

**Desechos Mineros para la producción de agregados artificiales y usos en construcción**  
**Fondecyt Iniciación 11230537**

**Felipe Vargas Muñoz PhD.**  
**Instituto de Obras Civiles**



Universidad Austral de Chile  
*Conocimiento y Naturaleza*



# Introducción



## Industria Minera Chilena

Chile es el productor más grande de cobre a nivel mundial (23%)

Por cada tonelada de cobre, se generan 200 toneladas de relaves

600 millones de toneladas el año 2024



# Introducción



Los relaves son generados al moler la roca y, mediante un proceso de flotación, separar las partículas ricas en metal de las restantes, las cuales son descartadas y depositadas en tranques que funcionan por gravedad.

Son partículas cristalinas inertes principalmente de 120 micrones aproximadamente

Algunas contienen arsénico, plomo o sulfatos, pero la mayoría son químicamente inertes.

# Motivación

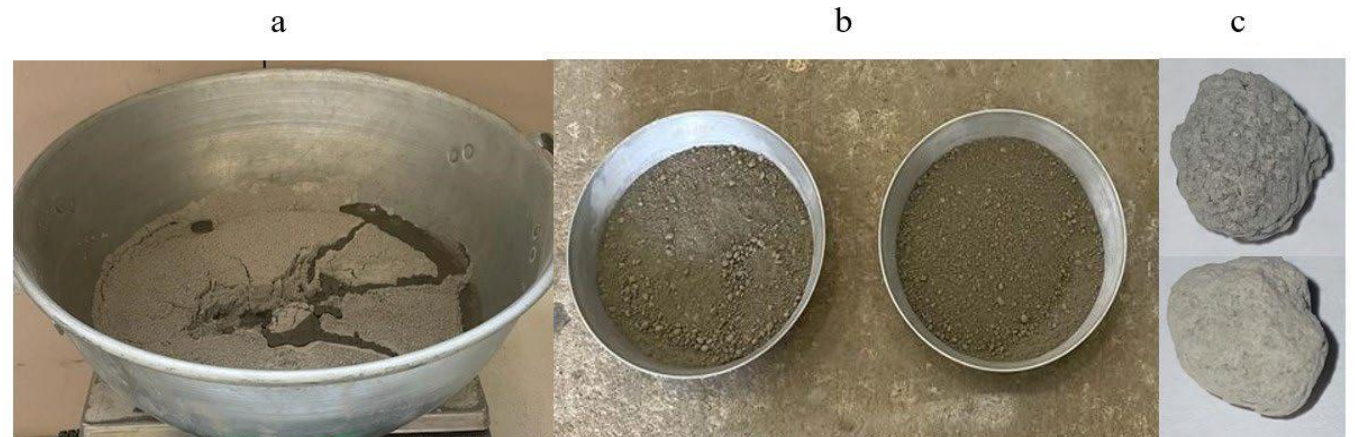
En investigaciones previas, fue validado a nivel de concepto el uso de relaves para la elaboración de materiales cementicios suplementarios (reemplazo de cemento) y en la fabricación de agregados artificiales

El proceso es muy dependiente de la naturaleza del relave



# Agregados Artificiales

Hay varias alternativas, pero lo que hemos investigado es agregados aglomerados de relaves mediante un proceso de activación alcalina (geopolimerización).

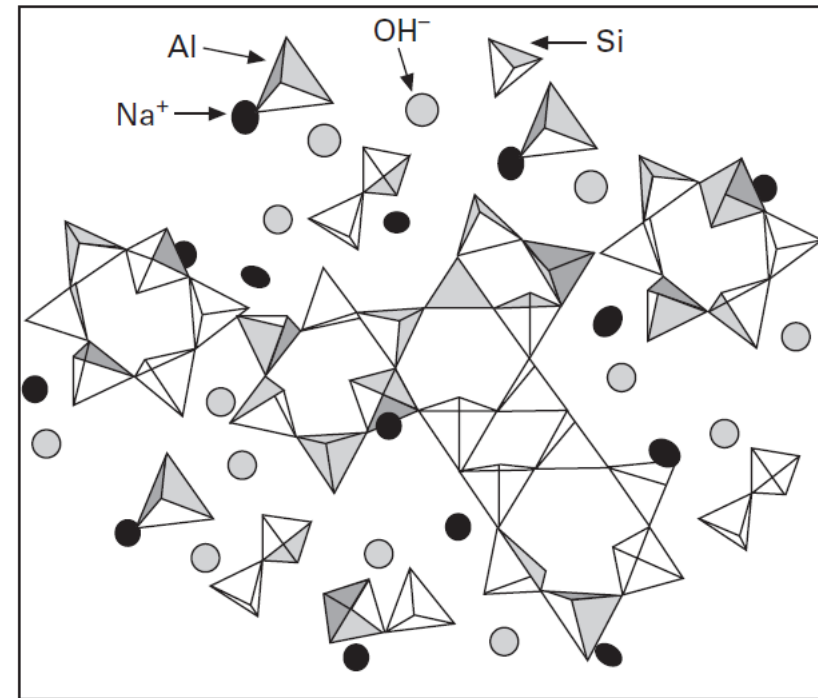




# Activación Alcalina (Geopolimerización)

Es un proceso por el cual, en un ambiente altamente alcalino, se genera el depósito de cadenas de aluminatos, sodio y silicatos, endureciendo el material.

El material base por lo tanto, debe ser suficientemente reactivo.



Estructura química NASH (Criado, 2007)

# Fondecyt 11230537

## WATER-TO-BINDER RATIO IMPACT IN GEOPOLYMERIC PELLETIZED AGGREGATES MADE FROM COPPER TAILINGS

# Objetivos del Proyecto

Considerando que una de las principales variables del proceso de fabricación de los agregados artificiales es la dosificación y la reactividad de los relaves, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la fabricación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
2. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la calidad y estructura de productos geopoliméricos en mezclas con relaves de cobre como componente principal.
3. Evaluar y comprender el efecto del uso de procesos geopoliméricos en el comportamiento de lixiviación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
4. Evaluar el desempeño ambiental de agregados artificiales fabricados mediante geopolimerización y peletización de relaves de cobre.



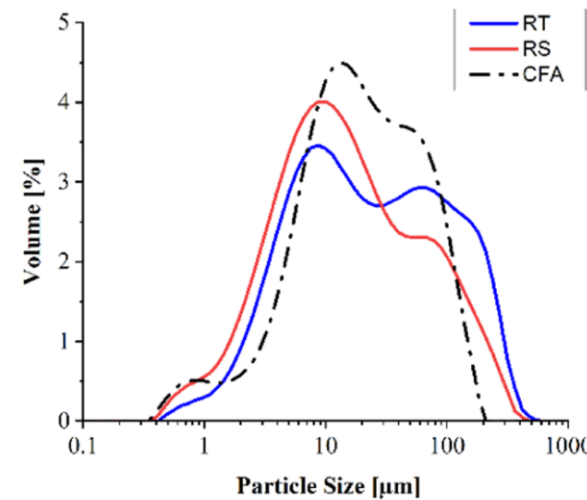
# Objetivos del Proyecto

Considerando que una de las principales variables del proceso de fabricación de los agregados artificiales es la dosificación y la reactividad de los relaves, se plantearon los siguientes objetivos:

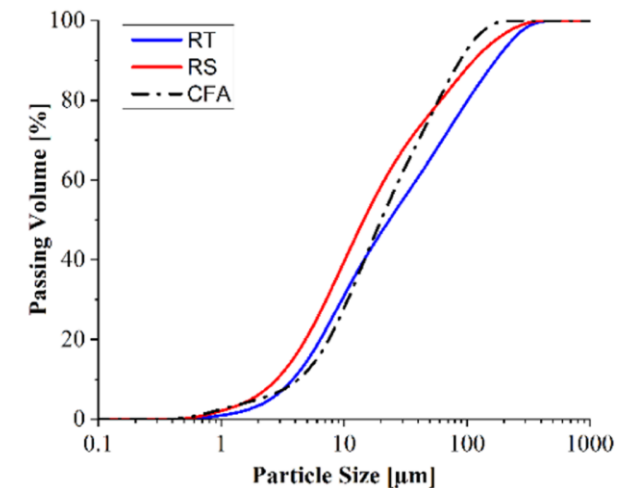
1. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la fabricación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
2. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la calidad y estructura de productos geopoliméricos en mezclas con relaves de cobre como componente principal.
3. Evaluar y comprender el efecto del uso de procesos geopoliméricos en el comportamiento de lixiviación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
4. Evaluar el desempeño ambiental de agregados artificiales fabricados mediante geopolimerización y peletización de relaves de cobre.

# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Primero se hace una caracterización de los relaves, se eligieron 2 relaves de distintas operaciones mineras para la caracterización



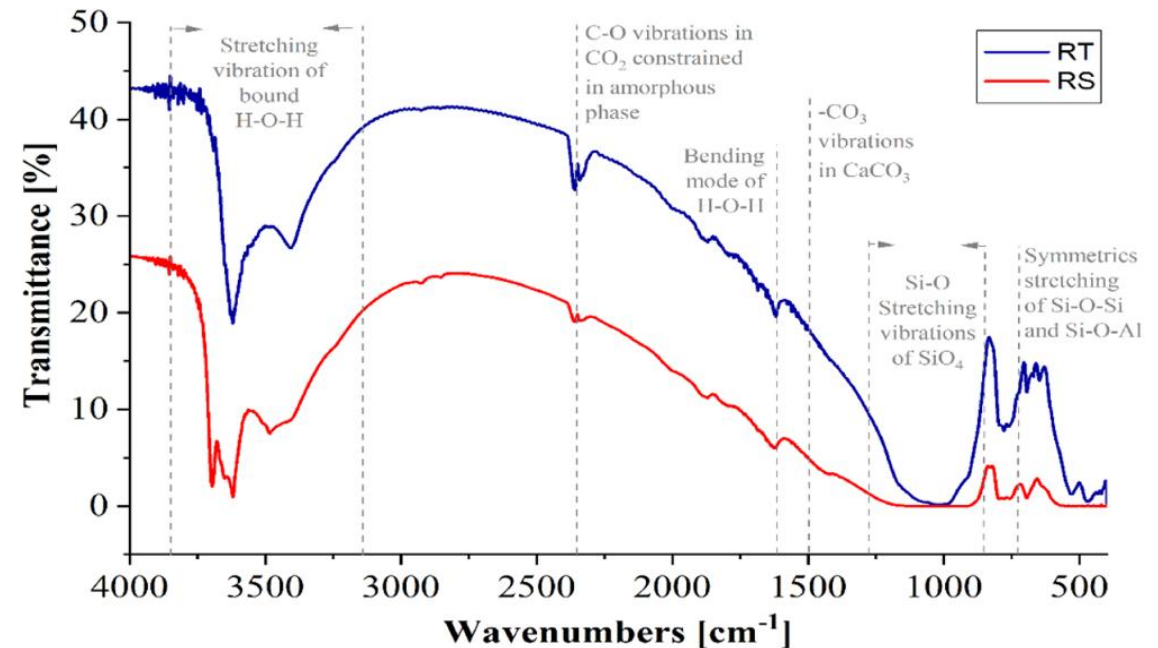
(a)



(b)

# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

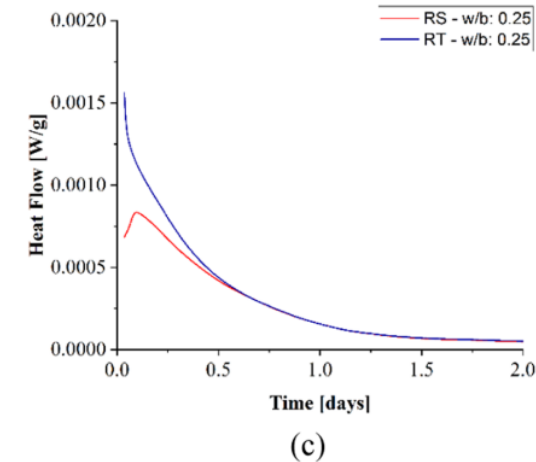
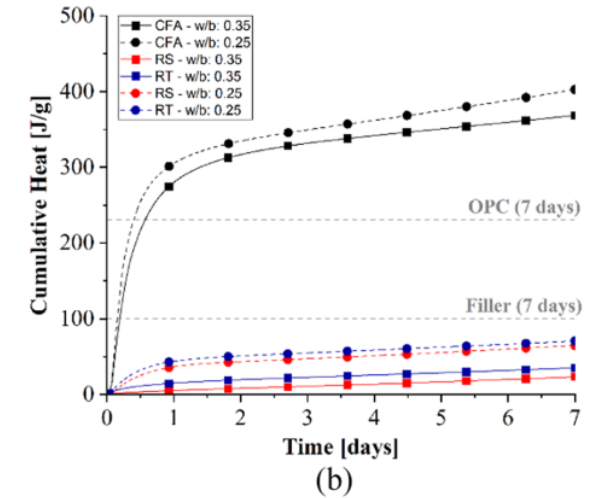
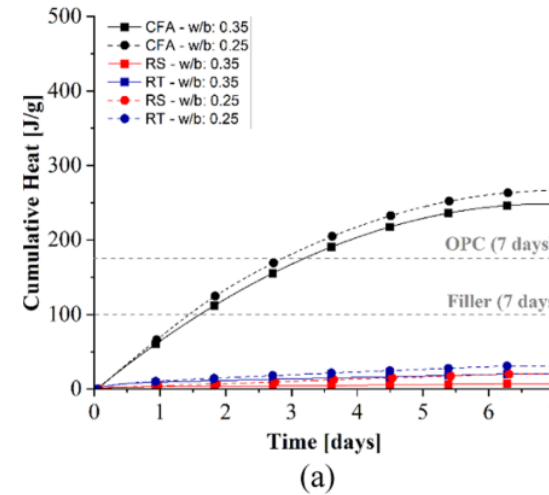
Mediante FTIR, se analiza la reactividad del proceso de activación alcalina mediante geopolimerización





# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Cuando se analiza mediante calorimetría la reactividad, se observa una baja reactividad de los relaves, incluso cuando se usan grandes cantidades de activador alcalino (NaOH)



# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Para analizar el efecto del agua en la reactividad, se usó un diseño fraccional  $2^5-1$ , de 16 corridas experimentales

Design of Experiments for each mix.

Mix	Water to Binder ratio	Molar Concentration	Fly Ash Co-activator	Curing Temperature	Curing days
M1	25	2.5	0	30	7
M2	35	2.5	0	30	3
M3	25	7.5	0	30	3
M4	35	7.5	0	30	7
M5	25	2.5	10	30	3
M6	35	2.5	10	30	7
M7	25	7.5	10	30	7
M8	35	7.5	10	30	3
M9	25	2.5	0	60	3
M10	35	2.5	0	60	7
M11	25	7.5	0	60	7
M12	35	7.5	0	60	3
M13	25	2.5	10	60	7
M14	35	2.5	10	60	3
M15	25	7.5	10	60	3
M16	35	7.5	10	60	7

# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Para analizar el efecto del agua en la reactividad, se usó un diseño fraccional  $2^{5-1}$ , de 16 corridas experimentales

Factors and experimental levels.

Factors	Coded Factors	Low level (-)	High level (+)
Water to binder ratio [%]	A	25	35
Molar concentration (NaOH) [M]	B	2.5	7.5
Fly ash as co-activator [%]	C	0	10
Curing Temperature [°C]	D	30	60
Curing Time [days]	E	3	7

Design of Experiments for each mix.

Mix	Water to Binder ratio	Molar Concentration	Fly Ash Co-activator	Curing Temperature	Curing days
M1	25	2.5	0	30	7
M2	35	2.5	0	30	3
M3	25	7.5	0	30	3
M4	35	7.5	0	30	7
M5	25	2.5	10	30	3
M6	35	2.5	10	30	7
M7	25	7.5	10	30	7
M8	35	7.5	10	30	3
M9	25	2.5	0	60	3
M10	35	2.5	0	60	7
M11	25	7.5	0	60	7
M12	35	7.5	0	60	3
M13	25	2.5	10	60	7
M14	35	2.5	10	60	3
M15	25	7.5	10	60	3
M16	35	7.5	10	60	7

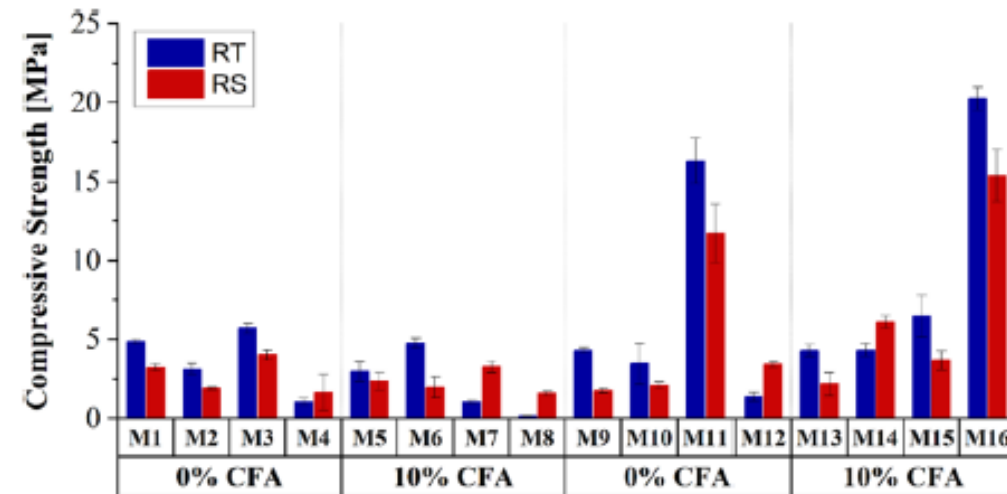


# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Para analizar el efecto del agua en la reactividad, se usó un diseño fraccional  $2^5-1$ , de 16 corridas experimentales

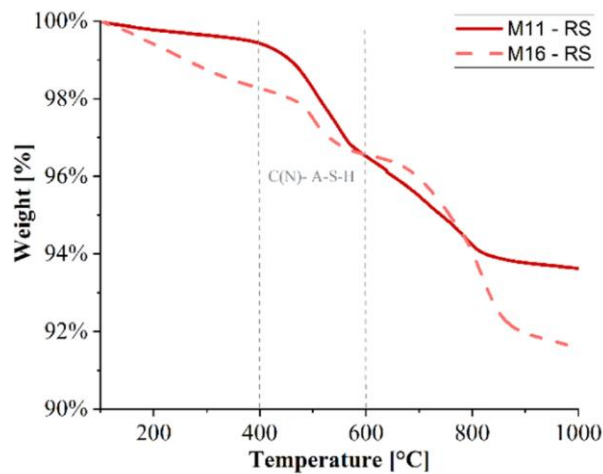
Factors and experimental levels.

