

CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS DE PERLITA CRUDA Y SU USO EN ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Verónica Artigas¹, Lucas Burgos¹, Virginia Quintana¹, Ángel Oshiro², María Positieri²

¹ Facultad de Ingeniería, INIQUI, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina,
veronicaartigas6@gmail.com

² CINTEMAC, UTN-FRC, Córdoba, Argentina, mpositieri@gmail.com

RESUMEN

La perlita es una roca de origen volcánico extraída en la zona de la puna salteña y durante su procesamiento se generan desechos del mineral llamados finos de perlita. Este trabajo abarca la caracterización física y química de este material y la determinación de su capacidad puzolánica. El objetivo de este trabajo es obtener resultados que permitan el remplazo de una parte del cemento pórtland por finos de perlita en distintos elementos de la construcción, como hormigones y mampuestos, contribuyendo así con la sustentabilidad del ambiente empleando un material considerado desecho y reduciendo el consumo energético. Se presentan ensayos mecánicos realizados sobre probetas de hormigón y de mampuestos elaborados con incorporación de finos de perlita. Se obtuvieron buenos resultados en cuanto a resistencia a compresión en hormigones con reemplazo de hasta el 15 % de cemento por perlita y en mampuestos incorporando hasta 70 % del desecho.

Palabras claves: perlita, actividad puzolánica, adición, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La problemática originada por la generación de residuos por parte de la industria constituye un tema sumamente delicado; desde hace años se buscan distintos tipos de soluciones para mitigar el efecto negativo de estos residuos sobre el medioambiente. La tendencia actual a nivel mundial apunta hacia el desarrollo sustentable, entendido como un desarrollo integral, de largo plazo y progresivo, el cual considera tanto las variables económicas como las sociales y ambientales, satisfaciendo no sólo las necesidades materiales de los individuos, sino que también busca la equidad, la justicia social y la protección y conservación del ambiente [1].

Existen numerosas acciones a nivel regional que pueden contribuir a la sustentabilidad del medio, y además pueden resultar beneficiosas en el ámbito de la producción. Por ejemplo, un residuo generado por una determinada industria puede ser aprovechado por otra industria en su proceso productivo, obteniéndose un producto con características similares al original, pero con la ventaja de haber incorporado un material de desecho que de otro modo supondría problemas para el ambiente. Este trabajo propone la elaboración de hormigones y mampuestos con la incorporación de distintas proporciones de finos de perlita cruda.

En los hormigones se buscó sustituir parte del cemento pórtland por finos de perlita (FP), para lograr una reducción en el consumo de este material cuya producción genera una

elevada emisión de gases de efecto invernadero. Considerando que la contaminación ambiental resultante de la producción de cemento es muy alta y significativa en comparación con otras industrias, el 7 % del dióxido de carbono antropogénico total se genera a partir de la industria del cemento, es sumamente necesario buscar reducir su consumo [2].

En la puna salteña es común la utilización del adobe para mampuestos en la construcción de viviendas. Siendo que para el adobe se utiliza el suelo arcilloso como materia prima, y para evitar la degradación del suelo, en la producción de los ladrillos como mampuestos, se consideró el reemplazo del suelo arcilloso por los FP. De esta manera, se presenta como una opción interesante para la construcción de viviendas en el área ya que la presencia de arcilla necesaria para la fabricación de mampuestos es escasa y se aprovechan los finos de perlita que se producen como desecho en las canteras locales [3].

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Materiales

Para la elaboración de los hormigones se empleó cemento pórtland fillerizado (CPF 40, densidad relativa 3,09), arena silíceo natural (densidad relativa 2,65, módulo de finura 2,23), canto rodado (densidad relativa 2,65, módulo de finura 5,97 y tamaño máximo 19 mm) y aditivo superfluidificante.

Para la elaboración de los mampuestos se utilizó cemento pórtland compuesto (CPC 30, densidad 3,00) y cal hidratada.

En ambos casos se incorporaron FP de una empresa de San Antonio de los Cobres. Se caracterizó este material física y químicamente.

La perlita es un vidrio volcánico silíceo que expande hasta 20 veces su volumen original cuando se calienta rápidamente. La perlita expandida tiene múltiples aplicaciones en diversos campos. Por ejemplo en usos hortícolas, se usa para proporcionar retención de humedad y aireación sin compactación cuando se agrega al suelo. Las aplicaciones de construcción para la perlita expandida son numerosas porque es liviana, resistente al fuego y un excelente aislante [4].

