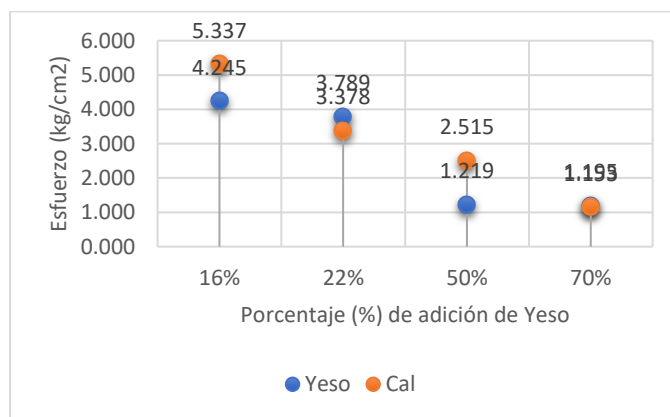


Fig. 5, Comparación del esfuerzo a compresión de morteros con yeso y cal a los 28 días.

La Figura 5 presenta los valores de esfuerzo (kg/cm^2) en morteros elaborados con yeso y cal a los 28 días de curado, en función del porcentaje de adición.

En los morteros con yeso, los valores obtenidos fueron 4.245, 3.789, 1.219 y 1.195 kg/cm^2 para las proporciones de

16%, 22%, 50% y 70%, respectivamente, alcanzando su máximo en el 16%.

En los morteros con cal, los valores fueron 5.337, 3.378, 2.515 y 1.153 kg/cm², evidenciando un comportamiento superior en comparación con el yeso, con un máximo también en el 16% de adición.

d) COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

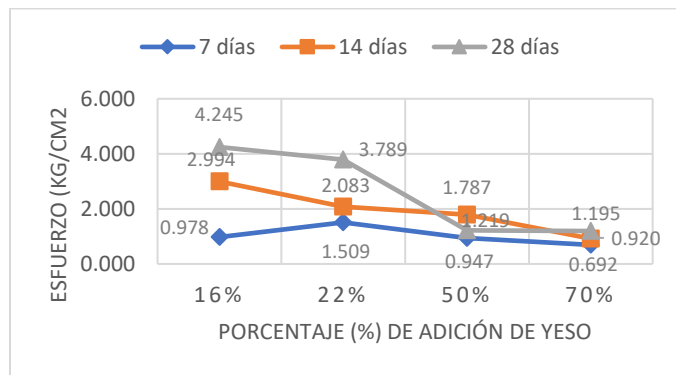


Fig. 6, Comparación de la resistencia a la compresión del Yeso

La gráfica muestra los resultados de esfuerzo (kg/cm²) en muestras de mortero de yeso ensayadas a 7, 14 y 28 días, presentando valores para porcentajes de adición de yeso de 16%, 22%, 50% y 70%. Para los morteros medidos a los 7 días, se registraron valores de 0.978 kg/cm² (16%), 1.509 kg/cm² (22%), 0.947 kg/cm² (50%) y 0.692 kg/cm² (70%). A los 14 días, los esfuerzos registrados fueron 2.994 kg/cm² (16%), 2.083 kg/cm² (22%), 1.787 kg/cm² (50%) y 0.920 kg/cm² (70%). En las muestras ensayadas a los 28 días, los valores obtenidos fueron 4.245 kg/cm² (16%), 3.789 kg/cm² (22%), 1.219 kg/cm² (50%) y 1.195 kg/cm² (70%). El valor máximo de esfuerzo corresponde al mortero de yeso ensayado a 28 días con 16% de adición de yeso, mientras que el valor mínimo se observa a los 7 días con 70% de adición.

