

# INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL  
CURSO 2017-18

**DOCTORADO EN  
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE





# Doctorando: Marcos Díaz González

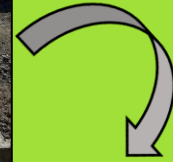
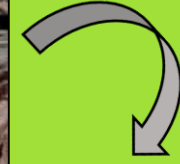
Director (es): Manuel Miguel Jordán Vidal, David Blanco Fernández

Tutor: María Belén Almendro Candel

Departamento/Centro/Instituto: Universidad Tecnológica Metropolitana  
de Chile

“Estudio de la actualidad chilena correspondiente al tratamiento, reciclado y posterior uso de materiales de demolición, productos de la construcción y su reutilización en obras civiles”

- Fecha: Martes 1 de julio de 2018





## Índice:

1. Introducción
2. Objetivos generales
3. Objetivos específicos
4. Estado del arte
5. Análisis normativa española
6. Análisis normativa chilena
7. Productos inertes
8. Productos nocivos
9. Tratamiento





## Índice:

10. Usos

11. Conclusiones

12. Bibliografía



En Chile, hace algún tiempo, se está dando mucho énfasis a todo el tema relativo a lo sustentable y al cuidado del medio ambiente. Una de las principales actividades que afecta a dichos temas, es el rubro de la construcción.

En este contexto parece interesante investigar el tratamiento que se les aplica a aquellos residuos provenientes de demoliciones de la construcción, incluyendo aquellos inertes y nocivos.

En el caso de aquellos inertes: se está reciclando áridos provenientes de pavimentos de hormigón, debido a que se están construyendo muchos caminos viales urbanos. Este punto es muy importante analizar, ya que se está demoliendo lo existente, botándose los residuos en vertederos. Chile es un país muy rico en recursos naturales, el árido es uno de ellos, pero si se analiza desde el punto de vista sustentable, es un producto no renovable, lo que afectará a largo plazo en ríos (lugar en que se hallan principalmente).

Se realizará un estado del arte en este contexto, tanto en Chile como mundialmente y se evaluará la posibilidad y la necesidad de la utilización de estos áridos granulares reciclados. Posteriormente, se estudiará la aplicación a obras civiles en Chile, analizando comparativamente las características físicas, técnicas y económicas para su implementación. Se prestará especial énfasis a la aplicación en una obra civil de especial envergadura e importancia, como es la construcción de los corredores del TranSantiago.

Con respecto a aquellos nocivos, parece importante saber el tratamiento que se les da en Chile, a este tipo de residuos muy perjudiciales para la salud. Uno de los principales, es aquel denominado *Asbesto Cemento*. Tiene la propiedad de causar cáncer y problemas respiratorios a las persona. Se estudiará el problema y la solución según empresas expertas del rubro.



↑ **Construcción** → ↑ **Producción**  
**Materiales nocivos**

**NORMATIVA CHILENA**

**Ej: ASBESTO CEMENTO**

Busca Solucionar

**TESIS DOCTORAL**

Busca Solucionar

**SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE**

Importancia en el país  
Estudios recientes

**Problemas**

→

↑ **Construcción** → ↑ **Demanda de materias primas (Caso: áridos)** → **Extracción masiva e indiscriminada**

**ESCASEZ DE ÁRIDOS**

↑ **PRODUCCIÓN RCD's**

**NORMATIVA ESPAÑOLA**



## OBJETIVO GENERAL:

Estudiar la actualidad chilena correspondiente al tratamiento, reciclado y posterior reutilización de residuos de demolición, productos de la construcción, aplicando normativa española y chilena.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estudiar los diferentes residuos de la construcción y demolición para observar la posibilidad de transformación en áridos granulares reciclados.
- Estudiar las propiedades geométricas, físicas, químicas y mecánicas de dichos áridos extraídos con el fin de aplicarlos en diferentes usos en función de la composición, granulometría y las prescripciones técnicas generales de obras.
- Aplicar de forma práctica, en obra civil, los diferentes áridos reciclados estudiados con el fin de demostrar la aptitud de los mismos y la viabilidad de reutilización.
- Conocer los procedimientos y tecnología de empresas extranjeras en Chile, referente al tema, como también proponerles soluciones constructivas y normativa aplicada.
- Estudiar el tratamiento aplicado a materiales nocivos como lo es el Asbesto Cemento, según experiencia de empresas dedicadas al rubro.