La Puna argentina es una región eminentemente volcánica y en ella se han encontrado numerosas coladas y domos de vidrio que se han perlitizado. Los principales yacimientos de Argentina y América del Sur se encuentran en Salta. Si bien se conocen una decena de localidades en Salta y algunas manifestaciones en Catamarca, los principales distritos son los del Volcán Quevar, Ramadas y Rupasca. El yacimiento mejor ubicado es el de Ramadas a sólo 15 km al norte de San Antonio de los Cobres. Al ser rocas, su tipo de explotación recibe el nombre de canteras [5].

La perlita extraída en las canteras de la zona de San Antonio de los Cobres es sometida a un proceso mecánico con el fin de llevar la roca a un tamaño más pequeño, y así poder transportarla a la planta procesadora para su expansión. Durante las operaciones de molienda del material mediante chancadora y molino de barras se genera una fracción fina que se considera un desecho, que es acumulado al aire libre formándose grandes depósitos. El hecho de ser un polvo sumamente fino y encontrarse depositado en una zona ventosa conduce a la dispersión de las partículas originando inconvenientes para los habitantes y la fauna de la zona [6].

Aproximadamente el 20 % de la perlita extraída se convierte en desecho. Considerando que se extraen diariamente cerca de 96 toneladas, se producen unas 19 toneladas de finos de perlita por día. En la Figura 1 pueden observarse depósitos de los desechos de perlita acumulados al aire libre.



Figura 1: Desechos de finos de perlita acumulados al aire libre.

En cuanto a la caracterización física de estos finos de perlita cruda, se determinó la densidad por el método del picnómetro bajo el lineamiento de la norma IRAM 12510, obteniéndose una densidad de 2,23.

La superficie específica determinada por el método es de 52,8 m²/g. La distribución granulométrica obtenida por difracción láser de una muestra del material se presenta en la Figura 2. Puede observarse que el 90 por ciento de las partículas de los FP tienen un tamaño inferior a 75 μm.

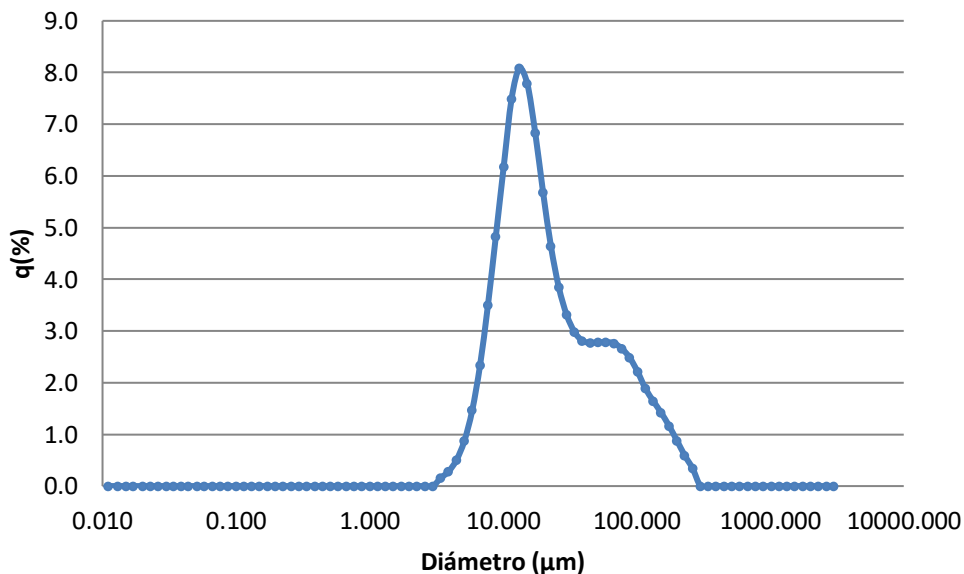


Figura 2: Distribución granulométrica de los FP.

En la Figura 3 se muestra una de las imágenes de las partículas de FP obtenidas por microscopía electrónica de barrido (SEM) y en la Figura 4 la espectrometría de rayos X realizada sobre el material. En la Tabla 1 se presenta la composición química de los FP.

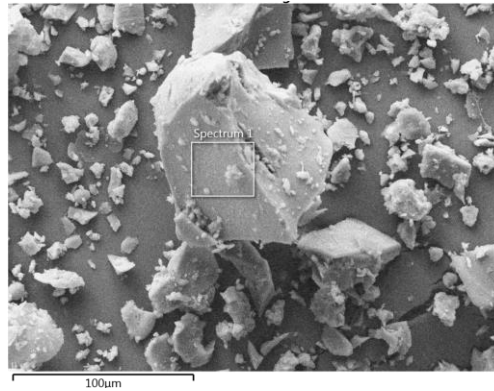


Figura 3: Imagen de los FP obtenida por microscopía electrónica de barrido (SEM).

