DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 14 No. Especial 3 (2026) 105-111

Evaluación del tiempo de fraguado en mezclas con paneles de yeso triturado

Evaluation of setting time in mixtures with crushed gypsum boards

J.J. Rodríguez-Bernal [a,*], A. Tahuiton-Mora [a], C. Guillén-Guillén [a], C.A. Bigurra-Alzati [b]

[a] *Programa de Maestría y doctorado en Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.*
[b] *Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.*

Resumen

Los paneles de yeso representan un material de alto consumo en la industria de la construcción, pero su fabricación demanda una extracción mineral que, tan solo durante 2024 en México, alcanzó los 9 millones de toneladas. A pesar de que el 96% de su composición es sulfato de calcio, el residuo generado no suele reintegrarse al ciclo productivo. Bajo la norma NACDMX-007-RNAT-2019, los residuos de los paneles de yeso se clasifican como Residuos de Construcción y Demolición (RCD), pero la falta de estrategias de aprovechamiento fomenta su disposición en vertederos. Esta investigación evalúa comparativamente el tiempo de fraguado de una pasta de yeso reciclado frente a un yeso comercial como muestra de control. La metodología integró procesos de trituración mecánica, deshidratación térmica en horno y la determinación del tiempo de fraguado bajo los lineamientos de las normativas ASTM C472 y C28, con el objetivo de obtener una mezcla con propiedades adecuadas para usarse como recubrimiento interior. Los resultados indican que la pérdida de plasticidad para ambas mezclas comienza a los 9 minutos, con un proceso de endurecimiento más acelerado por parte del yeso reciclado, lo que demuestra tiempos de trabajo análogos entre los materiales. Se concluye que la reutilización de estos residuos es técnicamente factible en esta etapa preliminar, aunque su eventual incorporación al sector de la edificación requiere validación posterior conforme al marco reglamentario y normativo aplicable en México para materiales y sistemas con paneles de yeso.

Palabras Clave: yeso, tiempo de fraguado, pastas, residuos, deshidratación térmica

Abstract

Gypsum boards are widely consumed in the construction industry; however, their manufacturing requires mineral extraction, which, in Mexico alone, reached 9 million tons in 2024. Although they are composed of 96% calcium sulfate, the generated waste is rarely reintegrated into the production cycle. Under the NACDMX-007-RNAT-2019 standard, gypsum board waste is classified as Construction and Demolition waste (C&D waste); nevertheless, the lack of recovery strategies encourages its disposal in landfills. This research comparatively evaluates the setting time of a recycled gypsum plaster against a commercial gypsum used as a control sample. The methodology integrated a mechanical grinding process, thermal dehydration in an oven, and the determination of the setting time under the guidelines of ASTM C472 and C28 standards, aiming to obtain a mixture suitable for use as an interior coating. The results indicate that the loss of plasticity for both mixtures begins at 9 minutes, with a more accelerated hardening process observed in the recycled gypsum, demonstrating analogous working times between the materials. It is concluded that the reuse of this waste is technically feasible at this preliminary stage, although its eventual incorporation into the building sector requires further validation in accordance with the applicable regulatory and normative framework in Mexico for materials and systems utilizing gypsum boards.

Keywords: gypsum, setting time, plasters, waste, thermal dehydration

1. Introducción

El mineral de yeso representa el 96% del consumo a nivel mundial destinado principalmente a la fabricación de cemento, paneles de yeso, producción de pastas, entre otros (World Economic Forum [WEF], 2023). Esta demanda se vio reflejada en México con la explotación de alrededor de 9 millones de toneladas en el año 2024, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI],2025). Esta situación, sumada al agotamiento de los bancos de materiales de origen natural, ha promovido la producción sintética de yeso mediante procesos de desulfuración de gases de combustión

*Autor para la correspondencia: juan.josue.r@comunidad.unam.mx
Correo electrónico: juan.josue.r@comunidad.unam.mx (Juan Josué Rodríguez-Bernal), antoniotahuiton@gmail.com (Antonio Tahuiton-Mora), cguillen@unam.mx (César Armando Guillén-Guillén) y carlos_bigurra@uaeh.edu.mx (Carlos Alfredo Bigurra-Alzati).