Factors	Coded Factors	Low level (-)	High level (+)
Water to binder ratio [%]	A	25	35
Molar concentration (NaOH) [M]	B	2.5	7.5
Fly ash as co-activator [%]	C	0	10
Curing Temperature [°C]	D	30	60
Curing Time [days]	E	3	7

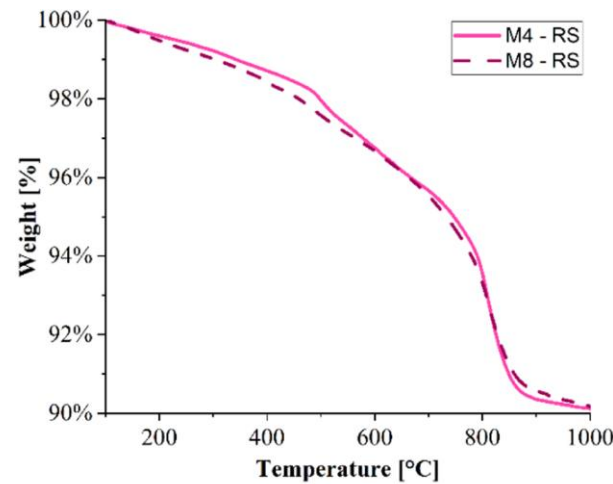


# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

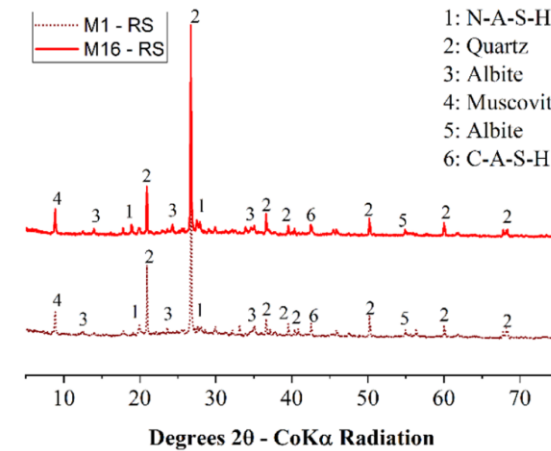
Mediante TGA y XRD se observa la formación de productos de activación alcalina



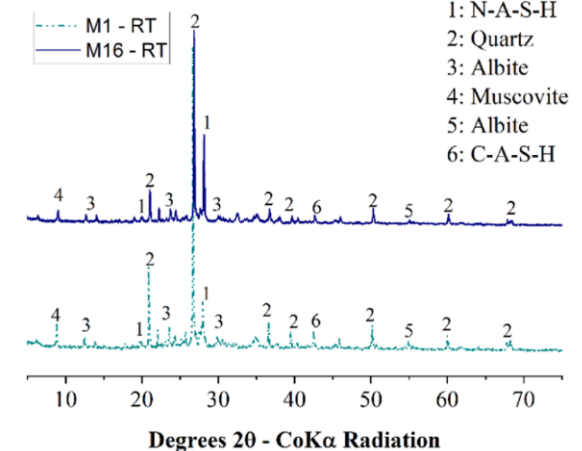
(a)



(b)



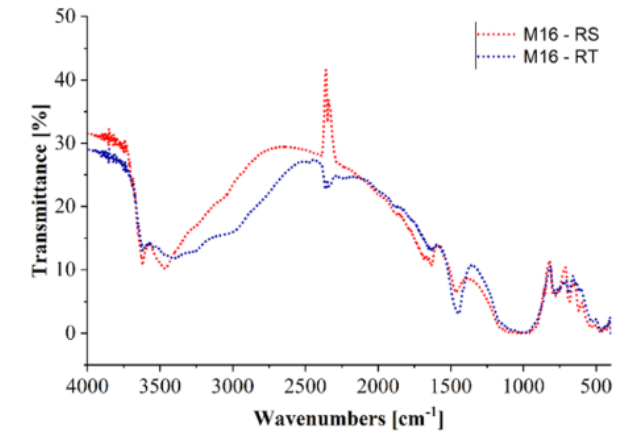
(a)



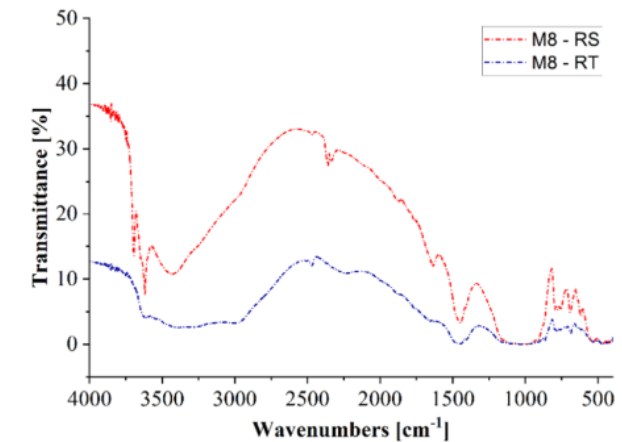
(b)

# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente

Al analizar los FTIR, se observa que el contenido de agua afecta la calidad de los productos de activación pero no es tan relevante como la temperatura de activación. Sin embargo, si se utilizan coactivadores (ceniza volante) el contenido de agua es relevante, al usarse materiales mas reactivos



(a)



(b)

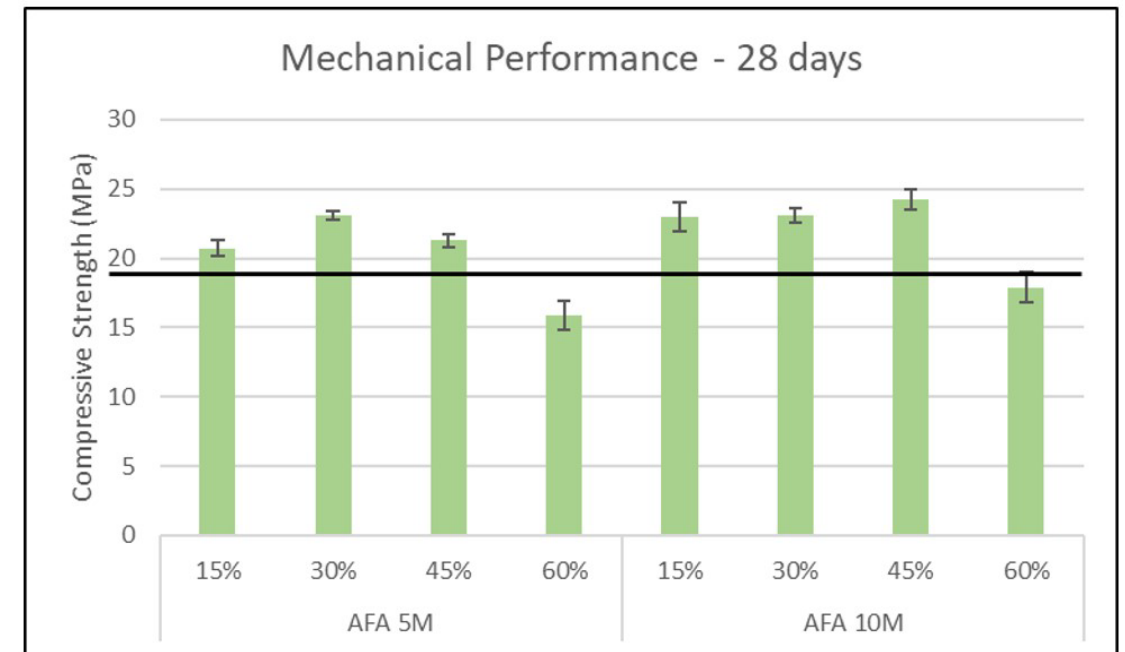


# Efecto Agua en la mezcla activada alcalinamente



# Fabricación Agregados Artificiales

Por ejemplo, reemplazando arena por agregado artificial, fue posible mantener la resistencia mecánica de mezclas de mortero hasta un 45% de reemplazo



# Fabricación Agregados Artificiales

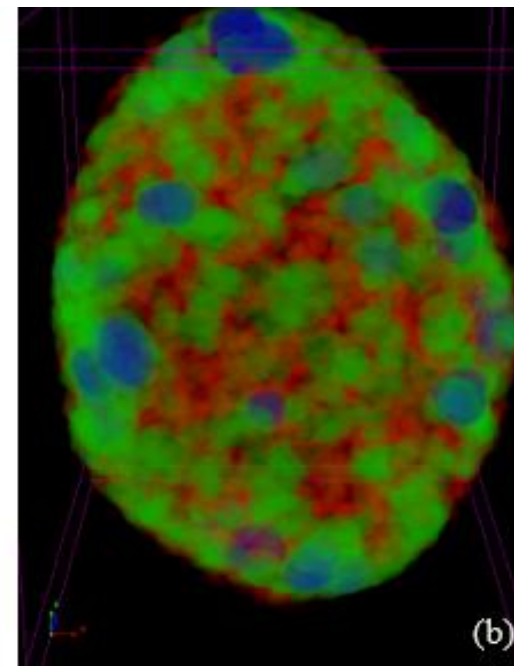
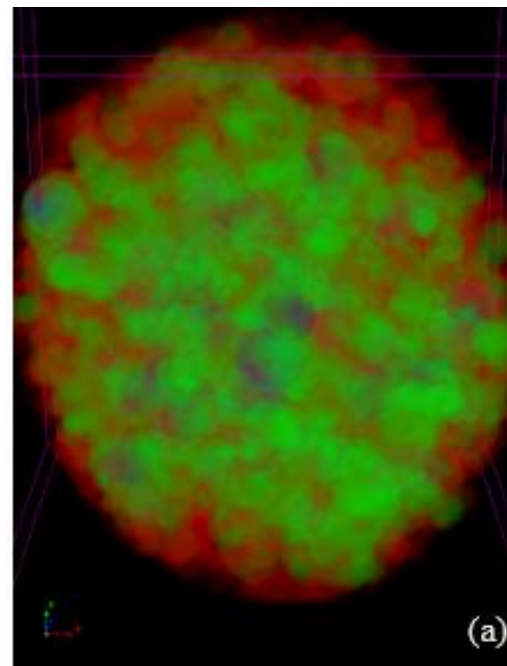
En el caso de hormigón, fue posible  
reemplazar agregados gruesos





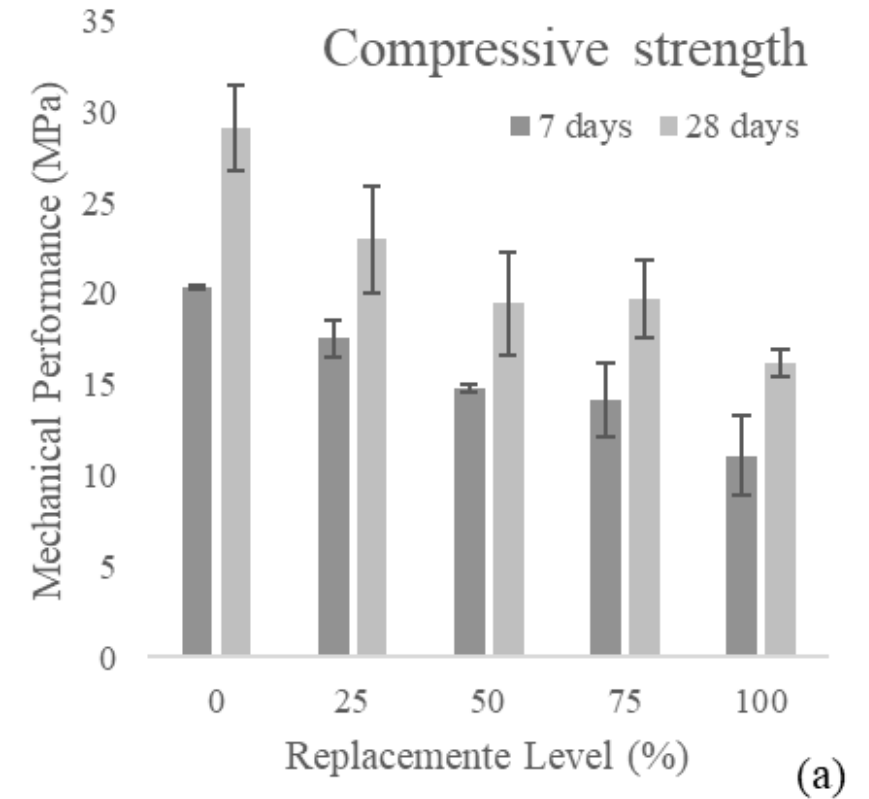
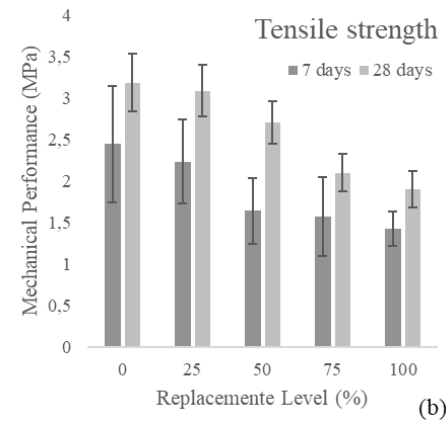
# Fabricación Agregados Artificiales

Estos agregados gruesos son más porosos y menos resistentes, pero entregan otras propiedades al hormigón (distinta mecánica de fractura)



# Fabricación Agregados Artificiales

Se ve un castigo en resistencia mecánica, aunque se observa que hasta 50% de reemplazo, es factible el uso estructural, tanto a resistencia a compresión, como a flexo tracción



# Fabricación Agregados Artificiales

## Use of Artificial fine aggregates from copper tailings in mortar: Mechanical Performance

Desempeño mecánico de mezclas de mortero fabricadas con áridos finos artificiales hechas con relaves de cobre

Vargas, Felipe\*<sup>1</sup>; Ríos, Guillermo\*

\* Institute of Civil Engineering Department, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Fecha de Recepción: 30/09/2024  
Fecha de Aceptación: 25/11/2024  
Fecha de Publicación: 30/12/2024  
PAG: 1-9

### Abstract

The construction and mining industries are among the most impactful on the environment. A significant issue in the mining industry is the generation of mine tailings, with copper tailings being among the most voluminous. One potential way to utilize them is as a replacement for fine aggregates, although they are extremely fine. Through an alkaline activation process, it is possible to agglomerate them and use them in mortar mixtures. This research used copper tailings to produce an artificial fine aggregate (AFA) through an alkaline agglomeration process and assessed its impact on mortar mixtures. The results demonstrate that it is feasible to manufacture an artificial fine aggregate by alkaline agglomeration using the proposed methodology. Also, it is shown that replacement levels up to 45% show improvements in the mechanical performance of the mortar mixes. Additionally, a decrease in the density of the mixtures was observed.

### Mechanical performance of concrete with artificial alkali activated cold bonded aggregates made from copper tailings

Felipe Vargas<sup>1</sup>, Patricio Alarcón<sup>1</sup>, Benjamín Muñoz<sup>2</sup>, Estefanía Loyola<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Civil Engineering, Austral University of Chile, General Lagos 2036, Valdivia, Chile

<sup>2</sup>Department of Construction Engineering and Management, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile

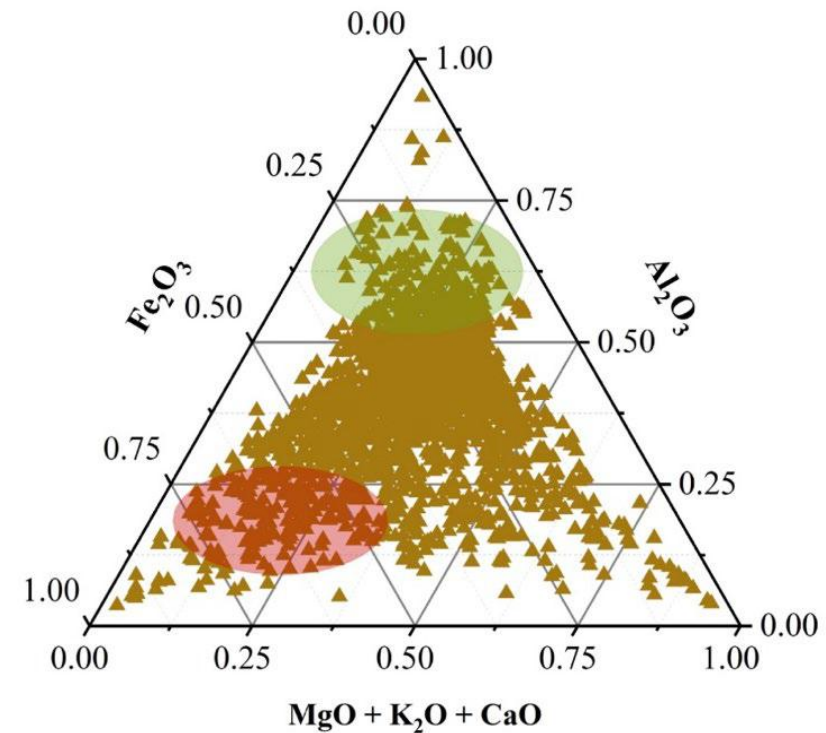
felipe.vargas01@uach.cl

**Abstract.** Copper tailings are a waste product from the mining industry, generated in large quantities with significant environmental impacts. On the other hand, the construction industry consumes substantial resources to meet its ever-growing demand. In this study, to address this issue, copper tailings were used as natural aggregate replacement. Two types of copper tailings were chemically and physically characterized. Coarse artificial aggregates were subsequently produced from these tailings using a cold alkaline activation process. The aggregates were evaluated for their mechanical strength, density, water absorption, chemical properties using FTIR, and internal structure via CT-Scan. Natural aggregates in concrete mixtures were then replaced with the artificial aggregates at levels of up to 100%, and the resulting mixtures were tested for compressive strength and tensile strength through splitting tests. The internal structure of the aggregates revealed high porosity and absorption, which correlate with the low reactivity of copper tailings under alkaline activation. FTIR analysis indicated a limited formation of alkali-activated products, although some agglomeration and sufficient strength were observed to enable the use of the aggregates. In terms of mechanical performance, reductions of up to 45% in strength were observed depending on the aggregate size at 100% replacement levels. Despite these reductions, the concrete demonstrated structural usability at significant replacement levels.

**Keywords:** alkali-activated materials; artificial aggregate; aggregate replacement; mechanical performance; physical characterization; chemical characterization

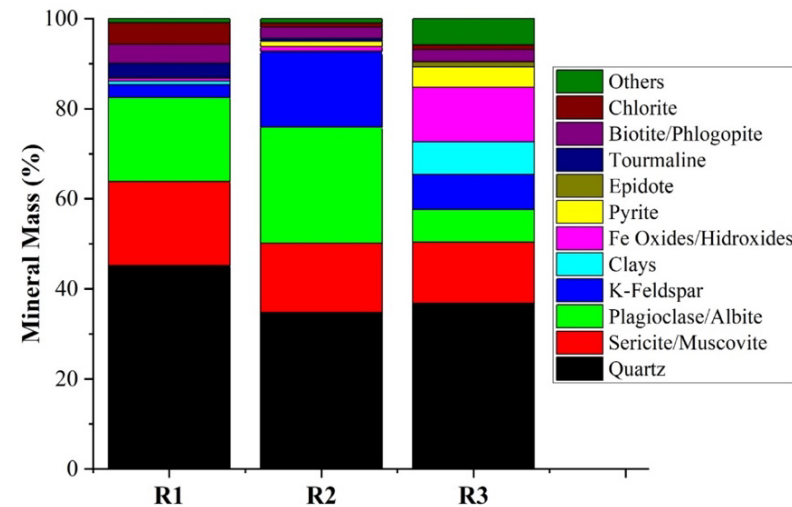
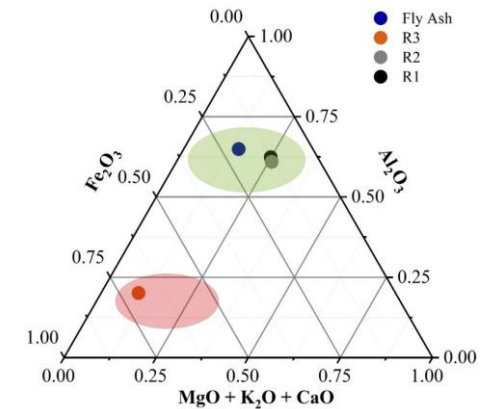
# Caracterización de Relaves para su función como materia prima para agregados artificiales

Basado en los relaves recolectados,  
se hizo una base de datos para ver  
que características químicas básicas  
permiten predecir su desempeño  
mecánico/reactividad



# Caracterización de Relaves para su función como materia prima para agregados artificiales

Se observan zonas de reactividad incrementada, basado en el diagrama ternario, que también se relaciona con la caracterización mineralógica de los relaves.





# Caracterización de Relaves para su función como materia prima para agregados artificiales



Article

## A Study on Copper Mine Tailings to Be Used as Precursor of Alkali-Activated Materials for Construction Applications

Luis Morales-Castro <sup>1</sup>, Estefanía Loyola <sup>2</sup>, Matías Castro-Quijada <sup>1</sup>, Felipe Vargas <sup>3</sup>, Ivan Navarrete <sup>2,4</sup>,  
Claudia Eugenin <sup>2</sup>, Carlos Marquardt <sup>1</sup> and Alvaro Videla <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Departamento de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago 6904411, Chile; luis.morales@uc.cl (L.M.-C.); mdcastroq@uc.cl (M.C.-Q.); cmarquardt@uc.cl (C.M.)

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago 6904411, Chile; efloyola@uc.cl (E.L.); linavarre@uc.cl (I.N.); coeugenin@uc.cl (C.E.)

<sup>3</sup> Instituto de Obras Cíviles, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, General Lagos 2086, Valdivia 5110566, Chile; felipe.vargas01@uach.cl

<sup>4</sup> Concrete Innovation Hub UC (CIHUC), Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago 6904411, Chile

\* Correspondence: avidela@uc.cl

### Abstract

This research presents a novel methodology to classify copper tailings according to their potential as alkali-activated materials (AAMs) for construction applications. The methodology includes geochemical and mineralogical characterization via QEMSCAN and X-ray fluorescence, with mechanical performance evaluation through compressive strength test (UCS). A three-phase diagram based on  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , and  $CaO-MgO-K_2O$  is proposed for a fast screening of copper tailing potential to be used as a construction material. In this paper, three copper tailings were chosen to test the methodology, and a set of five samples for each tailing have been geopolymerized for testing. Copper tailing samples were mixed with 0, 2.5, 5, 7.5 and 10% by mass of Ordinary Portland Cement (OPC) to evaluate the effect on performance when a chemical co-activator is used to improve material reactivity. Compressive strength testing was applied on  $2\text{ cm}^3$  cubes after 28 days of curing at  $60^\circ\text{C}$ , yielding values from 6 to 26.1 MPa. The best performing sample featured a  $Si/Al \cong 3$  ratio and a mineralogy with significant presence of reactive species such as plagioclase and K-feldspar ( $\cong 42\%$ ). In contrast, high levels of  $Fe_2O_3$  ( $\geq 12\%$ ), clay ( $\geq 7\%$ ), and pyrite ( $\geq 4\%$ ) were associated with reduced mechanical performance.



Academic Editor: Elisabe Kearsley

Received: 22 July 2025

Revised: 13 August 2025

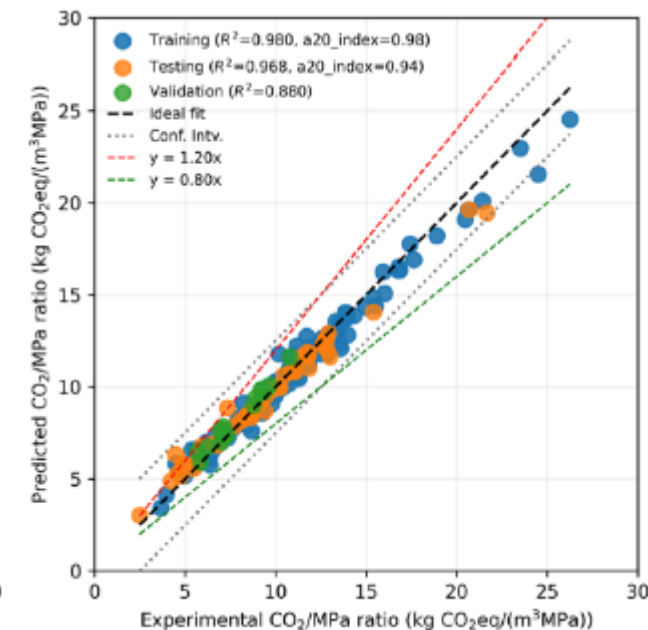
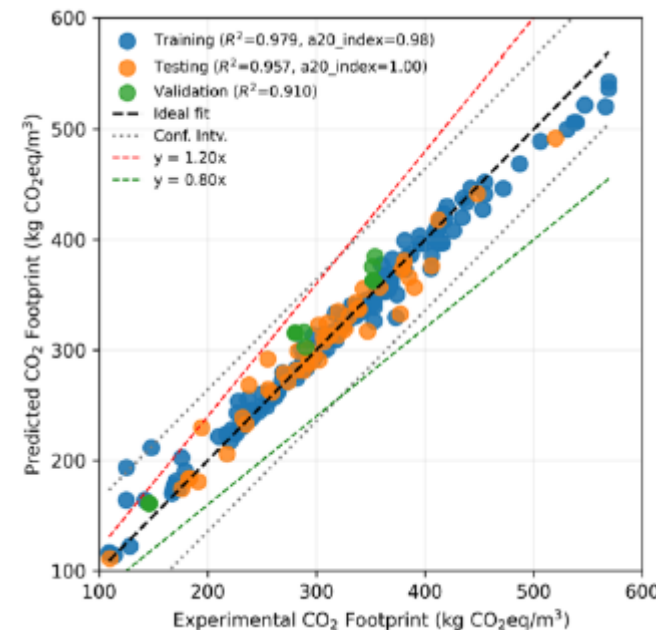
Accepted: 20 August 2025

Published: 23 August 2025

Citation: Morales-Castro, L.; Loyola,

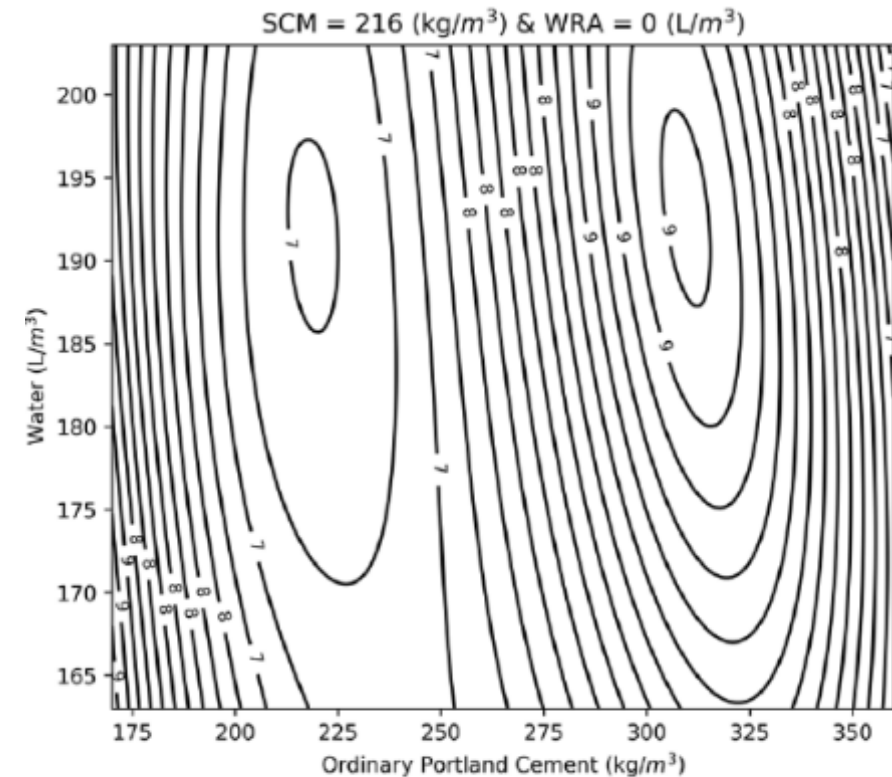
# Relaves como SCM, uso en mezclas cementicias

Usando 3 modelos de machine learning, se incorporó el efecto de SCM en mezclas de hormigón bajo esos parámetros



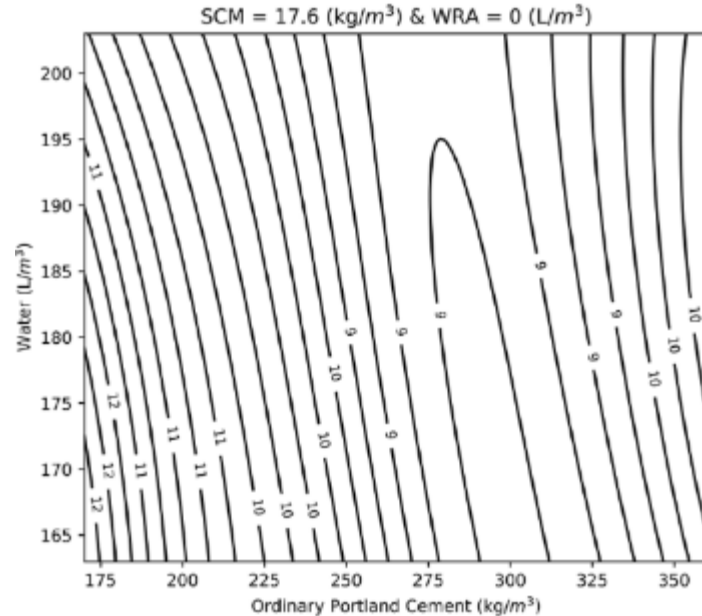
# Relaves como SCM, uso en mezclas cementicias

Con esto, se plotearon los cambios en variables versus  $\text{CO}_2\text{-eq/Mpa}$ , encontrando óptimos para distintos tipos de diseño

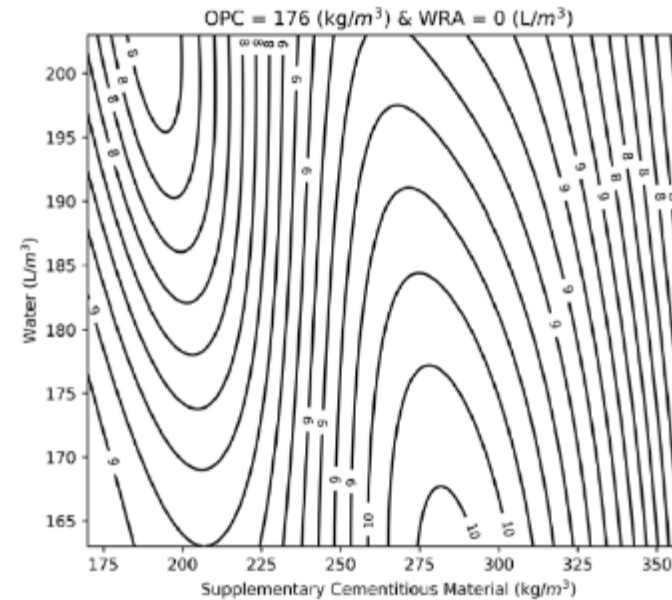


(d) High SCM and non-WRA

# Relaves como SCM, uso en mezclas cementicias



(c) Low SCM and non-WRA



(e) Low OPC and non-WRA

# Relaves como SCM, uso en mezclas cementicias



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Case Studies in Construction Materials

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cscm](http://www.elsevier.com/locate/cscm)



---

Short communication

### Machine learning-based estimation of CO<sub>2</sub> footprint and environmental-mechanical performance of blended cement concrete

Felipe Vargas <sup>a</sup>, Iván La Fé-Perdomo <sup>b</sup>, Jorge A. Ramos-Grez <sup>c,d</sup>, Ivan Navarrete <sup>e,f,\*</sup>

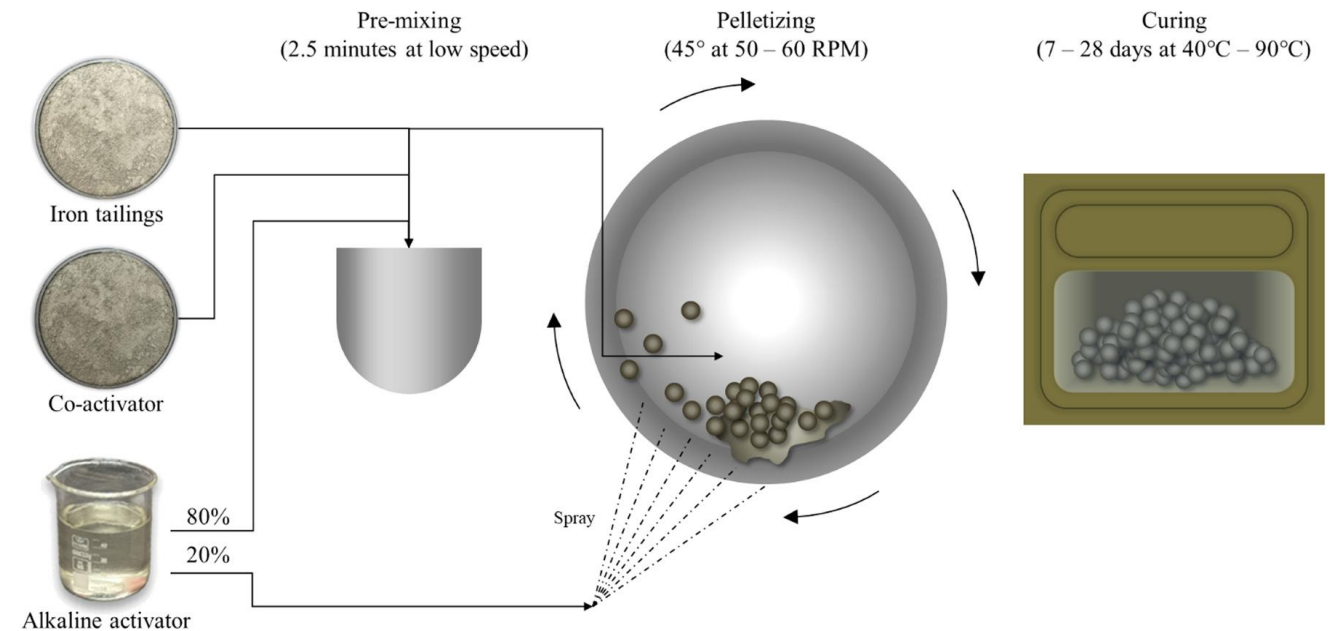
<sup>a</sup> Institute of Civil Engineering, Austral University of Chile, General Lagos 2086, Valdivia, Chile  
<sup>b</sup> Escuela de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso 2340025, Chile  
<sup>c</sup> Department of Mechanical and Metallurgical Engineering, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile  
<sup>d</sup> Research Center for Nanotechnology and Advanced Materials (CIEN-UC), Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile  
<sup>e</sup> Department of Construction Engineering and Management, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile  
<sup>f</sup> Concrete Innovation Hub UC (CIHUC), Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile





# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón

En el contexto del proyecto, se probó además el uso de relaves de hierro, bajo el mismo proceso, para la fabricación de agregados artificiales y su uso en hormigón



# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón

Primero, se optimizó el diseño de los agregados, analizando variables como tiempo de curado, temperatura, tamaño de partícula, dosis de activador y de co-activador. Para esto, se utilizó un SOPR (second order polynomial regresión model) para formular un DE  $2^5$  de puntos axiales

Series 1 mixes.

Run	Mix Code	t <sub>i</sub> (day)	T (°C)	D <sub>T</sub> (mm)	M <sub>NaOH</sub> (M)	C <sub>opc</sub> (%)
1	S1-7-2.5-2.5	7	40	7	2.5	2.5
2		28	40	7	2.5	2.5
3		7	90	7	2.5	2.5
4		28	90	7	2.5	2.5
5	S1-20-2.5-2.5	7	40	20	2.5	2.5
6		28	40	20	2.5	2.5
7		7	90	20	2.5	2.5
8		28	90	20	2.5	2.5
9	S1-7-10-2.5	7	40	7	10	2.5
10		28	40	7	10	2.5
11		7	90	7	10	2.5
12		28	90	7	10	2.5
13	S1-20-10-2.5	7	40	20	10	2.5
14		28	40	20	10	2.5
15		7	90	20	10	2.5
16		28	90	20	10	2.5
17	S1-7-2.5-10	7	40	7	2.5	10
18		28	40	7	2.5	10
19		7	90	7	2.5	10
20		28	90	7	2.5	10
21	S1-20-2.5-10	7	40	20	2.5	10
22		28	40	20	2.5	10
23		7	90	20	2.5	10
24		28	90	20	2.5	10
25	S1-7-10-10	7	40	7	10	10
26		28	40	7	10	10
27		7	90	7	10	10
28		28	90	7	10	10
29	S1-20-10-10	7	40	20	10	10
30		28	40	20	10	10
31		7	90	20	10	10
32		28	90	20	10	10
33	S1-13.5-6.25-6.25	7	65	13.5	6.25	6.25
34		28	65	13.5	6.25	6.25
35		18	40	13.5	6.25	6.25
36		18	90	13.5	6.25	6.25
37	S1-7-6.25-6.25	18	65	7	6.25	6.25
38		18	65	20	6.25	6.25
39		18	65	13.5	2.5	6.25
40		18	65	13.5	10	6.25
41	S1-13.5-6.25-2.5	18	65	13.5	6.25	2.5
42		18	65	13.5	6.25	10
43		18	65	13.5	6.25	6.25
44		18	65	13.5	6.25	6.25

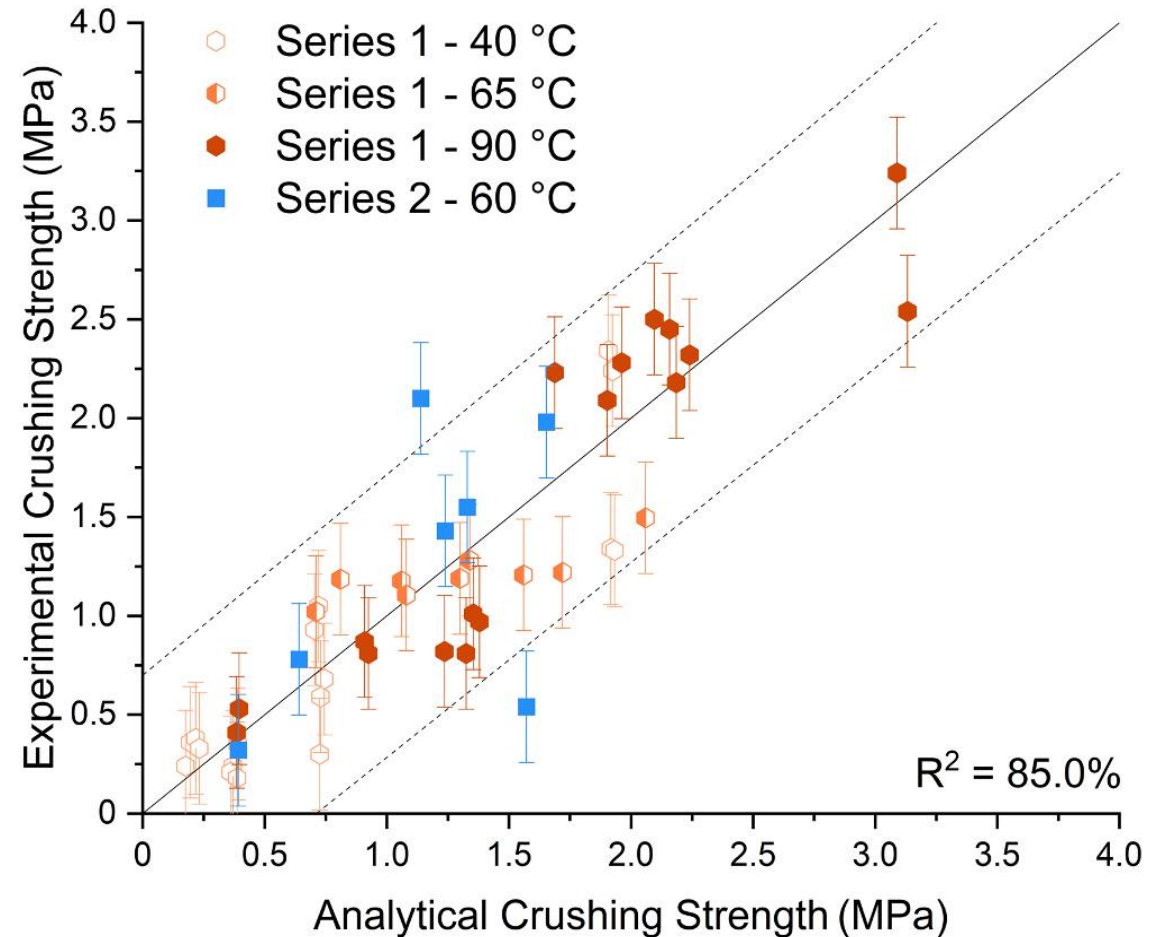
# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón

Los resultados permitieron buscar un optimo mediante un el modelo

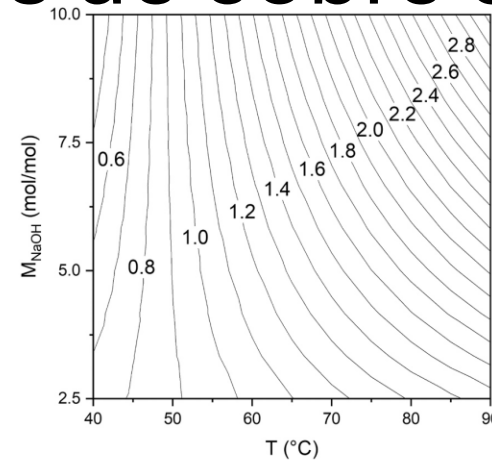
$$f'_{ic} = \beta_1 \bullet T + \beta_2 \bullet M_{NaOH} + \beta_3 \bullet C + \beta_4 \bullet D_R^2 + \beta_5 \bullet T \bullet M_{NaOH} + \beta_6 \bullet T \bullet C_{OPC} + \beta_7 \bullet T \bullet D_R + \beta_8 \bullet M_{NaOH} \bullet C_{OPC}$$

SOPR model summary and coefficients results.

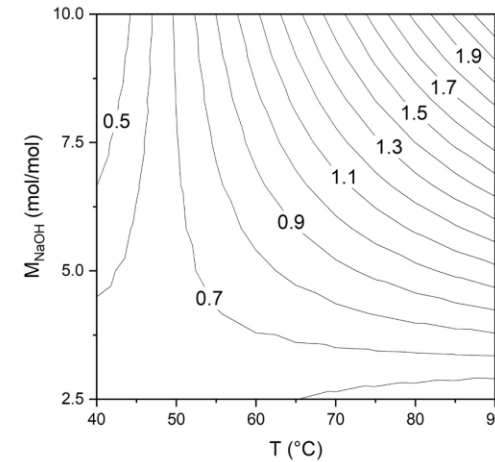
	Coefficient	Standard error	T-statistic	P-value	95 % C.I. (±)
$\beta_1$	+ $1.49 \bullet 10^{-2}$	$4.14 \bullet 10^{-3}$	+ 3.61	$9.54 \bullet 10^{-4}$	$8.39 \bullet 10^{-3}$
$\beta_2$	- $2.03 \bullet 10^{-1}$	$4.05 \bullet 10^{-2}$	- 5.02	$1.51 \bullet 10^{-5}$	$8.21 \bullet 10^{-2}$
$\beta_3$	+ $2.97 \bullet 10^{-1}$	$4.00 \bullet 10^{-2}$	+ 7.41	$1.14 \bullet 10^{-8}$	$8.12 \bullet 10^{-2}$
$\beta_4$	+ $1.89 \bullet 10^{-3}$	$7.54 \bullet 10^{-4}$	+ 2.51	$1.67 \bullet 10^{-2}$	$1.53 \bullet 10^{-3}$
$\beta_5$	+ $5.44 \bullet 10^{-3}$	$5.63 \bullet 10^{-4}$	+ 9.66	$2.09 \bullet 10^{-11}$	$1.14 \bullet 10^{-3}$
$\beta_6$	- $1.88 \bullet 10^{-3}$	$5.58 \bullet 10^{-4}$	- 3.37	$1.84 \bullet 10^{-3}$	$1.13 \bullet 10^{-3}$
$\beta_7$	- $1.37 \bullet 10^{-3}$	$3.19 \bullet 10^{-4}$	- 4.31	$1.27 \bullet 10^{-4}$	$6.47 \bullet 10^{-4}$
$\beta_8$	- $2.43 \bullet 10^{-2}$	$4.14 \bullet 10^{-3}$	- 5.87	$1.15 \bullet 10^{-6}$	$8.41 \bullet 10^{-3}$



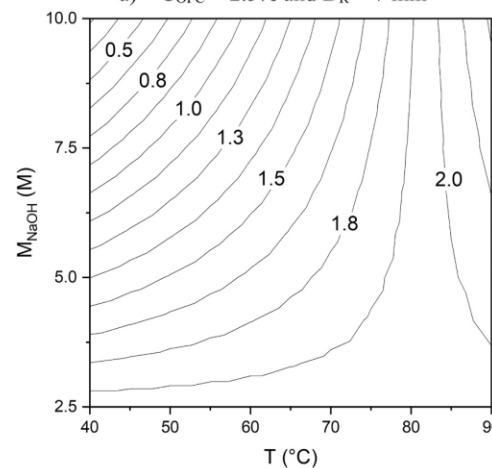
# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón



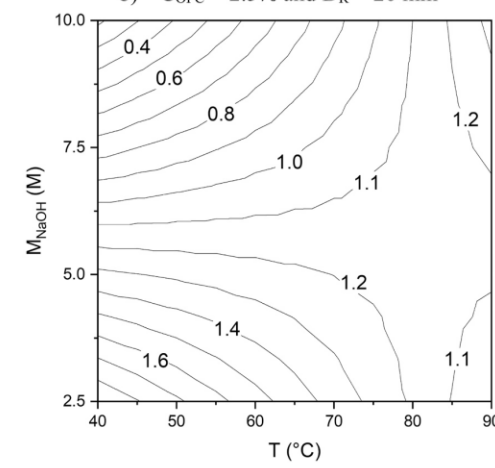
a)  $C_{OPC} = 2.5\%$  and  $D_R = 7$  mm



b)  $C_{OPC} = 2.5\%$  and  $D_R = 20$  mm



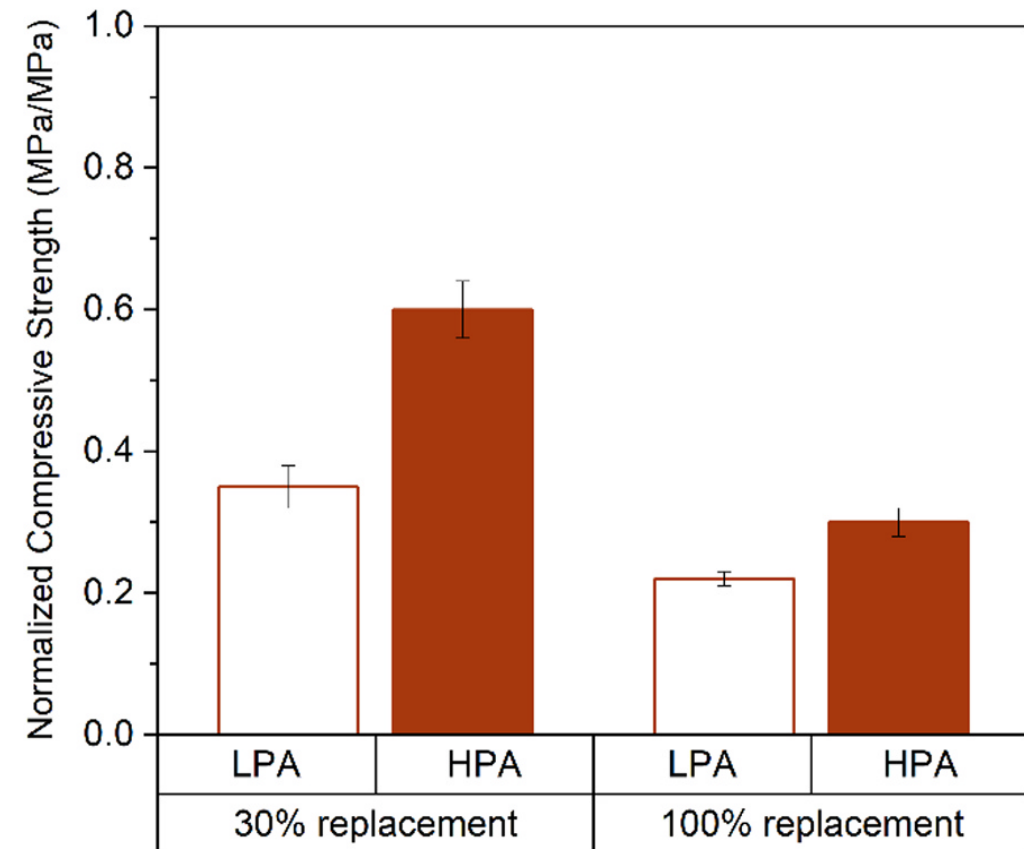
c)  $C_{OPC} = 10\%$  and  $D_R = 7$  mm



d)  $C_{OPC} = 10\%$  and  $D_R = 20$  mm

# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón

Una vez optimizada la fabricación de agregados, se elaboraron mezclas de hormigón con 2 tipos de agregados artificiales





# Uso de relaves de cobre en mezclas de hormigón



## Impact of mixture design and production parameters on the crushing strength of cold-bonded alkali activated aggregates made from iron tailings

Estefania Loyola <sup>a</sup>, Claudia Eugenin <sup>a,\*,</sup>, Felipe Vargas <sup>b,\*,</sup>, Alvaro Videla <sup>c,d,</sup>,  
Ivan Navarrete <sup>a,c,</sup>

<sup>a</sup> Department of Construction Engineering and Management, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile

<sup>b</sup> Institute of Civil Engineering, Austral University of Chile, General Lagos, Valdivia 2006, Chile

<sup>c</sup> Department of Mining Engineering, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile

<sup>d</sup> UC Energy Center, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile

<sup>e</sup> Concrete Innovation Hub UC (CIHUC), Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Alkali-activated materials  
Iron mine tailings  
Factorial experimental design  
Concrete

### ABSTRACT

This study explores the production and performance of cold-bonded alkali-activated artificial aggregates (CB-AAA) made from highly crystalline iron tailings, a low-reactivity mining by-product. A factorial experimental design was used to assess the influence of five key parameters on crushing strength: aggregate particle size, alkaline activator molarity, co-activator dosage, curing temperature, and curing time. The resulting aggregates exhibited bulk densities from 824 to 1002 kg/m<sup>3</sup>, water absorption between 14.78 % and 25.68 %, and crushing strengths ranging from 0.18 to 3.24 MPa. A second-order polynomial regression model was developed and validated, identifying curing temperature as the most significant factor. To evaluate structural applicability, concrete specimens were prepared with 30 % and 100 % replacement of natural coarse aggregates. Higher-quality CB-AAA mitigated compressive strength losses, with partial replacement mixtures retaining up to 60 % of the reference strength. These results demonstrate the feasibility of using iron tailings in low-carbon construction materials despite the low reactivity of these waste materials, and they offer new insights into the role of mixture design and processing conditions in optimizing the performance of CB-AAA for concrete applications.

# Objetivos del Proyecto

Considerando que una de las principales variables del proceso de fabricación de los agregados artificiales es la dosificación y la reactividad de los relaves, se plantearon los siguientes objetivos:

1. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la fabricación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
2. Evaluar y comprender el efecto de la relación agua/agente cementante en la calidad y estructura de productos geopoliméricos en mezclas con relaves de cobre como componente principal.
3. Evaluar y comprender el efecto del uso de procesos geopoliméricos en el comportamiento de lixiviación de agregados geopoliméricos peletizados elaborados con relaves de cobre.
4. Evaluar el desempeño ambiental de agregados artificiales fabricados mediante geopolimerización y peletización de relaves de cobre.

# Muchas Gracias