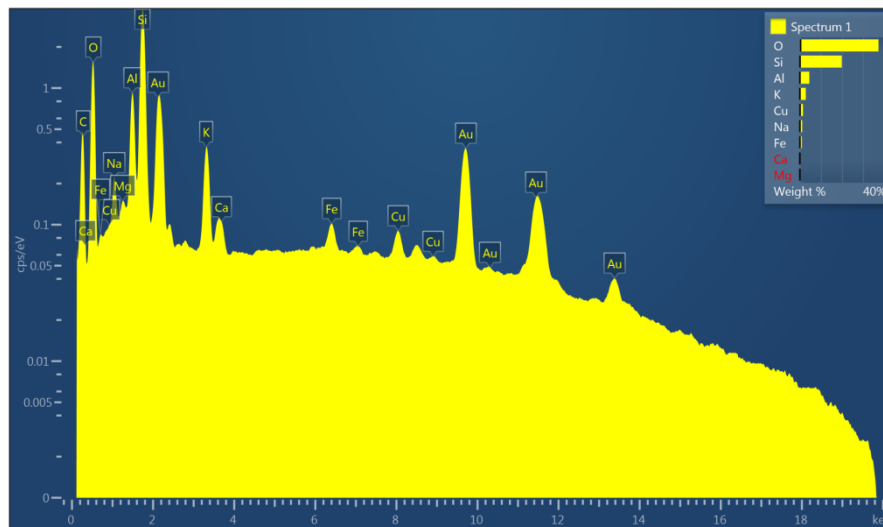


Figura 4: Espectrometría de rayos X de los FP.

Tabla 1: Composición química de los FP.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO
%	75,5	14,3	1,7	4,1	1,4	0,3

Se analizó la capacidad puzolánica de los FP por el método de Frattini según la norma IRAM 1651. Este método químico hace referencia a la cantidad máxima de hidróxido de calcio con el que la puzolana se puede combinar y a la velocidad con la cual ocurre esta reacción. Ésta depende de la naturaleza y proporción de las fases activas presentes en la puzolana, de la relación cal-puzolana de la mezcla, de la finura (o superficie específica) de la puzolana y de la temperatura de reacción. El estudio de la actividad puzolánica a las edades de 8 y 15 días se presenta en la Tabla 2, indicando que el material en estudio no es químicamente activo.

Tabla 2: Coeficiente de puzolanidad según el ensayo de Frattini sobre los FP.

Coeficiente de puzolanidad	8 días	1,17
		15 días

Sin embargo, es necesario realizar otros ensayos, por ejemplo ensayos mecánicos sobre hormigones o mezclas cementíceas para comprobar el desempeño de la incorporación de los FP y su influencia a largo plazo.

Metodología

Se elaboraron hormigones reemplazando parte del cemento pórtland con incorporación de FP en 5, 10 y 15% en peso, adoptando una consistencia plástica constante con asentamientos de 8 ± 3 cm.

Para determinar propiedades en estado endurecido, se confeccionaron probetas cilíndricas de 10 centímetros de diámetro por 20 centímetros de altura de acuerdo a la norma IRAM 1534, las cuales fueron ensayadas a compresión siguiendo la norma IRAM 1546 a los 7, 28, 90 y 450 días de edad.

Se evaluó la homogeneidad del hormigón elaborado mediante el ensayo de ultrasonido, descrito en la norma IRAM 1683. Además, se obtuvieron los valores de absorción total de cada uno de los hormigones de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ASTM C642. Este ensayo ofrece información sobre la calidad del hormigón, se puede considerar una medida indirecta de la resistencia del hormigón a la penetración de agentes agresivos en situaciones en las que el material est  sumergido, saturado o húmedo permanentemente. Ambos ensayos se realizaron sobre probetas a 28 días de edad.

Las dosificaciones se presentan en la Tabla 3; la denominación HP0 hace referencia al hormigón patrón y las denominaciones HP-5, HP-10 y HP-15 hacen referencia respectivamente a la incorporación de FP en 5, 10 y 15%, reemplazando al cemento.

Tabla 3: Dosificación de los hormigones.

Past�n	HP0	HP-5	HP-10	HP-15
Cemento (kg/m ³)	450	428	405	383
Agua (kg/m ³)	190	190	190	190
FP (kg/m ³)	0	23	45	68
Arena (kg/m ³)	738	737	735	734
Ag Grueso (kg/m ³)	1019	1017	1015	1013
Aditivo Superfl. (%)	0,22	0,22	0,22	0,22

También se fabricaron mampuestos tipo bloque con una prensa manual CINVA RAM; las proporciones en peso de materiales utilizados fueron 70 % de FP, 20 % de cemento y 10 % de cal hidratada. La relación agua sobre mezcla cementicea (considerando los FP como material cementante) fue de 0,24. Las dimensiones de los bloques obtenidos fueron variables, siendo el largo y ancho valores fijos de 29 y 20 centímetros respectivamente y espesor variable entre 6 y 6,5 centímetros.

Los bloques se ensayaron de acuerdo a lo indicado en la norma IRAM 12586, la cual establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Además, se realizó sobre los mampuestos el ensayo de absorción según la norma IRAM 12588. Los ensayos se realizaron a la edad de 28 días.

RESULTADOS

Los ensayos a compresión realizados sobre las probetas de hormigón arrojaron los resultados presentados en la Figura 5. Cada valor representa el promedio del ensayo de tres probetas para los porcentajes de reemplazo de FP establecidos y a las edades de 7, 28, 90 y 450 días.

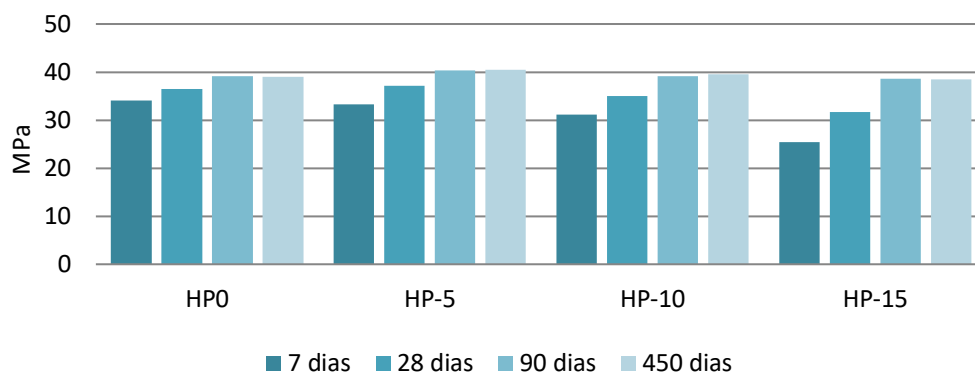


Figura 5: Resistencias a compresión de los hormigones.

En la Tabla 4 se presenta una clasificación de la calidad del hormigón en relación a los valores de velocidad de pulso ultrasónico obtenidos por el ensayo de ultrasonido; se consideran los estudios realizados inicialmente en Canadá por Leslie y Cheesman [7], en los que establece un criterio de calificación para el hormigón, sobre la base de la propia medición de la velocidad de pulso ultrasónico, clasificando la calidad como “excelente”, “buena”, “cuestionable”, “pobre” y “muy pobre”.

Además, se presentan los valores de absorción de agua obtenidos sobre las probetas a los 28 días de edad, observándose que existe una buena correlación entre los valores obtenidos.

Tabla 4: Resultados de los ensayos de ultrasonido y absorción.

Hormigón	Calidad según velocidad del pulso ultrasónico	Absorción (%)
HP0	Excelente	5,8
HP-5	Excelente	6,2
HP-10	Excelente	6,0
HP-15	Buena	6,4

En cuanto a los mampuestos, se elaboraron 13 bloques que fueron ensayados a compresión, obteniéndose una resistencia media de 3 MPa. Los resultados alcanzados por los bloques de perlita son prometedores considerando que los valores de resistencia a compresión de los ladrillos cerámicos rondan los 5 MPa y de los bloques de adobes, muy utilizados en la zona de la puna de salteña, aproximadamente 1 MPa. En la Figura 6 puede apreciarse la muy buena terminación superficial de los mampuestos, siendo atractivos para emplearlos en la construcción como ladrillo visto, sin la utilización de revoque.

Para conocer la absorción de los bloques se ensayaron diez muestras y se obtuvo una absorción media de 20,1 %. De acuerdo a investigaciones realizadas por distintos autores los ladrillos de adobe convencionales presentan una absorción de 65-70 % [8, 9], valores muy superiores a los obtenidos para los bloques con FP.



Figura 6: Ladrillos con FP.