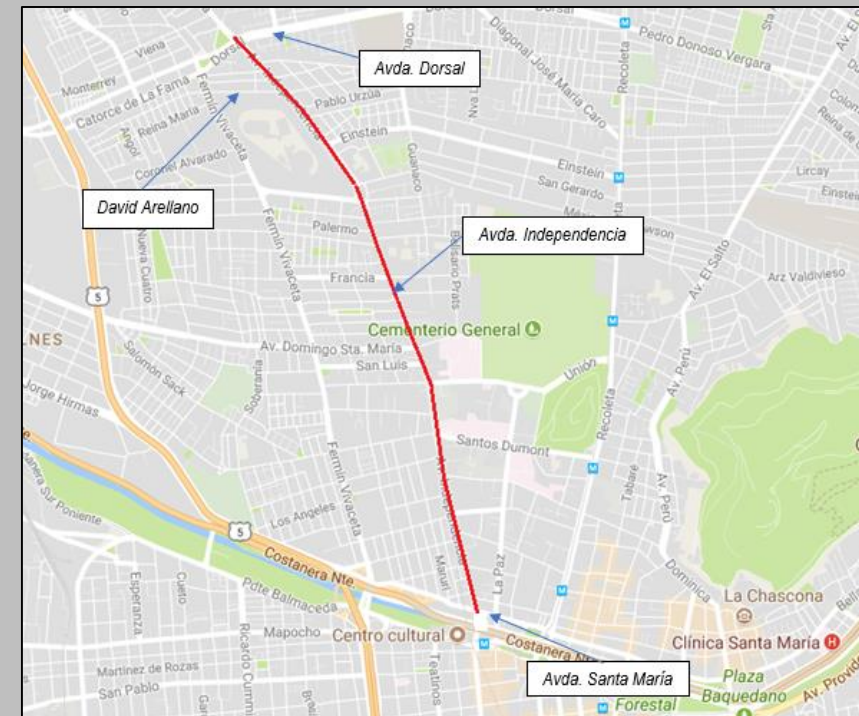
(Fuente: Propia, Av. Independencia - 2018)



1. Las muestras de Residuos de Construcción y Demolición (RCD's) provienen del Proyecto “Construcción y Habilitación Corredor de Transporte Público Avenida Independencia”, ubicada en las comunas de Independencia y Conchalí.



(Fuente: Propia, Av. Independencia - 2018)



(Fuente: Google Maps, Av. Independencia - 2018)

2. El paquete estructural de los pavimentos donde se obtienen las muestras, está formado por:

- ✓ 10 cm de asfalto
- ✓ 15 cm de adoquín
- ✓ 15 cm de hormigón



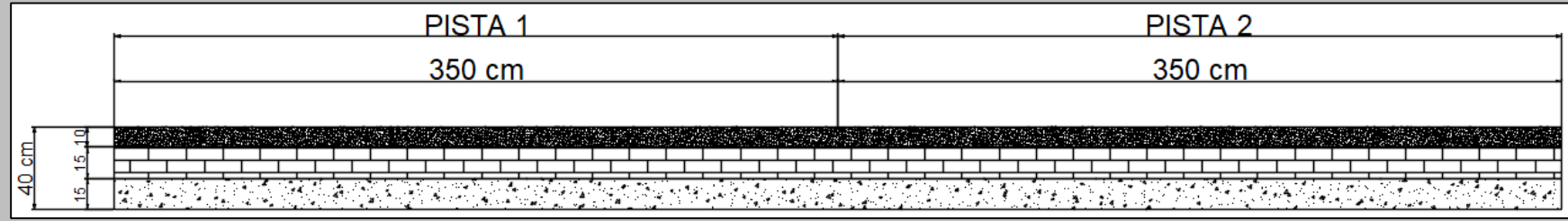
(Fuente: Propia, Av. Independencia - 2018)



ANTES DE CONTINUAR,  
PENSEMOS EN LO  
SIGUIENTE...



Longitud total tramo proyecto	Espeor paquete estructural	Ancho unitario pista	N° pistas	Volumen total de RCD's a botadero
4200 m	0,4 m	3,5 m	4	<b>23.520 m<sup>3</sup></b>



Si se consideran camiones de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, se necesitarían:

**1.176 camiones**

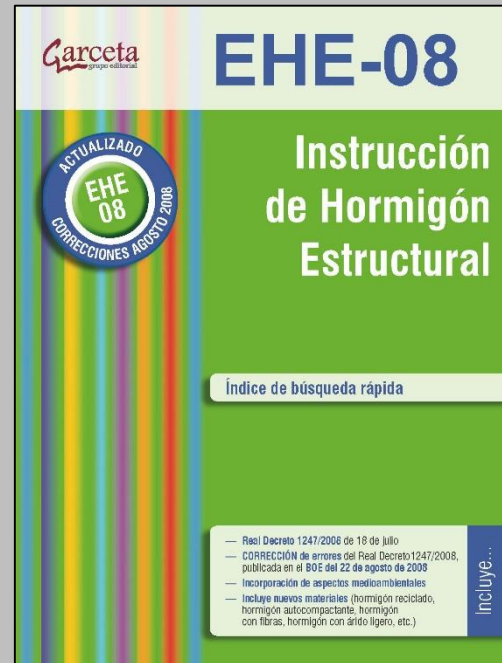


3. Para la realización de los ensayos, se considerarán las indicaciones, recomendaciones y procedimientos planteados tanto por la normativa chilena como la española.