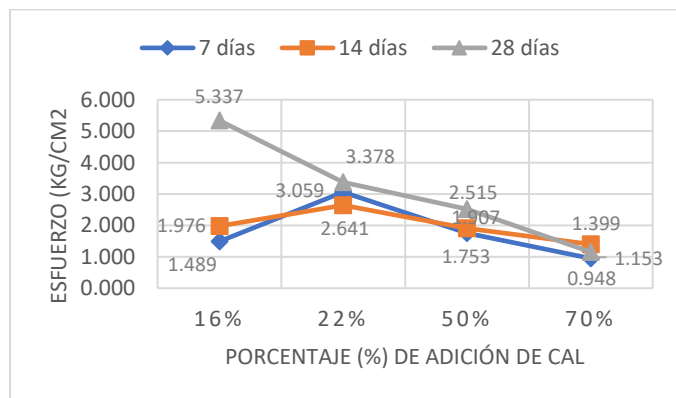


Fig. 7, Comparación de la resistencia a la compresión del Cal

La gráfica muestra los resultados de esfuerzo (kg/cm²) en muestras de mortero de cal ensayadas a 7, 14 y 28 días, presentando valores para porcentajes de adición de cal de 16%, 22%, 50% y 70%. Para los morteros medidos a los 7 días, se registraron valores de 1.489 kg/cm² (16%), 3.059 kg/cm² (22%), 1.753 kg/cm² (50%) y 0.948 kg/cm² (70%). A los 14 días, los esfuerzos registrados fueron 1.976 kg/cm² (16%), 2.641 kg/cm² (22%), 1.907 kg/cm² (50%) y 1.399 kg/cm² (70%). En las muestras ensayadas a los 28 días, los valores obtenidos fueron 5.337 kg/cm² (16%), 3.378 kg/cm² (22%), 2.515 kg/cm² (50%) y 1.153 kg/cm² (70%). El valor máximo de esfuerzo corresponde al mortero de cal ensayado a 28 días con 16% de adición de cal, mientras que el valor mínimo se observa a los 7 días con 70% de adición.

IV. DISCUSIÓN

En la investigación de la referencia [5] se evaluaron mezclas con adiciones de yeso y cal en proporciones del 10%, 16% y 22%, encontrando que la adición de yeso al 22% incrementó la resistencia a compresión admisible en un 106.7% respecto al mortero tradicional. En la interpretación de los resultados, se determinó que, en la comparación del mortero tradicional con respecto al mortero con aglomerante Yeso a los 28 días, 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.

Con respecto a la presente tesis de investigación realizada, se encontró que la máxima resistencia a compresión a 28 días se alcanzó con el 16% de yeso registrando 4.245 kg/cm², mientras que la mínima resistencia se obtuvo con el 70% de yeso a los 7 días (0.692 kg/cm²). Este comportamiento revela un punto óptimo de incorporación de yeso alrededor del 16% por encima del cual el exceso de yeso reduce significativamente la resistencia, dando a entender que las mezclas con 50% y 70% no serían viables estructuralmente quedando restringidas a usos no portantes. Al comparar con la referencia [5] se observa que mientras que en esta la adición de yeso al 22% incrementó la resistencia en un 106.7% respecto al mortero tradicional, el presente estudio logró su máximo esfuerzo con la adición de yeso al 16%. Esta diferencia responde directamente a la composición base de cada mortero, ya que en la ref. [5] el mortero se elaboró con materiales tradicionales y arcillosos como suelo, agua, champa y yeso; por otro lado, los morteros de este estudio se elaboraron con cemento portland, arena, yeso y agua permitiendo que el valor óptimo se alcance antes.

En términos comparativos, los morteros de cal mostraron un mejor desempeño mecánico, alcanzando valores de resistencia superiores a los del yeso en la mayoría de las edades de curado. Por ejemplo, a los 28 días, el mortero con cal al 16 % presentó un esfuerzo de 5.337 kg/cm², superando al mortero

con yeso al 16 %, que alcanzó 4.245 kg/cm². Este comportamiento se atribuye a que con el tiempo consolida la estructura interna del mortero de cal, mejorando su cohesión y resistencia. En cambio, el yeso, al fraguar rápidamente, desarrolla resistencia inicial elevada, pero no mantiene un incremento proporcional en etapas posteriores, evidenciando una estabilidad mecánica limitada.