CONCLUSIONES

La caracterización física de los FP muestra que el tamaño de aproximadamente el 90 % de las partículas es inferior a 75 μm . La finura del desecho obtenida es superior a la finura de un cemento típico, que es alrededor de 1 m^2/g .

La microscopía electrónica de barrido (SEM) aportó información acerca de la estructura de las partículas de los FP, se observa que tienen forma prismática con caras aplanadas. Como era de esperarse, químicamente se destaca la elevada presencia de sílice en la perlita, lo cual es un indicador del posible efecto puzolánico de esta adición.

De acuerdo al ensayo de Frattini realizado sobre los FP, este material no presenta actividad puzolánica desde el punto de vista químico. Sin embargo, esto no es un indicador absoluto de la capacidad del material para desarrollar resistencias mecánicas.

La elaboración de hormigones con incorporación de FP hasta el 10 % de reemplazo del cemento es posible desde el punto de vista del desarrollo de la resistencia a compresión, ya que se obtuvieron a la edad de 28 días valores de resistencia similares a los del hormigón patrón.

Se evidencia el incremento de desarrollo de resistencia a compresión a edades avanzadas en los hormigones con mayor cantidad de FP en su composición. Al adicionar 15 % de FP a la mezcla, se obtienen valores de resistencia similares al hormigón patrón a 90 días de edad, poniendo de manifiesto la acción puzolánica de los FP.

El ensayo de ultrasonido muestra que la calidad de los hormigones con 5 y 10 % de FP es excelente, mientras que en la de aquellos con 15 % de FP es buena. En cuanto a la absorción de agua, puede apreciarse que al adicionar FP los valores son levemente superiores, pero se encuentran dentro de un rango cercano al hormigón patrón por lo que la adición no disminuiría la durabilidad del hormigón desde el punto de vista de la posible penetración de agentes agresivos.

La elaboración de mampuestos permitió la incorporación de un volumen importante de FP en la mezcla, alcanzando una resistencia media a compresión superior o similar a la de los materiales constructivos con los que podría compararse. Desde el punto de vista estético, el producto obtenido presenta una terminación superficial de muy buen aspecto.

La absorción de los bloques de perlita se encuentra muy por debajo de la de los adobes, con lo cual se evidencia una mayor durabilidad y resistencia ante los agentes externos dañinos por parte de los bloques de FP.

Este trabajo permitió vislumbrar las aptitudes de los desechos de perlita cruda para ser considerados en el campo de la construcción, en la elaboración de distintos elementos. Si bien es necesaria la realización de más ensayos para determinar cómo los FP afectan las distintas propiedades de los hormigones y los mampuestos, su incorporación podría tener efectos positivos en los mismos. Avances en el conocimiento que permiten analizar la factibilidad de la incorporación de desechos en una industria tan importante como la de la construcción puede resultar muy beneficiosos para la sustentabilidad del medioambiente, dándole utilidad a un material actualmente considerado de descarte.

REFERENCIAS

- [1] Solís Segura LM, "Principios básicos de contaminación ambiental", UAEM, (2003).
- [2] Nidheesh PV, Suresh Kumar M, "An overview of environmental sustainability in cement and steel production", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 231, (2019), 856-871.
- [3] Burgos L, "Mechanical characterization of Raw-Perlite Solid Bricks for use in construction", *Revista de la construcción*, Vol. 19, (2020), 170-179. Doi: 10.7764/RDLC.19.1.170-179.
- [4] U.S. Geological Survey, "Mineral Commodity Summaries 2019", disponible online en: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>, (acceso: 07/2020).
- [5] Alonso R, "La Perlita, un vidrio natural salteño", disponible online en: www.dossierweb.com.ar, (acceso: 07/2020).
- [6] Artigas V, Cortez F, Burgos L, Cardozo H, Sastre M, "Diseño de pastas autocompactantes con adición de finos de perlita", VII Congreso Internacional y 21ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, (2016).
- [7] Leslie JR, Cheesman WJ, "An ultrasonic method of studying deterioration and cracking in concrete structures", *Journal of the American Concrete Institute*, Vol. 21, N° 1, (1949), 17-36.
- [8] Celik AG, Depci T, Kilic AM, "New lightweight colemanite-added perlite brick and comparison of its physicommechanical properties with other commercial lightweight materials", *Construction and Building Materials*, Vol. 62, (2014), 59-66.
- [9] Lertwattanak P, Choksiriwanna J, "The physical and thermal properties of adobe brick containing bagasse for earth construction", *International Journal of Building*, Vol. 1, (2011), 57-65.