<p><u>España</u></p> 			
<p><u>Chile</u></p> 	<p><b>NCh1017-2009</b></p>		



4. El Estado del Arte planteado en la presente investigación, corresponderá sólo a un análisis informativo sobre lo realizado, tanto en Chile como en Europa, en cuanto a procedimientos, normativas técnicas y jurídicas.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA INICIAL

### Normativa técnica chilena

- **NCh 1325 – 1978:** Áridos - Determinación del equivalente de arena en suelos y áridos finos.
- **NCh 1369 – 1978:** Áridos - Determinación del desgaste de las gravas – Método de la máquina de los Ángeles.
- **NCh 1444 – 2010:** Áridos para morteros y hormigones – Determinación de cloruros y sulfatos.
- **Manual de Carreteras (2017). Volumen N°8** Capítulo 8.400 – Hormigones.
- **NCh 170 – 2016:** Hormigón – Requisitos generales
- **NCh 1037 – 2009:** Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.
- **NCh 1038 – 2009:** Hormigón – Ensayo de tracción por flexión.

### Normativa técnica española

- **Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG - 3)** – Ministerio de Fomento – Gobierno de España (2016).
- **Proyecto GEAR (2016).** Guía española de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición. Volumen N°1.
- **Anejo 15 Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)** – Recomendación para la utilización de hormigones reciclados.

### Planes y medidas en Chile y España

- **Primer informe sobre manejo de residuos sólidos en Chile.** Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile (2010).
- **II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición.** Anexo 6. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) (2008 - 2015).



## METODOLOGÍA Y ESTADO ACTUAL



Para conseguir los objetivos procedemos a:

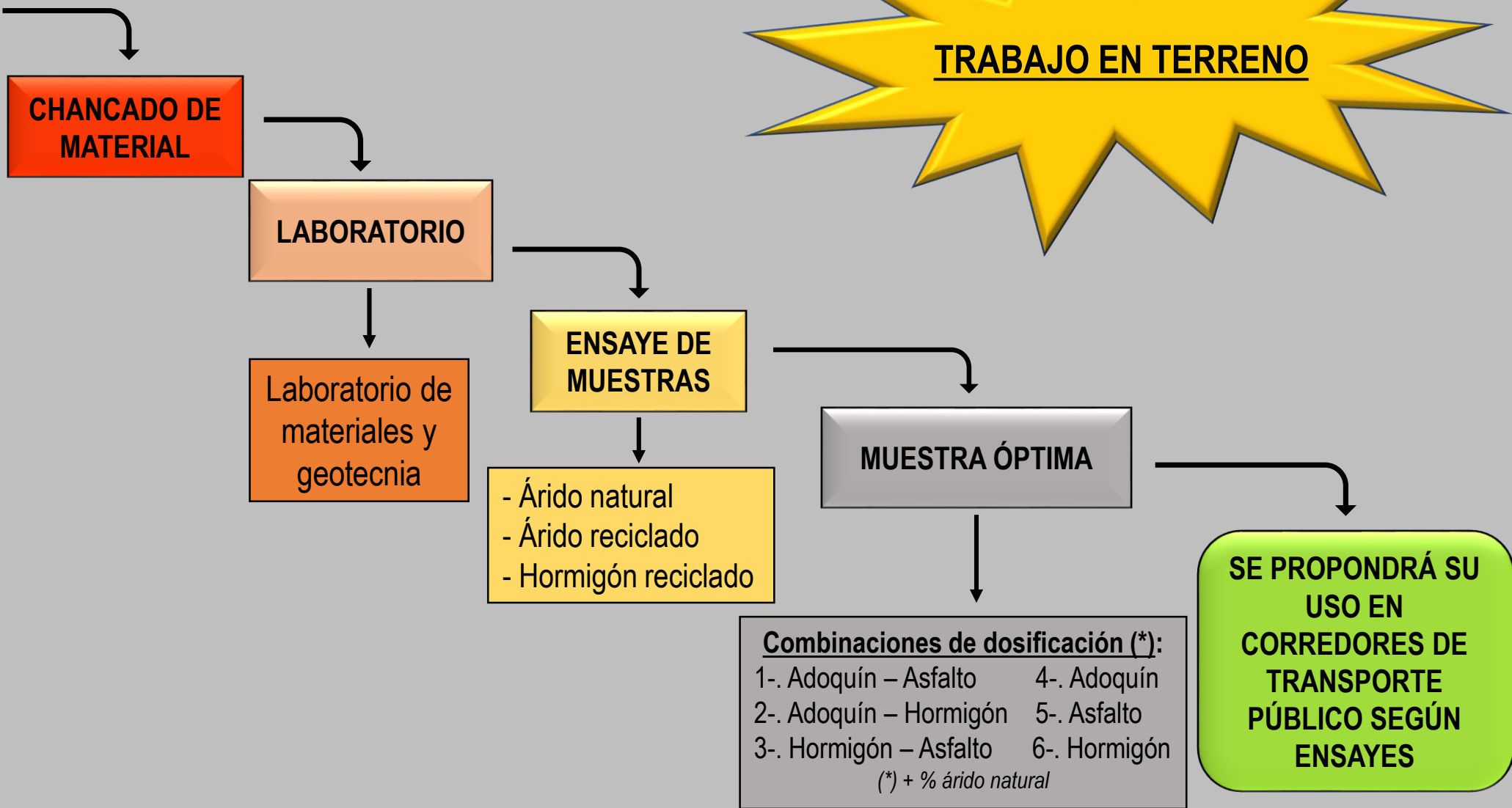
- Consultar la bibliografía de Chile sobre el reciclaje de árido. Esto consiste en saber el estado del arte de este tema. Consultar bibliografía y experiencias extranjeras.
- Consultar normativa chilena y española referente al tema de estudio.
- Se extraerán muestra en terreno, resultado de demolición de pavimentos rígidos (hormigón) y flexibles (asfaltos), con el fin de analizarlas en Laboratorio a través de ensayos de mecánica de suelos.
- Se compararán con valores obtenidos de áridos naturales.
- Se consultará con empresas dedicadas al rubro, tratamiento de materiales inertes y nocivos (SACYR y SAVAL)