Historial del manuscrito: recibido el 11/04/2026, última versión-revisada recibida el 26/08/2026, aceptado el 05/09/2026, publicado el 06/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v14iEspecial3.17722

CC BY NC ND

(Flue Gas Desulfurization, FGD), agravando el impacto ambiental (WEF, 2023).

Con el propósito de reducir la huella de carbono derivada de la fabricación de materiales, se ha explorado el aprovechamiento de los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) como fuente alternativa de materia prima. En los últimos años se han elaborado varios materiales que han sido aplicados en proyectos arquitectónicos, ejemplo de ello es la ciudad de Madrid, donde las normas de construcción obligan a las empresas constructoras a emplear todos los residuos generados (Comunidad de Madrid, 2017).

En la Ciudad de México (CDMX), la falta de mecanismos efectivos para reciclar todos los residuos generados por la construcción llevó a la ciudad a generar 700,856.41 m^3 de RCD en el año 2021, de los cuales solo se procesó el 16% enviando el resto a rellenos sanitarios, vertederos clandestinos o barrancas (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP], 1999). En 2019 con la emisión de la norma NACDMX-007-RNAT-2019, “Clasificación y especificaciones de manejo integral para los residuos de la construcción y demolición en México" (Secretaría del Medio Ambiente [SEDEMA], 2019) se comenzaron a clasificar los RCD y se promovió su posible uso. Sin embargo, el aprovechamiento especificado en la norma solo va enfocado a concretos, mamposterías y asfaltos, dejando de lado los demás residuos donde están incluidos los paneles de yeso.

El yeso reciclado proveniente de los paneles de yeso ha comenzado a investigarse partiendo de que su núcleo está compuesto de sulfato de calcio hemihidratado, teniendo como primeras conclusiones su aplicación como agregado para concreto, estabilización de suelos, producción de cemento y en pastas (Jafari & Sadeghian, 2024). Adicionalmente, el uso de este material reciclado puede tener beneficios medioambientales como disminuir la erosión del suelo, reducir la contaminación de mantos acuíferos y aminorar el consumo de materiales nuevos (Jafari & Sadeghian, 2024). El proceso que se ha utilizado para triturar los paneles de yeso en algunos países ha demandado el uso de energía eléctrica y de gas; sin embargo, hay evidencia que demuestra que un proceso de reciclaje industrializado podría tener un menor impacto ambiental en comparación con el procedimiento para elaborar nuevos productos (Weimann et al., 2021). Un aspecto que se ha comenzado a explorar es el uso parcial y total del desperdicio de los paneles de yeso en la fabricación de pastas, tal como lo demuestra el trabajo realizado por Pedreño-Rojas et al (2019) con la medición de la resistencia mecánica, conductividad térmica y absorción acústica. Con este planteamiento, se puede incorporar nuevamente el residuo a la cadena de valor de la construcción no solo una, sino varias veces, ya que las pastas con este material pueden seguir manteniendo sus propiedades mecánicas hasta por un tercer ciclo de reciclaje (Erbs et al., 2018).

2. Marco regulatorio

En el caso mexicano, la discusión sobre el aprovechamiento de los residuos de paneles de yeso no solo debe leerse desde la economía circular, sino también desde el marco jurídico aplicable a la vivienda y la edificación. El artículo 4º constitucional (CPEUM, 2026a) reconoce el derecho a una vivienda adecuada, mientras que la Ley de Vivienda (DOF, 2026b) establece que dicha vivienda debe cumplir con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos (DOF, 2024), construcción y salubridad. Por tanto, cualquier alternativa de reincorporación de yeso reciclado al sector constructivo requiere demostrar no solo la viabilidad técnica, sino también la compatibilidad con las exigencias de seguridad y habitabilidad previstas por el ordenamiento jurídico mexicano.