También, en [13] se realizó el ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8) y el ensayo de velocidad de absorción capilar de agua (ASTM C 1585-04). Para lo cual se fabricaron morteros de (cemento y arena) y morteros de (cemento, cal y arena) con adiciones de fibras de polipropileno y cabuya de 12 mm, en porcentajes de: 0.15%, 0.3% y 0.5% del volumen de mortero. Se señala que los morteros de cal tienden a absorber agua a una mayor velocidad en la etapa inicial, y en la etapa secundaria su velocidad de absorción disminuye en comparación a los morteros de cemento y arena. Los resultados del presente estudio para las muestras elaboradas con cal arrojaron que los valores de absorción obtenidos oscilaron entre 16,67 % y 23,00 %, lo cual indica alta retención de agua. Por ende, la cal, aunque no está contraindicada en ambientes húmedos, debe aplicarse con medidas de protección, ya que la exposición directa a lluvia o humedad constante puede provocar eflorescencias o disolución lenta. En la presente investigación se corroboró parcialmente este fenómeno, dado que las muestras de cal retuvieron más agua que las de yeso, pero presentaron mejor estabilidad dimensional después del secado, por lo que se puede decir que la cal mejora la durabilidad frente a la humedad, mientras que el yeso es más sensible a la humedad. Por tanto, desde una perspectiva práctica, los resultados del presente estudio confirman que la cal es más adecuada para revestimientos exteriores o de ambientes húmedos, mientras que el yeso resulta más apropiado para interiores secos, donde se prioriza la trabajabilidad y el acabado superficial.

Cabe señalar que el ensayo de absorción fue realizado a una edad fija de curado, por lo que no se evaluó la variación de este parámetro en función del tiempo. Sin embargo, de acuerdo con el comportamiento típico de materiales cementantes, se esperaría que la absorción disminuya con la edad debido a la reducción de la porosidad por procesos de hidratación y carbonatación.

Finalmente, como implicancia técnica, el estudio demuestra que la incorporación controlada de aglomerantes tradicionales como la cal y el yeso, en proporciones inferiores al 22 %, puede optimizar el comportamiento de los revestimientos de mortero, mejorando su resistencia y estabilidad sin incrementar significativamente la densidad del material. A nivel teórico, los resultados contribuyen a la comprensión de la relación entre la proporción de aglomerante y el tiempo de curado, proporcionando una base experimental para futuras investigaciones orientadas a desarrollar revestimientos sostenibles y de bajo costo con desempeño mecánico y durabilidad adecuados.

V. CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados experimentales permiten validar parcialmente la hipótesis planteada, que indicaba que la adición de yeso y cal en proporciones del 16%, 22%, 50% y 70% respecto a la cantidad de cemento influye significativamente en las propiedades mecánicas y físicas de los revestimientos, esperándose que porcentajes intermedios optimicen el desempeño. En el caso del yeso, se observó que la máxima resistencia a compresión se alcanzó con el 16% de adición (4.245 kg/cm² a 28 días), valor que disminuyó progresivamente con mayores proporciones, alcanzando el mínimo con el 70% (0.692 kg/cm² a 7 días). Un comportamiento similar se evidenció en los morteros con cal, donde el 16% presentó el mayor esfuerzo (5.337 kg/cm² a 28 días) y el 70% el menor (1.153 kg/cm²). Estos hallazgos demuestran que proporciones intermedias o bajas, cercanas al 16%, optimizan el desempeño, mientras que el exceso de aglomerante genera fragilidad y pérdida de cohesión estructural.
- ❖ En relación al objetivo de elaboración de las probetas, se logró preparar y conservar 40 muestras homogéneas de morteros con adiciones controladas, asegurando condiciones uniformes de curado y consistencia en los resultados obtenidos.
- ❖ Respecto al ensayo de resistencia a compresión, se identificó un patrón claro: tanto el yeso como la cal presentan un punto óptimo en torno al 16% de adición, evidenciando que dosis mayores reducen la resistencia por sobrehidratación o exceso de finos.
- ❖ En cuanto al grado de absorción, los valores oscilaron entre 16,67 % y 23,00 % en los morteros con cal, y entre 16,38 % y 24,04 % en los de yeso. Aunque ambos materiales mostraron alta retención de agua, la cal presentó mejor estabilidad dimensional posterior al secado, lo que sugiere una mayor durabilidad frente a la humedad.
- ❖ En relación al peso específico aparente, las mezclas de yeso y cal mostraron valores similares (promedios de 1.59 y 1.57, respectivamente), indicando que la variación del tipo y porcentaje de aglomerante no afectó significativamente la densidad global del mortero.
- ❖ Finalmente, la comparación de la resistencia a la compresión evidenció que los morteros con cal superan a los de yeso en resistencia mecánica y estabilidad frente a la humedad, mientras que los de yeso ofrecen mejor trabajabilidad y acabado superficial, siendo más adecuados para ambientes interiores secos.