**TOMA DE MUESTRAS**



- Muestras:**
- 2 sacos con asfalto
  - 2 sacos con hormigón
  - 1 saco con adoquín



**ÁRIDO NATURAL**  
(árido grueso y fino)

**ÁRIDO RECICLADO**  
(sólo árido grueso)

**ENSAYE DE MUESTRAS**

**HORMIGÓN RECICLADO**

ENSAYES AL ÁRIDO GRUESO Y FINO (Fuente: Manual de Carreteras Vol.8)

REQUISITOS	VALORES LÍMITES		MÉTODO
	ÁRIDO GRUESO	ÁRIDO FINO	
Material fino menor que 0,080 mm			8.202.4
Granulometría			8.202.3
Resistencia al desgaste			8.202.11
Índice de trituración			8.202.8
Partículas desmenuzables			8.202.16
Partículas chancadas			8.202.6
Absorción de agua (porosidad)			8.202.20 – 8.202.21
Resistencia a la desintegración			8.202.17
Impurezas orgánicas			8.202.15
Cloruros como Cl <sup>-</sup>			8.202.18
Sulfatos y sulfuros como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>			8.202.18
Carbón y Lignito			ASTM C123
Coefficiente volumétrico medio			8.202.12
Partículas blandas (% máx)			IRAM 1664

ENSAYES AL ÁRIDO GRUESO RECICLADO (Fuente: PG-3)

Tamaño máximo	UNE-EN – 933-2
Desgaste de Los Ángeles	UNE-EN – 1097-2
Índice de Lajas	UNE-EN – 933-3
Partículas trituradas	UNE-EN – 933-5
Partículas redondeadas	UNE-EN – 933-5
Coefficiente de pulimento acelerado	UNE-EN – 1097-8

ENSAYES AL HORMIGÓN RECICLADO (Fuente: MC Vol.5)

Ensayo de tracción por flexión	NCh 1038 - 2009
Ensayo de compresión	NCh 1037 - 2009



## METODOLOGÍA Y ESTADO ACTUAL



Actualmente:

- Se recopiló información y antecedentes.
- Se consultó normativa chilena y española.
- Se gestiona reunión con Empresa Constructora Española SACYR, para analizar este tema de investigación.
- Con la Empresa de Demoliciones SAVAL, se está realizando el chancado de residuos como también la investigación referente al tratamiento del Asbesto Cemento.
- Con el Centro de Ensayos e Investigación de Materiales, CENIM, de la UTEM, se realizará el análisis de las muestras.



## RESULTADOS (SI LOS HAY)

- Hasta el momento no hay resultados.