De manera complementaria, en la Ciudad de México, el Reglamento de Construcciones (GCM, 2022) y la Norma Técnica Complementaria para el Proyecto Arquitectónico (GODF, 2011) establecen que los materiales empleados en la obra deben cumplir con dicho ordenamiento y con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. En ese marco, los paneles de yeso cuentan con un antecedente normativo específico en las normas NMX-C-013-1978, NMX-C-168-1977, NMX-C-174-1977, NMX-C-307-1-ONNCCE-2016, (Placas de yeso para plafones), vigentes para paneles de yeso destinados a muros divisorios, plafones y protección contra incendio, mientras que el manejo de los residuos derivados de la construcción y demolición se regula mediante la NACDMX-007-RNAT-2019 (**Ver tabla 1**). En consecuencia, el posible aprovechamiento del yeso reciclado debe entenderse en una doble dimensión: como residuo sujeto a un manejo integral y como material con potencial de reincorporación a sistemas constructivos regulados.

Bajo esta perspectiva, el presente estudio se sitúa en una fase inicial de validación material, centrada en el tiempo de fraguado de pastas obtenidas a partir de paneles de yeso triturado. Sin embargo, la eventual transferencia de estos resultados a aplicaciones en vivienda o edificación deberá contrastarse posteriormente con criterios normativos complementarios, en particular los asociados a resistencia al fuego, clasificación de materiales de construcción y, cuando corresponda, al desempeño térmico de la envolvente. Así, la investigación no acredita todavía un uso directo en obra, pero sí aporta evidencia experimental preliminar para una futura ruta de cumplimiento técnico y normativo en México.

3. Materiales y métodos

A fin de poder contrastar los resultados de las evaluaciones con un material utilizado en la construcción, se empleó un yeso comercial como muestra de control para compararlo con el yeso reciclado en igualdad de condiciones, es decir, usando los mismos instrumentos, parámetros y rangos. Es importante destacar que, dado que el yeso comercial ya cuenta con un proceso industrializado para su elaboración, este no fue sometido a los procesos de molienda ni deshidratación descritos más adelante.

3.1 Materiales

1. Yeso comercial (muestra de control). Material en polvo derivado del mineral de sulfato de calcio dihidratado $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, (National Center for Biotechnology Information [NCBI], s.f.), el cual, después de un proceso industrializado, se convierte en el yeso comercial o sulfato de calcio hemihidratado $CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$. (NCBI, s.f.) Para esta investigación, se tomaron las muestras de la presentación en bultos de 35 kg de una sola marca comercial.

2. Yeso reciclado. Material en polvo derivado de la trituración y tamizado de los paneles de yeso. Aunque este

material presenta aditivos resultantes de la fabricación de los paneles, sigue siendo sulfato de calcio dihidratado $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. (NCBI, s.f.). Se utilizó un solo tipo de panel de línea estándar, el cual se adquirió de una obra en curso, se tomó en consideración que no tuviera ningún tipo de acabado o recubrimiento.

Tabla 1. RCD con y sin aprovechamiento. Elaboración propia con datos de la norma NACDMX-007-RNAT-2019.

Grupo	Tipo de residuos	Usos propuestos	Empleo
A	Concreto simple	Bases, subbases y caminos.	Sí
B	Concreto armado	Bases hidráulicas en caminos y estacionamientos.	Sí
C	Metales	Sin usos reportados en esta clasificación.	**No**
D	Mampostería con recubrimiento	Bases y sub-bases; construcción de terraplenes; rellenos de cepas; obras de urbanismo; rellenos en jardines y cimentaciones.	Sí
E	Materiales pétreos	Concreto hidráulico para firmes y banquetas; rellenos técnicos y de cimentación; mobiliario urbano; zanjas de drenaje y concreto ciclópeo.	Sí
F	Mezcla asfáltica	Mezclas asfálticas elaboradas en caliente, bases asfálticas espumadas y microcarpetas	Sí
G	Excavación	Sin usos reportados en esta clasificación	**No**
H	**Elementos prefabricados mixtos (panel de yeso y tablacemento)**	**Sin usos reportados en esta clasificación**	**No**
I	Otros (instalaciones eléctricas, lámparas, baterías, textiles, madera, unicel)	Sin usos reportados en esta clasificación	**No**

3.2 Molienda mecánica

Se empleó un molino denominado “máquina de abrasión Los Ángeles” o también conocido como “molino de bolas”, el cual consta de un tambor metálico hueco impulsado por un motor que lo hace girar a una velocidad de 30 revoluciones por minuto. Para realizar la molienda, fue necesario colocar 14 esferas metálicas de 400 g que golpean el material hasta desintegrarlo **(Ver figura 1).**

3.3 Tamizado

En este paso se buscó obtener un polvo libre de residuos y determinar si la granulometría del yeso reciclado y del comercial era similar. Para ello, se utilizaron tamices de latón marca Davi, los cuales están certificados de acuerdo con las normas internacionales ASTM. (ASTM International, 2020). Para retener fragmentos como papel y yeso sin moler, se utilizó el tamiz No. 5 (4.0 mm), mientras que para comparar la granulometría de los materiales se utilizaron los tamices No. 50 (0.30 mm) y No.100 (0.15 mm).



Figura 1. Interior del molino de bolas. Elaboración propia

3.4 Deshidratación en horno

Con este proceso se buscó eliminar las moléculas de agua cristalizada para que, al agregar agua líquida, se obtuviera una mezcla plástica. Este paso resultó necesario debido a que al momento de realizar la mezcla, la consistencia se mantuvo en estado líquido durante varios días, y una vez que secó, se obtuvo un material frágil al tacto y poroso. Para el muestreo que se aprecia en la **Figura 2**, se utilizó la relación A/Y de 1.2, la cual se explicará más adelante.



Figura 2. Muestras del yeso reciclado sin un proceso de deshidratación. Fotografía de autor

3.5 Diseño de mezcla

El objetivo de esta etapa fue determinar la relación óptima de agua y yeso para cada material, partiendo de la premisa de que ambos iban a requerir diferentes cantidades de agua para formar una mezcla plástica. En concordancia con la norma ASTM C472, (ASTM International, 2020) se evaluaron de forma iterativa relaciones en un rango del 1.2 al 0.6. Para la preparación de las muestras se utilizó una superficie de acrílico y/o vidrio para garantizar que las superficies no fueran absorbentes. Las bases se dividieron de acuerdo con la cantidad de muestras; se escribió en cada sección la relación y el material a emplear a fin de poder identificarlos. En esta

etapa no se buscó que las muestras tuvieran una forma o grosor exacto, solo se buscaba determinar la relación ideal para elaborar una mezcla y poder realizar la evaluación posterior **(Ver figura 3).**



Figura 3. Mezclas de yeso con diferentes proporciones de agua. Fotografía de autor

3.6 Evaluación del tiempo de fraguado

Para determinar el periodo de transición entre los estados líquido, plástico y sólido de las pastas de yeso, se siguió la metodología descrita en las normas ASTM C472 y C28. (ASTM International, 2020), a excepción del control de temperatura y humedad, ya que las evaluaciones se realizaron en laboratorio sin controlar estos parámetros. Para la ejecución de la prueba, se empleó un aparato Vicat automático con una aguja de penetración de 1 mm. A fin de obtener una mayor precisión en los tiempos de fraguado respecto a la frecuencia indicada en la norma, el ensayo se configuró con intervalos de penetración de 30 segundos, durante un periodo total de 35 minutos **(Ver figura 4).** La programación del instrumento hace girar de manera automática la muestra para que la aguja no penetre en el mismo lugar. Se realizaron 6 pruebas del yeso comercial y 6 pruebas del yeso reciclado el mismo día.

4. Resultados y discusión

4.1 Preparación del material

Para obtener el polvo de los paneles de yeso triturados, se ingresó una carga de 3 kg de paneles cortados en fragmentos de 15 cm. Para esta cantidad, se utilizó el mecanismo del molino un total de 15 minutos. El producto de la molienda primero se cernió con el tamiz No. 5, para el retiro de papel y partículas grandes de yeso, después se cernió por los tamices No. 50 y No.100, pasando la totalidad del polvo entre los tamices, con lo que se comprobó una granulometría similar entre el yeso comercial y el reciclado. En este paso no se consideró necesario elaborar una curva granulométrica que estableciera una comparación precisa; sin embargo, se sugiere su desarrollo y análisis en futuras investigaciones.

Para poder graficar un seguimiento de la pérdida de masa de los paneles, se registró el peso de los paneles recién adquiridos, el peso después del proceso de triturado y, por último, el peso con el proceso de deshidratación concluido. Los resultados obtenidos arrojaron que en la molienda se pierde alrededor del 21% y, cuando el polvo se tiene que deshidratar, se adiciona una pérdida del 14%, sumando una pérdida total de la masa del 35%. **(Ver Figura 5).**



Figura 4. Ejecución de la prueba con el aparato vicat electrónico. Fotografía de autor

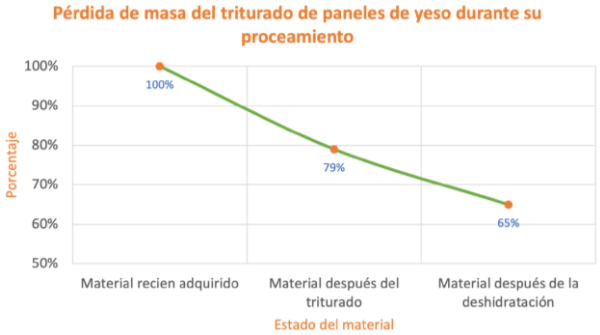


Figura 5. Gráfica de la pérdida de masa de los paneles de yeso. Elaboración de autor

Adicionalmente, se realizaron fotografías usando un microscopio óptico para valorar cualitativamente la superficie entre mezclas con una granulometría ideal y otras con una granulometría fuera de rango. Como se aprecia en la **Figura 6**, un tamaño de grano fuera del rango ocasiona una superficie accidentada y fisuras en el material, en contraste con la **Figura 7**, donde se utiliza la granulometría ideal y se observa una superficie lisa y sin ningún tipo de fisuras.

4.2 Deshidratación en horno

El primer paso de esta prueba fue realizar un muestreo al ingresar una cantidad del triturado de los paneles en el horno a una temperatura de 200 °C, para después pesarlo cada hora hasta que su peso no variara más del 1%. Este porcentaje se obtuvo entre la cuarta y la quinta hora, por lo que el siguiente paso fue elaborar una curva más precisa a través de un mayor número de mediciones y un control del peso de partida. A partir de esto, se ingresó un total de 7 lotes del material con un peso de partida de 2,000 gramos, los cuales se pesaron durante 5 horas. Durante la primera hora, el porcentaje entre todos los lotes se mantuvo uniforme, pero a partir de la segunda hora se presentaron variaciones de hasta el 4%. A pesar de esto, la estabilización para todos los lotes se obtiene a partir de la cuarta hora, con lo que se confirma que para la deshidratación del triturado de los paneles de yeso solo es necesario un periodo de cuatro horas.

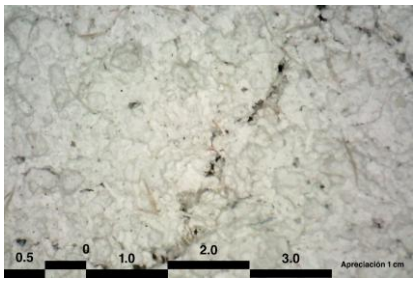


Figura 6. Yeso reciclado con una granulometría fuera de rango en 30x. Fotografía de autor

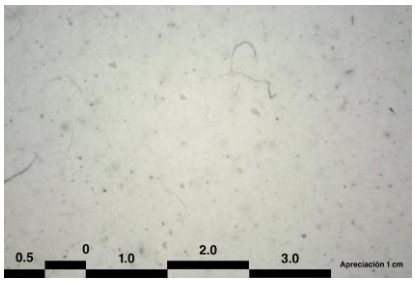


Figura 7. Yeso reciclado con una granulometría en rango en 30x. Fotografía de autor

4.3 Relaciones agua / yeso

Para determinar la mejor relación A/Y de ambos materiales, se tomó en cuenta el proceso de elaboración, aplicación y secado de la mezcla. La relación obtenida fue de 0.6 para el yeso comercial y 1.2 para el reciclado, por lo que, para llenar los recipientes cónicos del aparato de Vicat, fueron necesarios, para el yeso comercial, 320.0 g de yeso y 192.0 g de agua, mientras que para el yeso reciclado se requirieron 140.0 g de yeso y 168.0 g de agua. **(ver Tabla 2)**.

Tabla 2. Proporciones en masa del yeso comercial y reciclado

Material	Relación	Masa de yeso (g)	Masa de agua (g)
Yeso comercial	1.2	320.0	192.0
Yeso reciclado	0.6	140.0	168.0

4.4 Tiempo de fraguado

El tiempo se contabilizó a partir de que se agregaron el yeso y el agua para la formación de la mezcla. Aunque la norma ASTM C472 (ASTM International, 2020) indica un tiempo mínimo de 20 minutos para que la mezcla se endurezca, en la **Figura 9** se aprecia que los materiales evaluados iniciaron el fraguado por debajo de este tiempo, posiblemente por las condiciones ambientales no controladas explicadas anteriormente. A pesar de esto, la pérdida de plasticidad se asemeja a lo mostrado por Alrawashdeh et al. (2014), en donde este proceso comenzó al minuto 10. La comparativa entre el yeso comercial y reciclado en las condiciones que se evaluaron es sumamente valiosas para establecer las diferencias entre ambos materiales, lo cual era el objetivo principal de este proceso. A continuación, se detallan los resultados.

Yeso comercial: Se obtuvo una media para la pérdida de plasticidad a los 9 minutos con una penetración de 39.79 mm y una DE de 0.31. Para cuando comenzó el proceso de endurecimiento, alrededor del minuto 15, se tuvo una penetración de 3.29 mm con una de DE 1.24. A partir de ese momento la penetración se estabilizó, manteniéndose por debajo de los 2.00 mm.

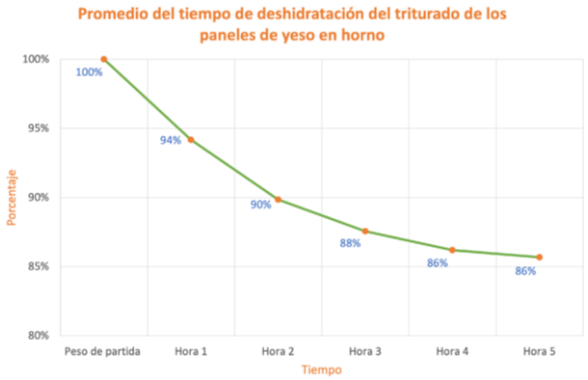


Figura 8. Deshidratación del yeso reciclado por lote. Elaboración de autor

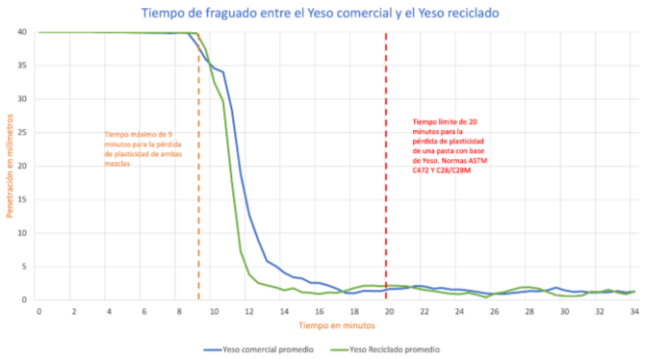


Figura 9. Comparativa del tiempo de fraguado entre yeso comercial y reciclado. Elaboración de autor

Yeso reciclado: Se obtuvo una media para la pérdida de plasticidad a los 9 minutos con una penetración de 39.90 mm y una DE de 0.07. Para cuando comenzó el proceso de endurecimiento, alrededor del minuto 12, se tuvo una penetración de 3.79 mm con una DE de 2.47. A partir de ese momento la penetración se estabilizó, manteniéndose por debajo de los 2.10 mm.

5. Conclusiones

Aunque el uso de un molino de bolas es eficiente para la molienda de los paneles, es necesario tomar en cuenta la energía incorporada para su funcionamiento, además de profundizar en la optimización del proceso para reducir el 21% de pérdida de masa presentada en la molienda. De igual forma, aunque el uso del tamiz sirvió para comparar la granulometría entre el yeso comercial y el reciclado, su uso también es necesario para descartar trozos de papel o piezas grandes de

yeso que puedan arrojar variables difíciles de controlar. Respecto al proceso de deshidratación, se utilizó un horno de convección para extraer parcialmente el agua estructural del sulfato de calcio, posibilitando así la preparación de las mezclas. No obstante, para futuras investigaciones se recomienda evaluar distintas combinaciones de temperatura y tiempo en el horno. Esto permitirá determinar la viabilidad de reducir el consumo energético del proceso, así como identificar el umbral térmico óptimo que preserva la fase de hemidrato antes de desencadenar la transición de fase a anhidrita

La pérdida de plasticidad de ambos materiales inicia al minuto 9 y, aunque el yeso comercial tarda 5 minutos y el reciclado 3 minutos en iniciar el proceso de endurecimiento, la diferencia entre ambos materiales no resulta significativa al momento de elaborar y aplicar las mezclas.

Es importante destacar que esta investigación solo evaluó el tiempo de fraguado entre un yeso comercial y uno reciclado, por lo que los resultados obtenidos deben interpretarse como evidencia preliminar de la factibilidad técnica, y no como una validación inmediata para un uso constructivo generalizado que permita concluir de manera definitiva su aplicación como material de construcción. Para ello, se recomienda complementar esta evaluación con un monitoreo de temperatura, así como con evaluaciones de adherencia, compresión, dureza y estabilidad dimensional; además de verificar el reglamento de construcciones aplicable junto con las normas técnicas complementarias correspondientes y con las normas mexicanas relativas al comportamiento frente al fuego y a la clasificación de materiales. Esto complementará la metodología para lograr la incorporación segura de un residuo de yeso que actualmente no tiene ningún aprovechamiento en el sector de la construcción.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial generativa y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del presente manuscrito, los autores utilizaron Gemini Pro para la conversión del abstract al inglés técnico y para la corrección ortográfica del manuscrito. Todo el contenido generado o sugerido por la herramienta fue revisado y editado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, originalidad, integridad y rigor científico del contenido final del manuscrito.

Agradecimientos

Le agradezco a la secretaria de ciencia, humanidades, tecnología e innovación (SECIHTI) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría, cuyo apoyo fue fundamental para la realización de esta investigación. Asimismo, extiendo mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por las facilidades brindadas para el uso de sus laboratorios, instalaciones y recursos, los cuales hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

Referencias

Alrawashdeh, A. I., Al-Rawajfeh, A. E., Al-Bedoor, A. A., Al-Shamaileh, E. M., & Al-Hanaktah, M. N. (2014). Production of plaster from gypsum deposits in south Jordan: Improvement of the setting time. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, *49*(3), 293–302. *(Nota: El nombre de la revista y el volumen [49] deben ir en cursiva. Aplica sangría francesa a partir de la segunda línea de la referencia).*

ASTM International. (2020). Standard test methods for physical testing of gypsum, gypsum plasters and gypsum concrete (ASTM C472-20). https://doi.org/10.1520/C0472-20

ASTM International. (2020). Standard specification for gypsum plasters (ASTM C28/C28M-10(2020)). https://doi.org/10.1520/C0028_C0028M-10R20

Comunidad de Madrid. (2017). Plan de gestión de residuos de construcción y demolición (2017-2024). Portal de Transparencia. https://www.comunidad.madrid/transparencia/informacion-institucional/planes-programas/plan-gestion-residuos-construccion-y-demolicion-2017-2024.

Erbs, A., Lopez, A., Medeiros, M. H. F., Quattrone, M., & Tavares, S. F. (2018). Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. Journal of Cleaner Production, 183, 1314–1322. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.189

Jafari, A., & Sadeghian, P. (2024). Applications of recycled gypsum from waste drywalls in the construction industry: A review. En R. Gupta et al. (Eds.), Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2022 (Vol. 359, pp. 817–832). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34027-7_54

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). PubChem Compound Summary for CID 24928, Calcium Sulfate Dihydrate. PubChem. Recuperado el 28 de octubre de 2025, de https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24928

Pedreño-Rojas, M. A., Morales-Conde, M. J., Pérez-Gálvez, F., & Rodríguez-Liñán, C. (2019). Influence of the heating process on the use of gypsum wastes in plasters: Mechanical, thermal and environmental analysis. Journal of Cleaner Production, 215, 444–457. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.053

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1999). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Instituto Nacional de Ecología.

Secretaría del Medio Ambiente. (2019, 12 de julio). Norma Ambiental NACDMX-007-RNAT-2019: Clasificación y especificaciones de manejo integral para los residuos de la construcción y demolición. Gaceta Oficial de la Ciudad de México. https://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/images/normas/NACDMX-007-RNAT-2019.pdf

Weimann, K., von Werder, J., Gellert, C., & Meng, B. (2021). Environmental evaluation of gypsum plasterboard recycling. Minerals, 11(2), 101. https://doi.org/10.3390/min11020101

World Economic Forum. (2023). Circularity in the built environment: Maximizing CO2 abatement and business opportunities. https://www.weforum.org/publications/circularity-in-the-built-environment-maximizing-co2-abatement-and-business-opportunities/.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2026a). Artículo 4. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf

Diario Oficial de la Federación (2026b). Ley de vivienda. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv.pdf

Diario Oficial de la Federación (2024a). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU.pdf

Diario Oficial de la Federación (2024b). Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Diario Oficial de la Federación (2024c). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

Diario Oficial de la Federación (2024). Ley de infraestructura de la calidad. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LICal_010720.pdf

Gobierno de la Ciudad de México (2022). Reglamento de Construcción para la Ciudad de México. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/reglamentos/RGTO_DE_CONSTRUCCIONES_DEL_DISTRITO_FEDERAL_7.7.pdf

Gaceta Oficial del Distrito Federal (2011). Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico. https://paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/GODF/GODF_08_02_2011_02.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2025). *Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM): Por producto según clase de actividad, versión 2023*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?px=EMIM_ENTIDAD_36&bd=EMIM

NMX-C-013-1978 Paneles de yeso para muros divisorios, plafones y protección contra incendio.

NMX-C-168-1977 Placas o bloques de yeso para muros interiores.

NMX-C-174-1977 Placas para plafones.NMX-C-307-1-ONNCCE-2016 Resistencia al fuego de elementos y componentes de la edificación.

NACDMX-007-RNAT-2019 Norma ambiental para la clasificación de residuos de la construcción y demolición.