REFERENCIAS

- [1] Aldair Delgado Coronado, J., Smith Gupioc Sanchez, O., Olivera Carrasco, D., & Mishell Quiroz Montoya, T. (2024). Análisis comparativo de costos en proyectos de viviendas con el sistema Drywall y la construcción tradicional. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 2(2), 1. <https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/sciencie/article/view/21>

- [2] Aza-Medina, L. C., Condori, H. A. C., Pari-Quispe, D. K., Torres-Benavides, A. H., & Humalla-Quispe, J. A. (2025). Thermo-insulating panels based on Stipa Ichu, cellulose and gypsum for high Andean housing claddings. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*, 14(28), 11–24. <https://doi.org/10.18537/EST.V014.N028.A01>
- [3] Chilet Alban, C. E., & Solis Guerrero, J. T. (2025). Análisis comparativo del revestimiento con arcilla en muros de adobe utilizando yeso, mucilago de cactus y residuos de almidón, Distrito de Ihuari – Provincia de Huaral, 2024 [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. In *Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/10958>
- [4] Chuquiruna Quispe, W. I., & Mendoza Vasquez, J. J. P. (2025). Influencia de la adición de cal o pegamento para interiores en diferentes proporciones al mortero 1:4, en la adherencia de una pila de 3 unidades, Cajamarca 2024 [Universidad Privada del Norte]. In *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/42638>
- [5] Fernandez Silva, M. J., & Namuche Paz, F. A. (2023). 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 Huarochiri [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. In *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671891>
- [6] Ortín Rull, G., Lleal, J., Valdivieso Coca, E., & Sala, D. (2020). Protección e impermeabilización con cal en la restauración de edificios de albañilería. *Riarte*. <http://www.riarte.es/handle/20.500.12251/1759>
- [7] Roldán Inca, M. E. (2020). Diseño del proceso para la elaboración de empastes para interiores y exteriores con el uso de polvo de cal para la empresa Minabradec CIA. LTDA. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16697>
- [8] Thyab, F. J., Al-Saffar, Z. H., Ibrahim, A. G., & Faris, H. (2025). Development and Characterization of Colored Lime–Gypsum Mortars for Heritage Building Restoration in Humid Environments. *Construction Materials*, 5(3), 65. <https://doi.org/10.3390/CONSTRMATER5030065>
- [9] Vega Gonzáles, F. E. (2022). Uso del ichu y yeso para mejorar el confort térmico de viviendas de tapial en zonas altoandinas de la provincia de Pomabamba - Ancash - 2021. *Aporte Santiaguino*, 15(2). <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n2.957>
- [10] Vidales Barriguete, A., Piña Ramírez, C., Río Merino, M. del, Atanes Sánchez, E., Kalinowska Wichrowska, K., & Kosior Kazberuk, M. (2020). Paneles de yeso adicionados con residuos plásticos de cables con mejora de las propiedades frente a humedades interiores. *Riarte*. <http://www.riarte.es/handle/20.500.12251/2161>
- [11] J. I. Barreto Ascona y A. Lezcano Mencia, «Análisis y fundamentación de los diseños de investigación: explorando los enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos basados en Creswell & Creswell (2018)», *Rev. unida cient.*, vol. 7, n.º 2, pp. 110–117, jul. 2023. <https://revistacientifica.unida.edu.py/publicaciones/index.php/cientifica/article/view/179/142>
- [12] Arias Gonzales J. Diseño y metodología de la investigación (2021). https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf