



WEBINAR

Avances y tecnologías para el procesamiento y uso de áridos reciclados

Recomendaciones para el uso de áridos
reciclados en elementos constructivos.

Viviana Letelier Gonzalez

Abril de 2024

Organizan:



RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

¿Que son?

Dependiendo del material de origen u procedencia procesado se pueden encontrar diferentes tipos de áridos reciclados, según pRNCh163 se tienen:

Áridos reciclados:

Obtenidos del procesamiento industrial de materiales usados previamente en la construcción de elementos de hormigón o de la demolición de obras de construcción.

Áridos reciclado de hormigón endurecido:

Obtenidos mediante un proceso industrial de trituración y lavado de hormigón endurecido que haya sido utilizado o no en obras, y que no contenga material organico o inorganico en forma significativa.

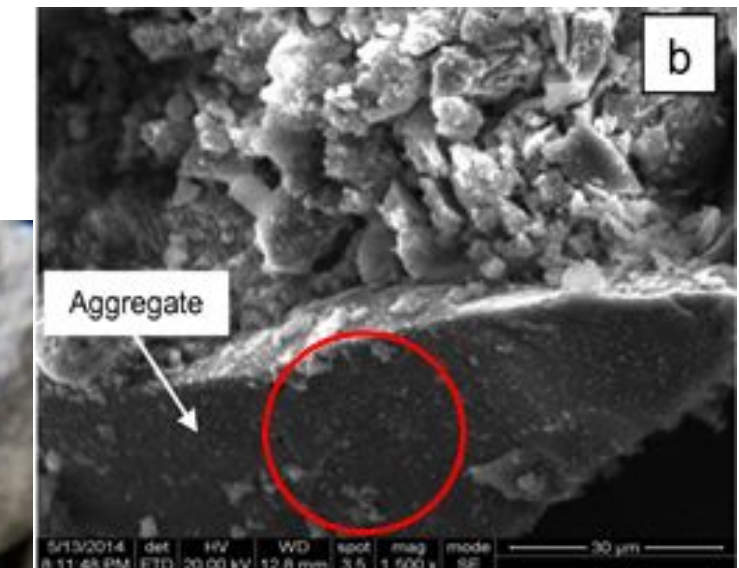
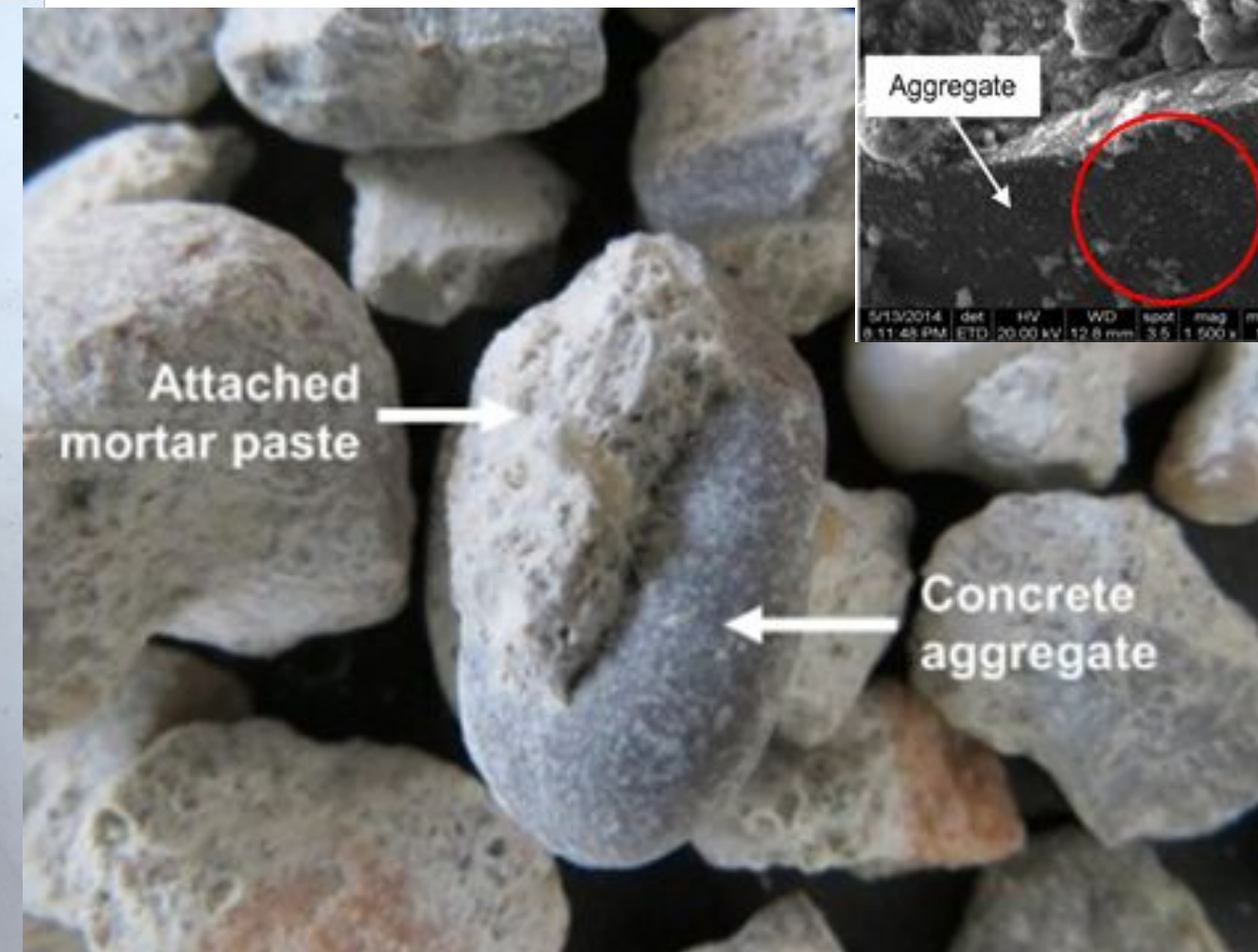
Áridos reciclado sin clasificar de obras de construcción:

Material que contiene diversos productos provenientes de obras de construcción y/o demolición y que no ha sido sometido a procesos de clasificación y lavado.



RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Características de los áridos reciclados de hormigón



RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Hormigón,
el material constructivo más utilizado a nivel mundial.

Problemática asociada

Áridos reciclados,
Alternativa efectiva, con propiedades más sustentables, frente a soluciones existentes.

Oportunidad

1 **Residuos de construcción y demolición.**
Entre el 26% y 34% de residuos sólidos de Chile son generados por el sector de la construcción. Su mala disposición de estos produce impactos ambientales, sociales y económicos



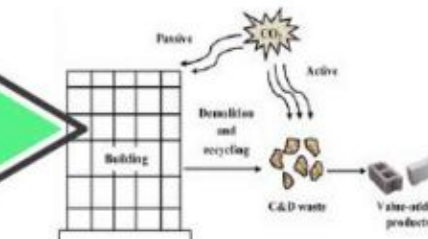
Revalorización de escombros de hormigón

2 **Nuevas tendencias de economía circular**
Al igual que Chile, en otros países debido a la escasez de materia prima ya se han desarrollado diversas normativas que aceptan el uso de áridos reciclados, sin embargo su porcentaje de incorporación es bajo.



Reemplazo de la materia prima con áridos reciclados mejorados

3 **Emisiones**
En la producción de cemento, principal materia prima del hormigón y responsable del 80-90% de las emisiones de CO2 del hormigón representa entre un 8%- 10% de las emisiones antropogénicas de CO2 en el mundo.



Secuestro de CO2 en áridos reciclados de hormigón



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Características de los áridos reciclados de hormigón

En base a los trabajos realizados en laboratorio UFRO

	AGREGADOS FINOS	AGREGADOS GRUESOS
ABSORCIÓN (%)	7 - 13	4 - 7
DESGASTE L.A (%)	-	20 - 40
DENSIDAD SECA (KG/M3)	2.120 - 2.300	2.280-2.550

RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

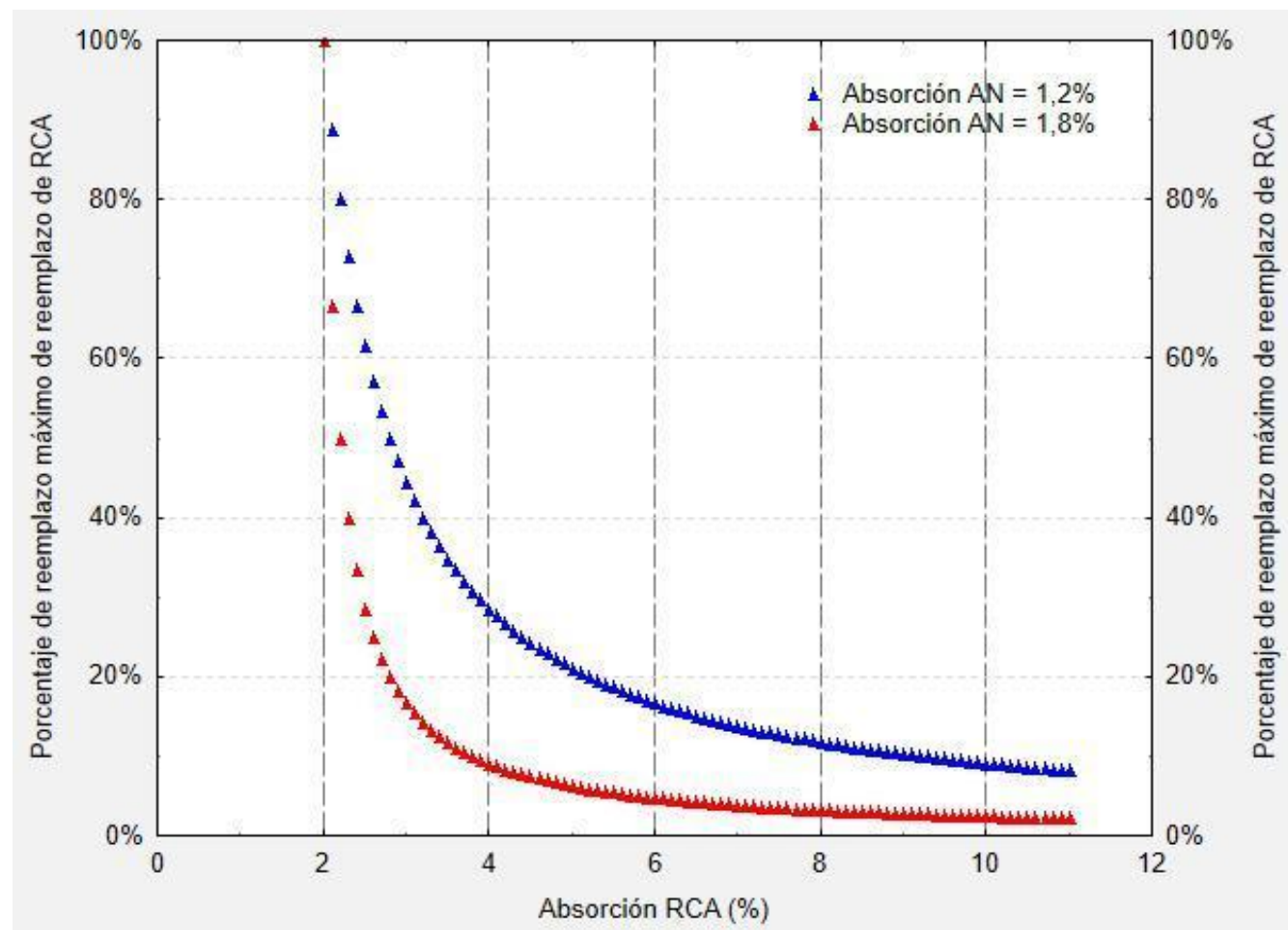


Tabla 1 - Requisitos físicos

Requisitos (D)	Valores límites		Norma de ensayo
	Árido Grueso	Árido fino	
1 Granulometría	Ver Tabla 5	Ver Tabla 4	NCh165
2 Material fino menor que 0,075 mm, a) Áridos naturales, % máx b) Áridos procesados, % máx	1,0 1,0	5,0 7,0	NCh1223
3 Equivalente de arena, % mín.	-	75	NCh1325
4 Absorción de agua (porosidad) Áridos naturales y procesados, % máx.	2,0 NCh1117	3,0 NCh1239	
5 Resistencia al desgaste Máquina de Los Ángeles, % máx	35	-	NCh1369
6 Coeficiente de forma, % mín	80	-	NCh3240
7 Partículas desmenuzables, % máx.	5,0	3,0	NCh1327
8 Resistencia a la desintegración por sulfatos (B) a) Con sulfato de sodio, % máx. b) Con sulfato de magnesio, % máx.	10,0 15,0	10,0 15,0	NCh1328
9 Índice de trituración (C) a) Hormigón sometido a desgaste, % máx. b) Para todo otro hormigón, % máx.	20,0 30,0	4,0 5,0	Anexo B
10 Partículas chancadas, % mín. a) Hormigón sometido a flexotracción b) Otros hormigones	50 -		Anexo A
11 Carbón y lignito, % máx. a) Hormigón a la vista b) Otros hormigones	0,5 1,0	0,5 1,0	ASTM C123
<p>A) En caso que el contenido de finos del árido fino sea mayor al indicado en la Tabla y/o el equivalente de arena sea menor a 75%, proceder según 5.2.</p> <p>B) El ensayo es optativo con cualquiera de las sales.</p> <p>C) Este método se utiliza tanto como complemento del Ensayo de Desgaste de Los Ángeles o para sustituirlo cuando no se disponga de éste, según lo indicado en Anexo B.</p> <p>D) En caso que los áridos no cumplan algunos de los requisitos indicados en esta Tabla y que éstos puedan afectar la durabilidad del hormigón o mortero, se debe verificar que el hormigón o mortero cumple lo establecido en las normas NCh170 y NCh2256/1 y las Especificaciones Técnicas del proyecto específico mediante un estudio técnico y la realización de mezclas de prueba (ver Anexo G).</p>			



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

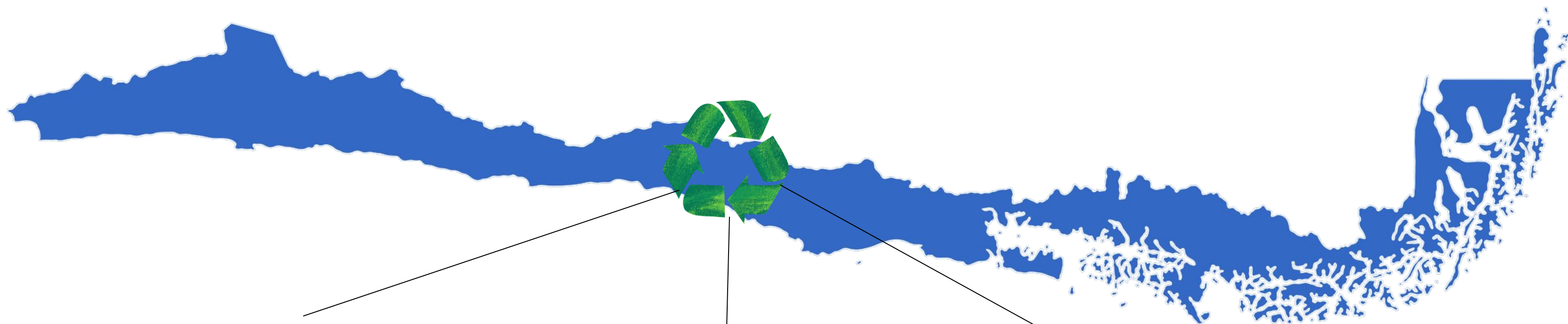


PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS



REVALORIZA
Región de Valparaíso



RIO CLARO
Región Metropolitana



GREENREC-LEPANTO
Región Metropolitana



RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Las 3 regiones con plantas de RCD
podrían suplir un **30%**
de la extracción de recursos naturales
a nivel nacional.



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

El presente proyecto tiene relación con el desarrollo de tecnologías a nivel de prototipo que permitan aportar a la problemática asociada a la menor calidad, respecto a los áridos naturales, de los áridos reciclados de hormigón que limita la cantidad con la cual se incorporan en nuevos materiales constructivos.

✓:apa 1:

Desarrollo y comparación de métodos para mejorar la microestructura de los AR a través de la formación de calcita, con objeto de maximizar la mejora de las propiedades de los AR, así como la absorción de CO₂.

✓:apa 2:

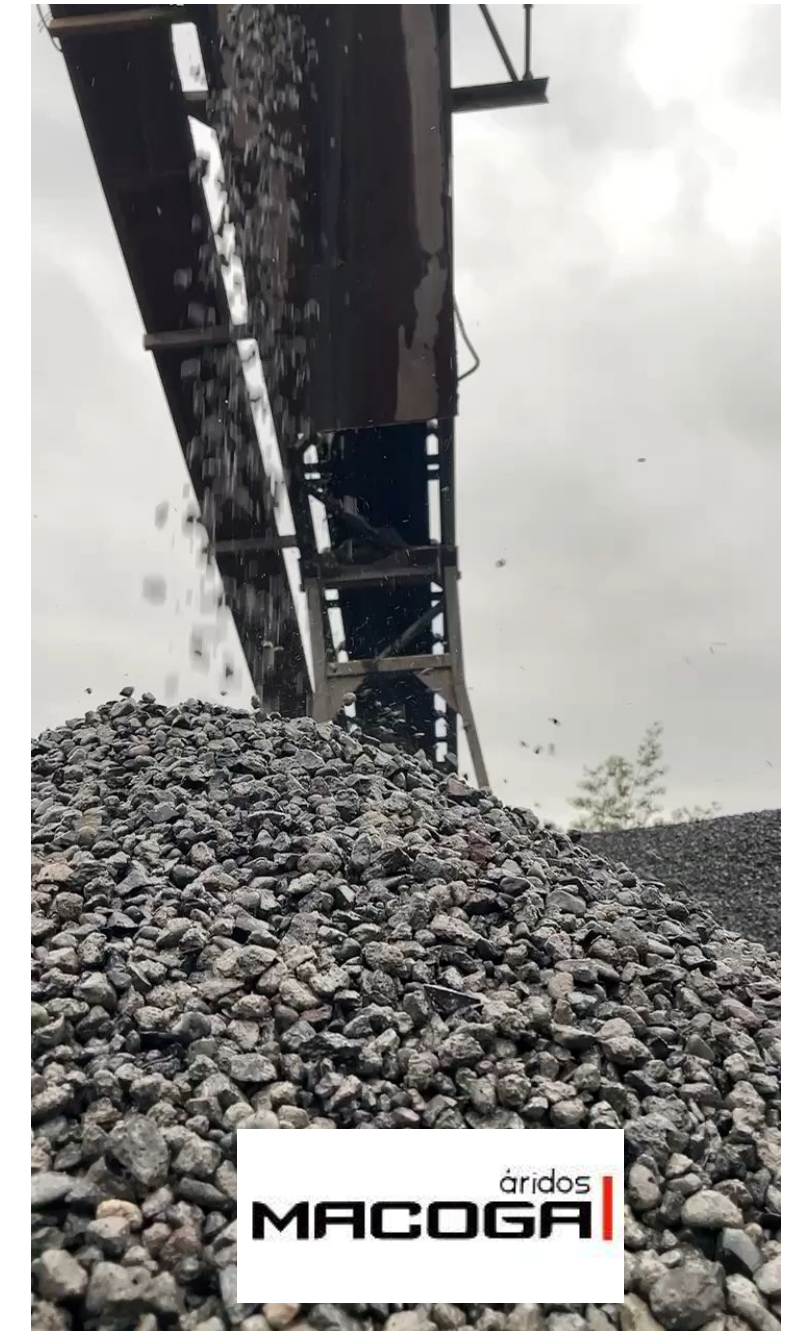
La evaluación de las principales utilidades de AR en materiales de construcción como bases y subbases de carretera y materiales en base a cemento. Con el objetivo de validar a escala piloto (tramo de prueba) las tecnologías desarrolladas en la Etapa 1.



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

Producción



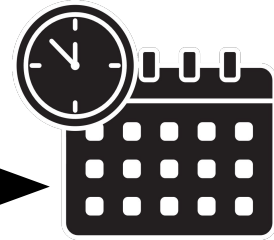
FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

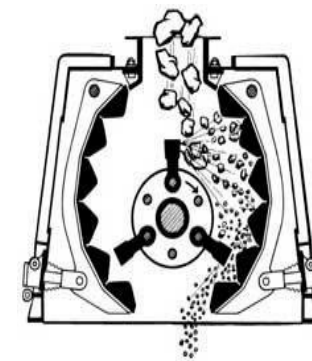
Demolición



Curado



7 días



Tritura de mandíbulas



28 días



Hormigón

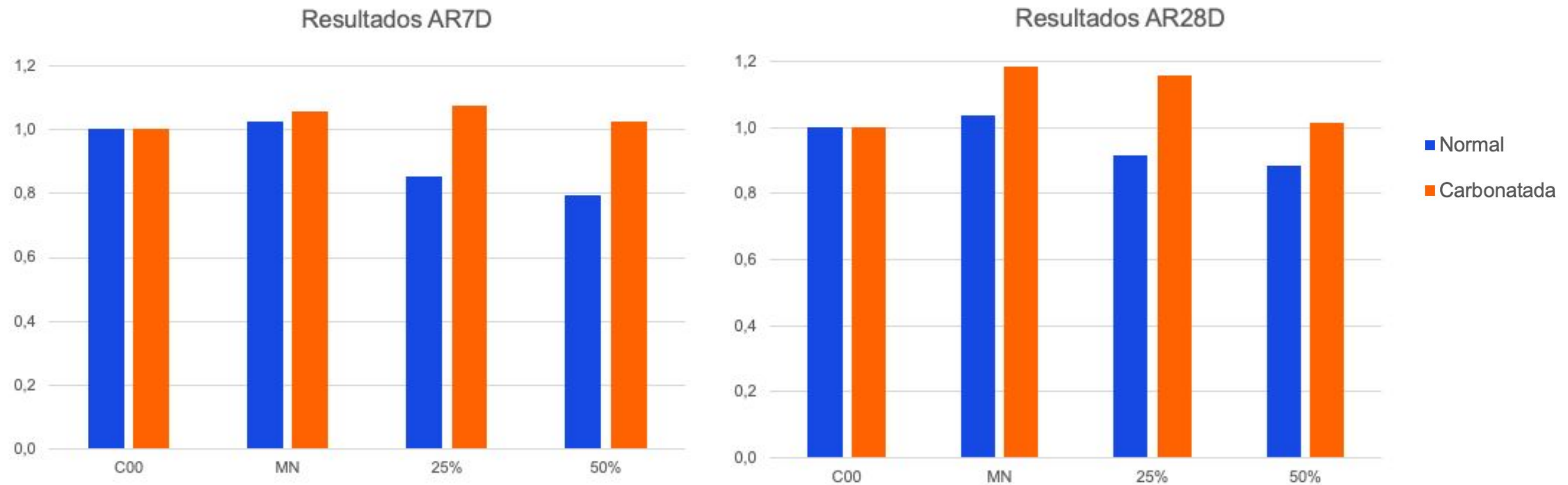
- 25 MPa resistencia especificada

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Resultados preliminares Áridos Reciclados - Hormigón

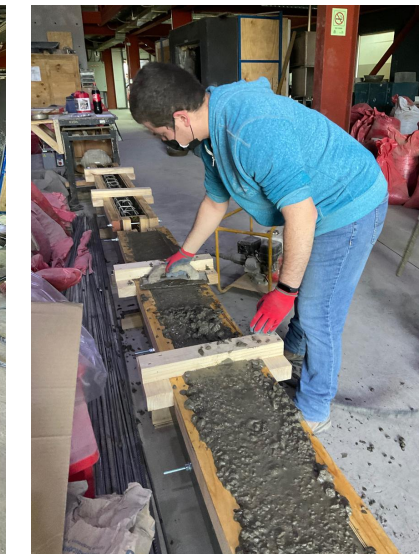
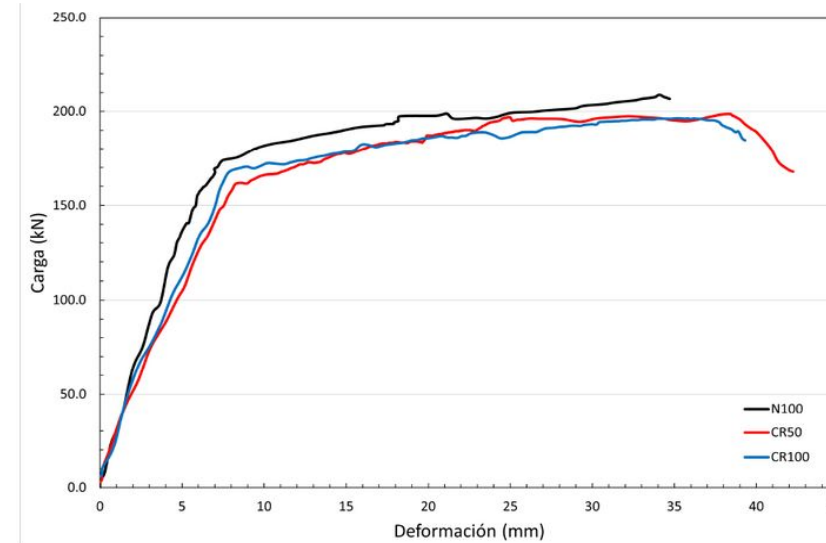
Resistencia a la compresión a los 28 días



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Experiencias con estudiantes de pregrado de la Universidad de La Frontera



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



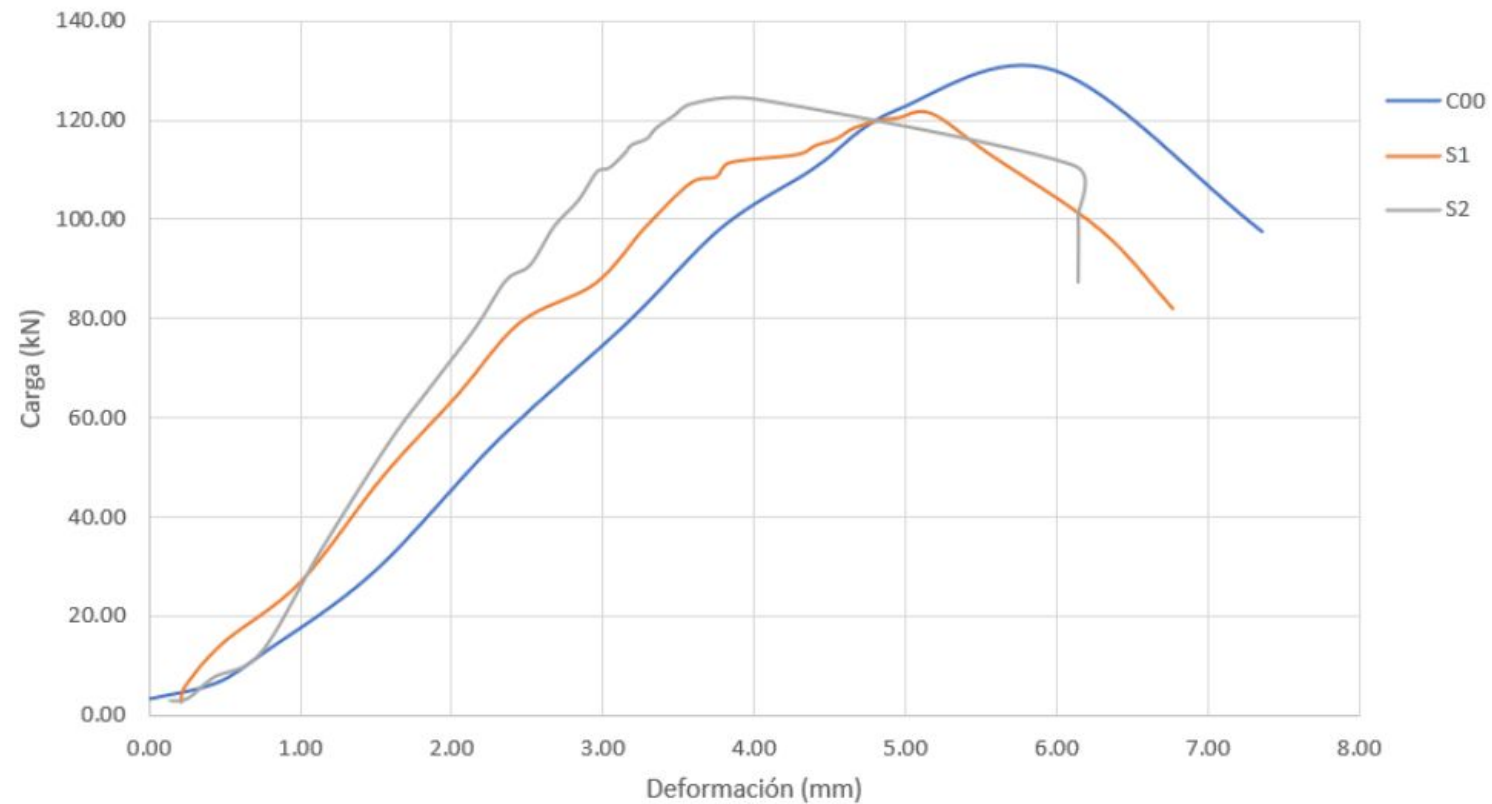
RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Resultados Áridos Reciclados - Vigas

Esfuerzo vs Deformación

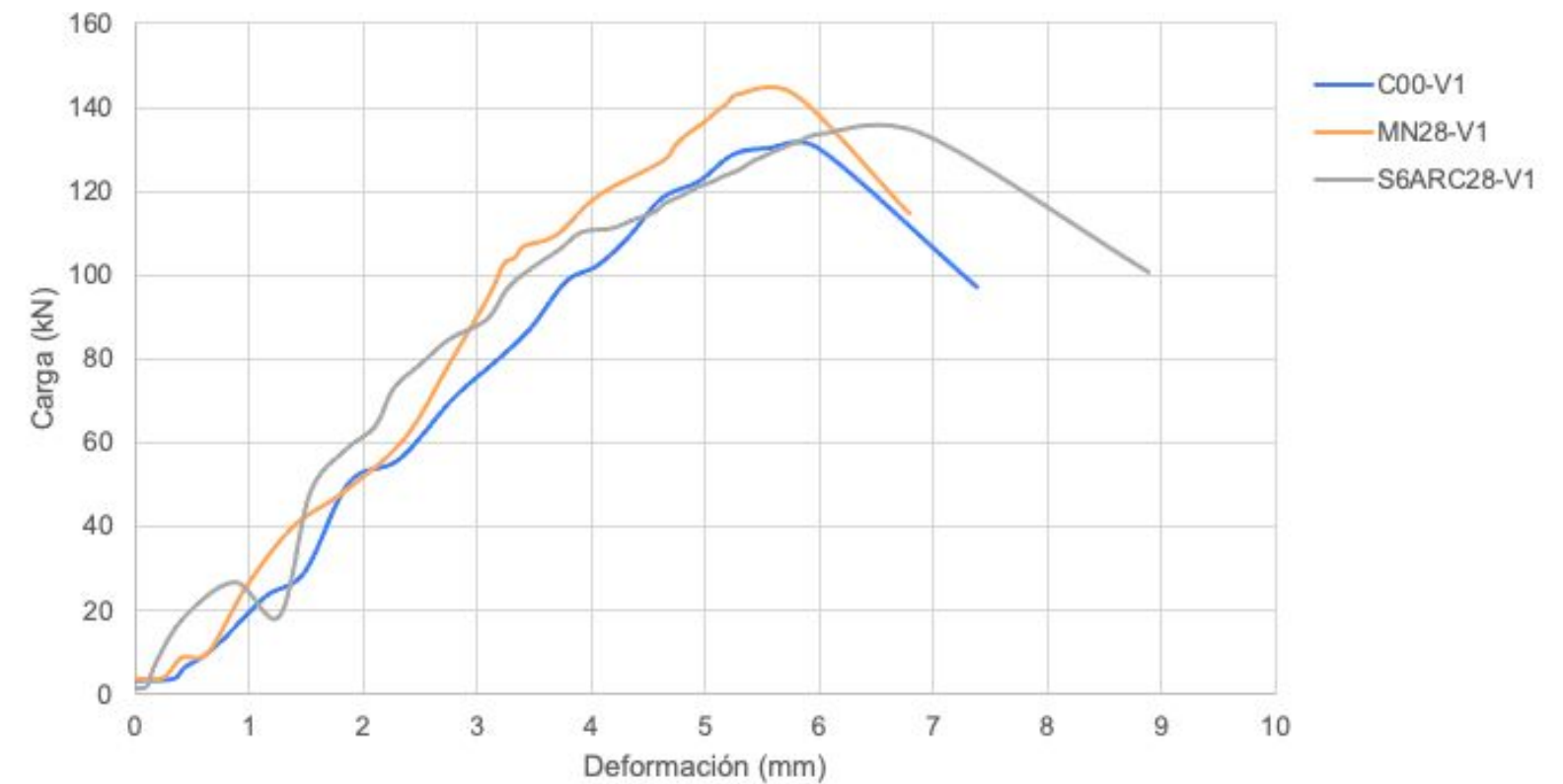


C00: CONTROL

S1: 50% de AR28

S2: 10% de AR28

Esfuerzo vs Deformación



C00: CONTROL

MN28: 10,49 % de reemplazo con ARC28

S6ARC28: 50 % de reemplazo con ARC28



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

El presente proyecto tiene relación con el desarrollo de tecnologías a nivel de prototipo que permitan aportar a la problemática asociada a la menor calidad, respecto a los áridos naturales, de los áridos reciclados de hormigón que limita la cantidad con la cual se incorporan en nuevos materiales constructivos.

✓:apa 1:

Desarrollo y comparación de métodos para mejorar la microestructura de los AR a través de la formación de calcita, con objeto de maximizar la mejora de las propiedades de los AR, así como la absorción de CO₂.

✓:apa 2:

La evaluación de las principales utilidades de AR en materiales de construcción como bases y subbases de carretera y materiales en base a cemento. Con el objetivo de validar a escala piloto (tramo de prueba) las tecnologías desarrolladas en la Etapa 1.



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

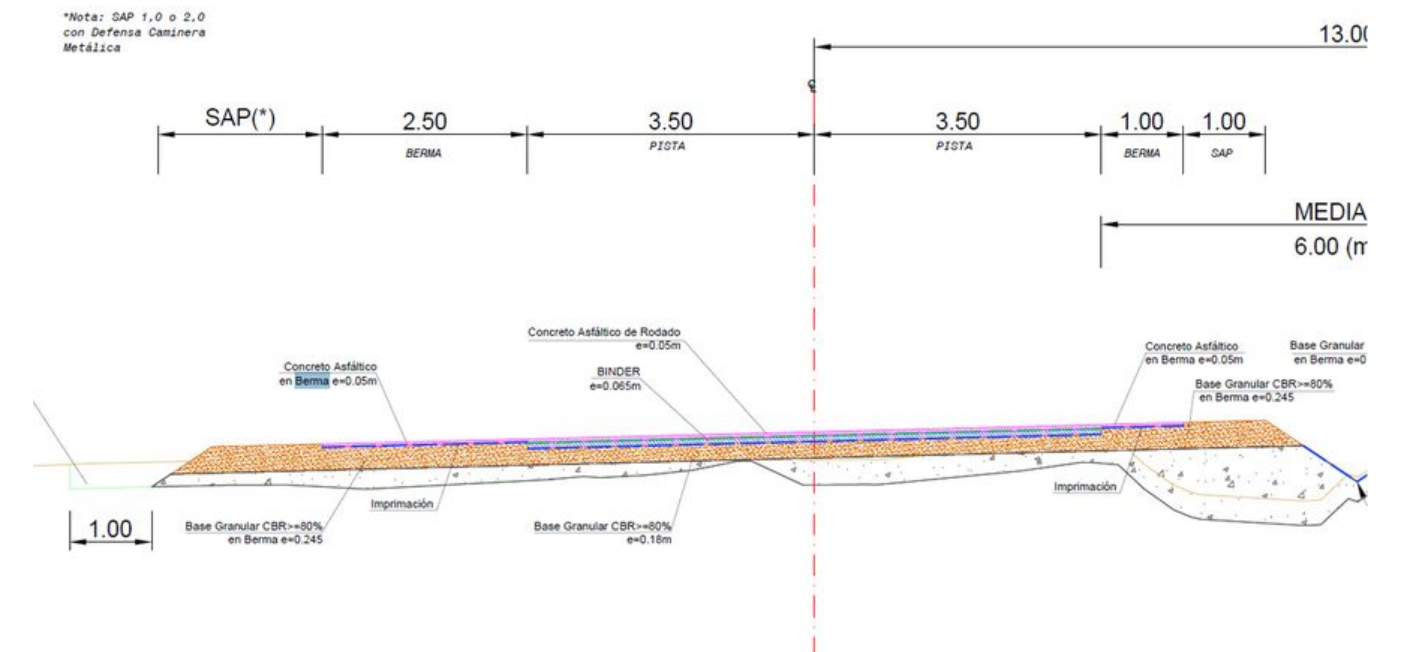
Requisitos

Concesión Ruta 66 - Camino de La Fruta

**TABLA 8.101.1.B
BANDAS GRANULOMETRICAS PARA SUBBASE, BASES Y CAPAS DE RODADURA**

Tamiz (mm)	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
50	100	100	100				
40	-	70 - 100	-	100	100	100	
25	55 - 100	55 - 85	70 - 100	70 - 100	80 - 100	80 - 100	100
20	-	45 - 75	60 - 90	50 - 80	-	-	70 - 100
10	30 - 75	35 - 65	40 - 75	25 - 50	50 - 80	50 - 80	50 - 80
5	20 - 65	25 - 55	30 - 60	10 - 30	35 - 65	35 - 65	35 - 65
2.5	-	-	-	5 - 15	-	-	-
2	10 - 50	15 - 45	15 - 45	-	25 - 50	25 - 50	25 - 50
0,5	5 - 30	5 - 25	10 - 30	0 - 5	10 - 30	15 - 30	10 - 30
0,08	0 - 20	0 - 10	0 - 15	0 - 3	5 - 15	5 - 20	0 - 15

- CBR: $\geq 80\%$ determinado al 95% de la D.M.C.S
- Desgaste L.A: Máx. 35%
- Limite Liquido: Máx. 25%
- IP: Máx. 6%

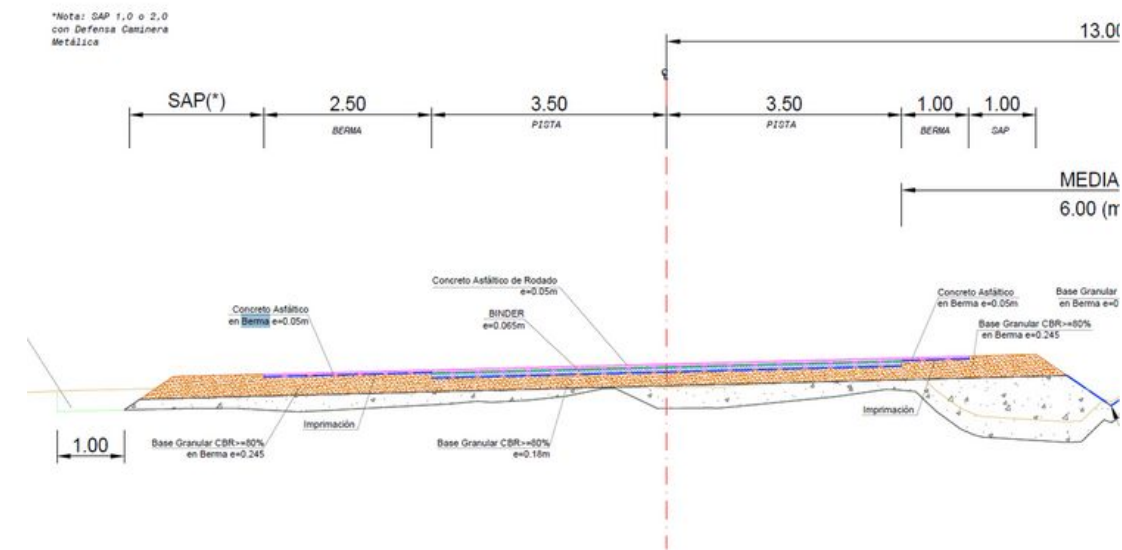


FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

Tramo de prueba en Concesión Ruta 66 - Camino de La Fruta

- ✓ Ajuste a banda granulométrica TM-25
- ✓ Densidad máxima compactada en seco **1890 KG/M3**
- ✓ CBR **108**
- ✓ Desgaste de los ángeles **26%**



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

	CONCESION RUTA 66 - CAMINO DE LA FRUTA	Rev.0			
CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE MATERIALES		<i>LABORATORIO AUTOCONTROL</i>			
CERT. INFORMATIVO N°		154			
ITEM	5.302-1 Bases Granulares				
TIPO DE CONTROL	Análisis de Material				
ENSAYE	Granulometria, Proctor, CBR, Desgaste los Angeles, EA, Limite de consistencia.				
FECHA DE EMISIÓN	07-09-2023				
Muestra N°	1070				
Fecha Muestreo	24-08-2023				
Tramo	-				
Procedencia	Reciclado				
Pk Muestreo	Planta Til-Til				
Material	Reciclado				
Faja	-				
Calicata	-				
Estrato	-				
Profundidad (m)	-				



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						Especificación TM-25
8"	-					
6"	-					
4"	-					
3"	-					
2 1/2"	-					
2"	-					
1 1/2"	-					
1"	100					100
3/4"	93					70 - 100
1/2"	76					-
3/8"	69					50 - 80
Nº 4	44					35 - 65
Nº 10	29					25 - 50
Nº 40	12					10 - 30
Nº 200	8					0 - 15



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

CONSTANTES

D.M.C.H (Kg/m ³)	2.128					--
H. OPT. (%)	12,4					--
D.M.C.S (Kg/m ³)	1.890					
CBR (%)	108					Min 80%
CU (C. Uniformidad)						--
CC (C. Curvatura)						--
D.P.S. (g/cm ³)	2,726					--
E.A. (%)	59					Min. 25%
L.L. (%)	-					Min. 25 %
I.P. (%)	N.P.					Max. 6 %
Chancado Total (%)	85					Min. 50 %
Rodado Total	15					--
Laja Total	1					--
Desgaste (%)	26					Max. 35%
CLASIFICACION DE SUELO						
AASTHO	A1-a (0)					
U.S.C.S	GW-GM					

Observaciones : Muestra N°1070: S/O
Muestra N°:
Muestra N°:
Muestra N°:



Eusebio Beroiza Alvarado
Laboratorista Vial Clase "A" N° 75
JEFE LABORATORIO



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE




RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Características del material

	CERTIFICADO DE ENSAYE LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD	Código:	
		Fecha versión:	
		Versión:	
		Páginas:	1 de 2

Informe de Ensaye (Versión Preliminar)

La Florida, 18 de octubre de 2023

Convenio:	PROYECTO FONDEF ID21I10278 UFRO-DIRECCIÓN DE VIALIDAD MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	
Solicitud:	Análisis de Áridos	
Área:	Geotecnia	
Nombre de quien autoriza el ensaye:	Cristian Vargas Moreira	Cargo: Jefe Subdepto. Ensayes y Materiales

1.- Identificación de la Muestra:

DESCRIPCIÓN MATERIAL : Áridos reciclados de hormigón endurecido
LUGAR DE MUESTREO : Planta Río Claro Til-Til
FECHA DE MUESTREO : 24/08/2023



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

2.- Expresión de Resultados:

2.1.- Granulometría:

Ensaye DLNV						Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
Tamiz		Muestra N°1	-	-	-		
mm	U.S.	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa		
80	3"	100	-	-	-	-	8.102.1
63	2 1/2"	100	-	-	-	-	
50	2"	100	-	-	-	-	
40	1 1/2"	100	-	-	-	-	
25	1"	100	-	-	-	-	
20	3/4"	87	-	-	-	-	
10	3/8"	60	-	-	-	-	
5	N°4	38	-	-	-	-	
2	N°10	23	-	-	-	-	
0,5	N°40	7	-	-	-	-	
0,08	N°200	3	-	-	-	-	

Nota: Cumple con banda TM-50a. Con respecto al cumplimiento de la banda TM-25 presenta un déficit de 2 y 3% en las mallas N°10 y N°40 respectivamente.

2.2.- Límite Líquido:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
LL (%)	0	-	-	-	-	8.102.3



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

2.3.- Límite Plástico:


Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
LP (%)	0	-	-	-	-	8.102.4
IP (%)	0	-	-	-	-	

2.4.- Densidad de Partículas Solidas:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Unidad	Método del M.C.-V8
DENSIDAD NETA SOBRE 5 MM.	2.691	-	-	-	kg/m ³	8.102.10
DENSIDAD NETA BAJO 5 MM.	2.693	-	-	-		
DENSIDAD NETA PONDERADA	2.692	-	-	-		

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

	CERTIFICADO DE ENSAYE LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD	Código:	
		Fecha versión:	
		Versión:	
		Páginas:	2 de 2

N° INTERNO: 23001

2.5.- Proctor Modificado:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Unidad	Método del M.C.-V8
DMCS	1.960	-	-	-	kg/m ³	8.102.7
95% DMCS	1.862	-	-	-		
W ÓPTIMA	13,3	-	-	-	%	

2.6.- Densidad Relativa:

	Muestra N°1	Muestra N°2	-	-	Unidad	Método del M.C.-V8
D. MÍN.	-	1.580	-	-	kg/m ³	8.102.8
D. MÁX. HUMEDA	-	1.728	-	-		
D. MÁX. SECA	-	1.912	-	-		
DR AL 80%	-	1.835	-	-		

2.7.- CBR:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
EXPANSIÓN (%)	0,03	-	-	-	-	8.102.11
CBR (%)	161	-	-	-	-	

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

2.8.- Cubicidad de Partículas:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
CHANCADO (%)	86	-	-	-	-	8.202.6
RODADO (%)	14	-	-	-	-	

2.9.- Equivalente de Arena:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
E.A. (%)	87	-	-	-	-	8.202.9
Tipo de Agitación	Mecánica	-	-	-	-	

2.10.- Desgaste de Los Ángeles:

Ensaye DLNV	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
Desgaste (%)	26	-	-	-	-	8.202.11
Grado	5	-	-	-	-	

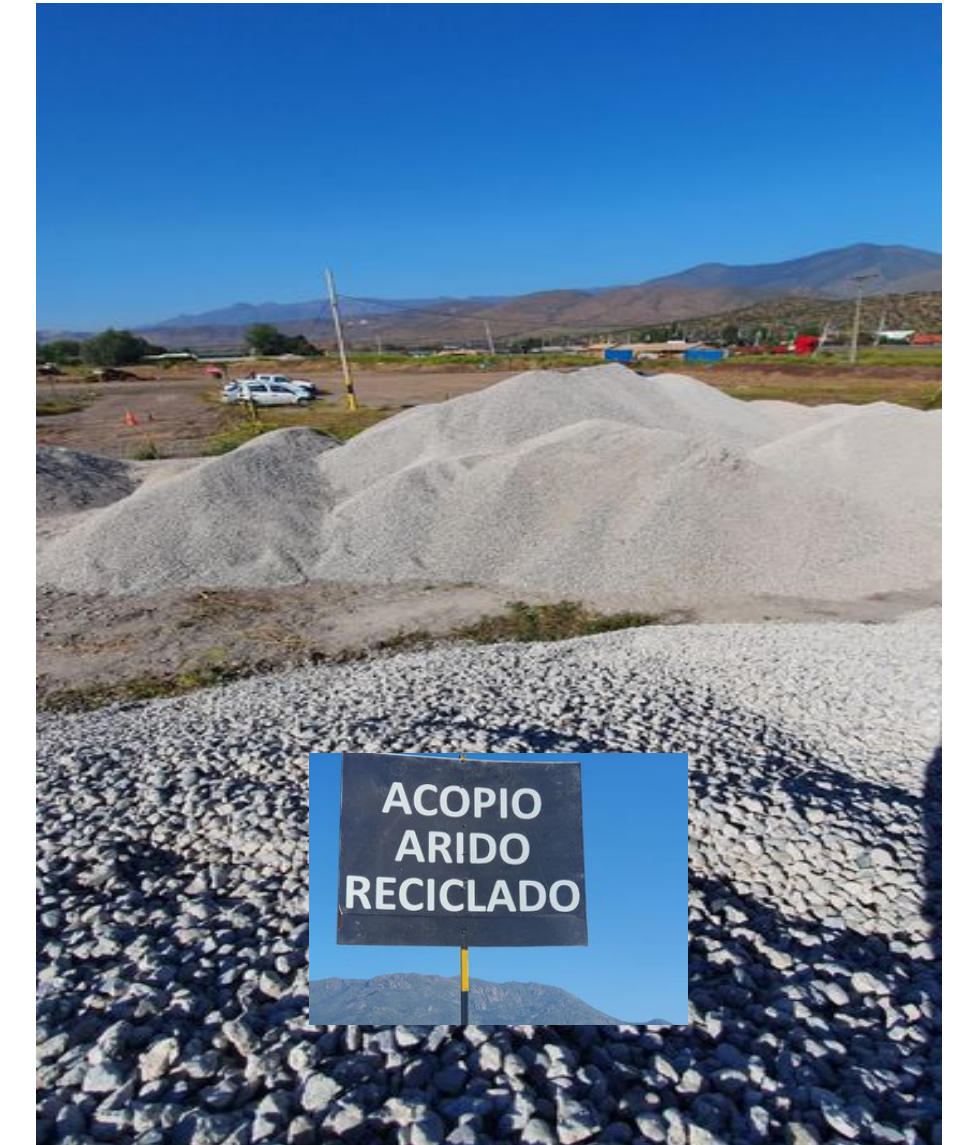
2.11.- Clasificación de Suelos:

Clasificación	Muestra N°1	-	-	-	Especificaciones Técnicas	Método del M.C.-V8
AASHTO	A-1a(1)	-	-	-	-	NA
USCS	GW	-	-	-	-	

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Tramo de prueba en Concesión Ruta 66 - Camino de La Fruta



FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



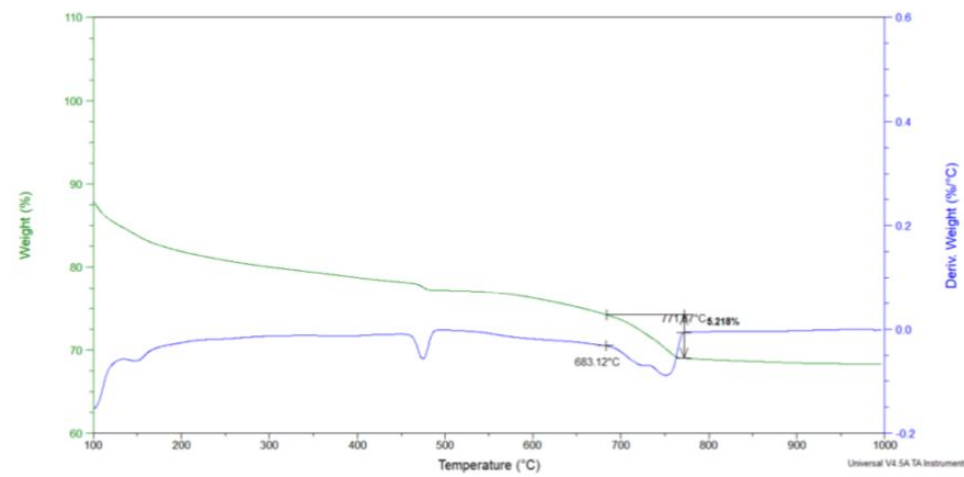
RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

FONDEF ID21I10278

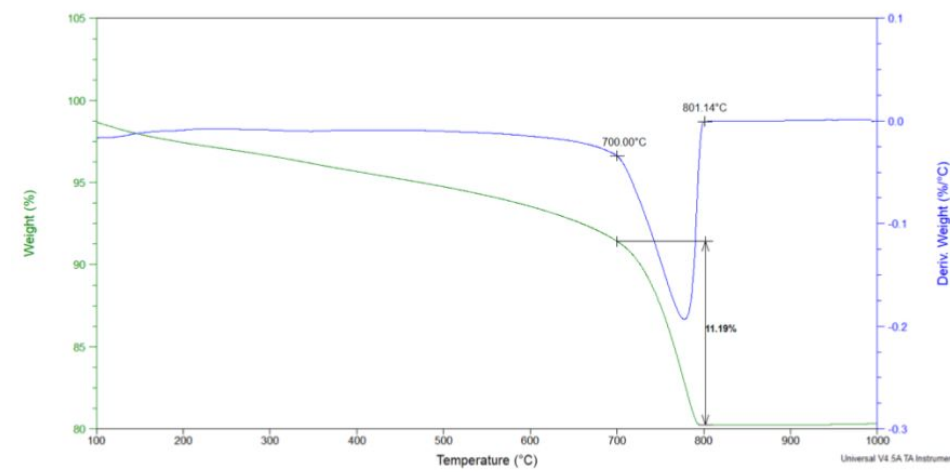
DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.

Capacidad de secuestro de CO₂

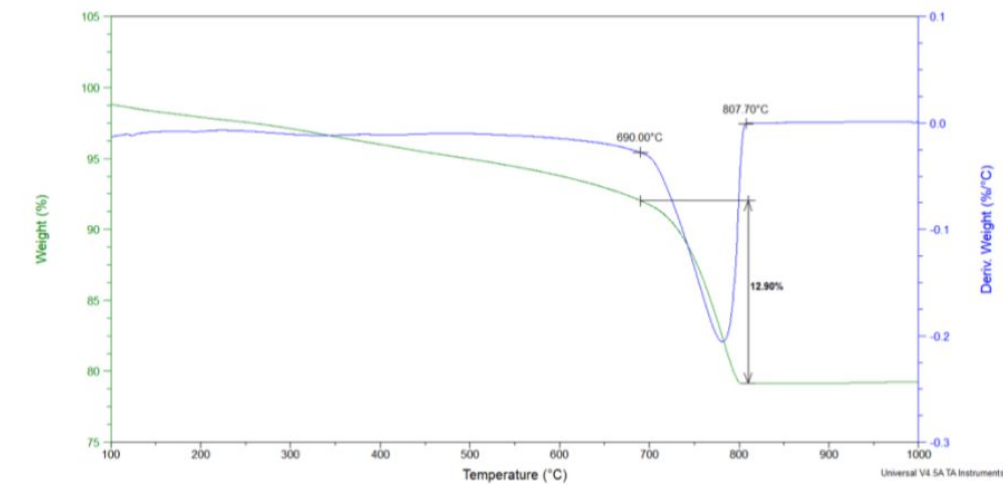
Árido Reciclado



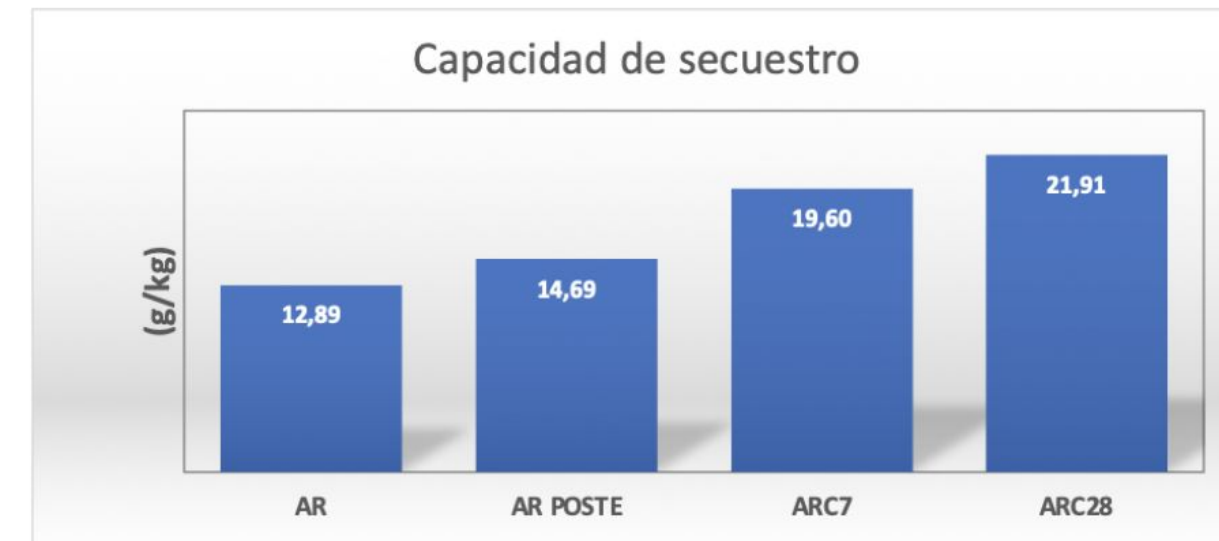
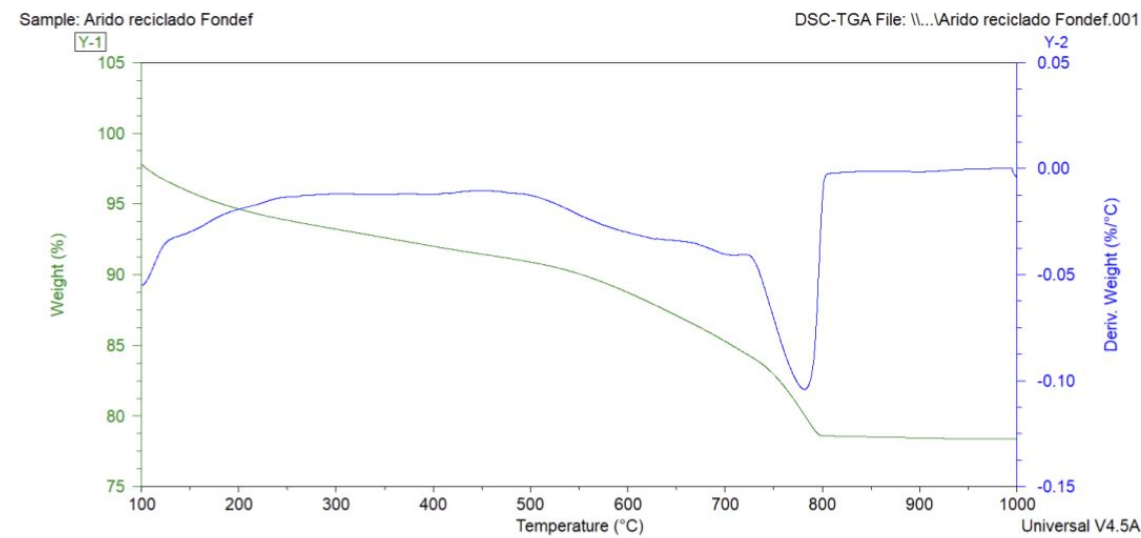
Árido ARC7



Árido AR28



Análisis TGA árido reciclado empleado en base granular.



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



RIOCLARO
RECICLAJE INDUSTRIAL

FONDEF ID21I10278

DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO2.

Secuestro de dióxido de carbono en base granular.



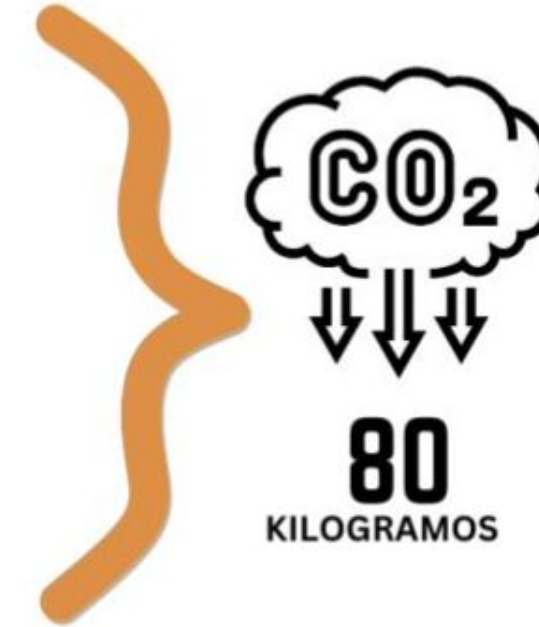
Extensión del tramo de base granular

100
metros lineales



Cantidad de metros cúbicos empleados

200
metros cúbicos



RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ÁRIDOS RECICLADOS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

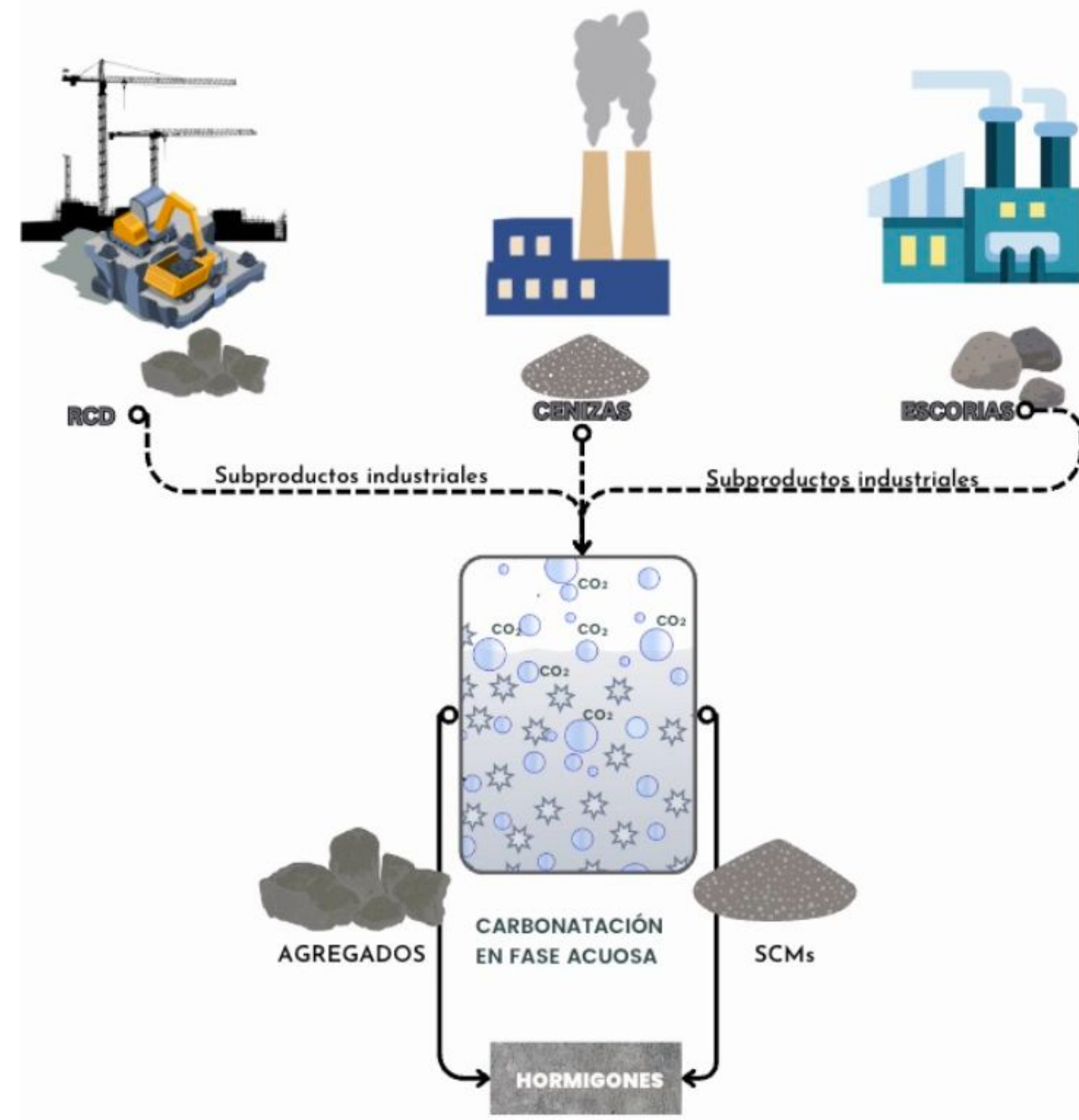
Trabajos futuros

2024

FONDEF ID24I10467

“Desarrollo de un proceso de carbonatación en fase acuosa para la transformación de subproductos industriales en materias primas de hormigón.”.

2026



FONDEF ID21I10278

**DESARROLLO DE UN NUEVO ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN DE MEJOR CALIDAD
EN BASE A TRATAMIENTOS DE ABSORCIÓN DE CO₂.**



PhD. Viviana Letelier González
viviana.letelier@ufrontera.cl

 @vremas.ufro

 Viviana Letelier González