

INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL
CURSO 2019-20

**DOCTORADO EN
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE





Doctorando: Marcos Díaz González

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

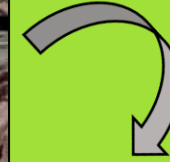
Tutor: María Belén Almendro Candel

Departamento/Centro/Instituto: Universidad Tecnológica Metropolitana
de Chile

Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Sustentabilidad

“Reciclado de residuos de la construcción en Chile. Análisis para su aplicación en proyectos de infraestructura”

- Alumno Tesista: Marcos Díaz González
- Tutor: María Belén Almendro Candel
- Directores: Manuel Miguel Jordán Vidal,
David Blanco Fernández





Marcos Alfonso Díaz González

Académico Jornada Completa, Departamento de Ciencias de la Construcción, Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile UTEM

Académico Part Time, Escuela de Construcción Civil, Universidad de Las Américas UDLA

Información académica

- Ingeniero Constructor, UTEM
- Postítulo en Administración de Empresas Constructoras, mención OOCC e Inmobiliarias, Pontificia Universidad Católica de Chile, PUC
- Magíster en Construcción, mención infraestructura, PUC
- Dr. © Universidad Miguel Hernández de Elche (España)

Asignaturas

- Ciencias de los Materiales II (Ing. Civil), Práctica Profesional (Ing. Constr) (UTEM)
- Obras Civiles, Caminos, Metodología de la Investigación, Tecnología del Hormigón (UDLA)

Líneas de investigación

- Pavimentos de hormigón y asfalto
- Ciencias de los materiales
- Reciclado de áridos para obras de infraestructura

Otros

- Director Colegio Constructores Civiles e Ingenieros Constructores de Chile A.G. (Gremio)



OBJETIVO GENERAL:

- Analizar y proponer utilización de residuos de la construcción, en obras de infraestructura vial en Chile, específicamente en hormigón.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Estudiar propiedades de residuos de la construcción en hormigones y morteros, basados en resultados experimentales en Laboratorio.
- Proponer instauración de metodología de reciclaje en Chile, basado en la realidad española.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO:

- Realizar Estado del Arte, entre normativas Chilenas y Españolas, referente al reciclado de residuos de la construcción, específicamente áridos.
- Ensayar mezclas de prueba en hormigones con residuos de la construcción y demolición (árido mixto y escoria de cobre) para transformarlos en áridos granulares reciclados en Chile.

Actividad realizada Enero 2018-Junio 2019



Article

Aggregate Recycling in Construction: Analysis of the Gaps between the Chilean and Spanish Realities

Marcos Díaz ¹, María Belén Almendro-Candel ², David Blanco ¹ and Manuel Miguel Jordan ^{2,*}

¹ Department of Construction Sciences, Metropolitan Technological University, Dieciocho 390, Santiago 8330526, Chile; mdiaz@utem.cl (M.D.); dblanco@utem.cl (D.B.)

² Department of Agrochemistry and Environment, Miguel Hernández University of Elche, Avd. Universidad s/n, 03202 Elche (Alicante), Spain; mb.almendro@umh.es

* Correspondence: manuel.jordan@umh.es

Received: 2 May 2019; Accepted: 20 June 2019; Published: 26 June 2019

- Aceptación Paper en revista indexada SCOPUS BUILDINGS, MDPI.

Publicación que realiza una comparación entre las legislaciones chilena y española, evidenciando que en Chile aún falta mucho por realizar en base a reutilización de residuos de la construcción.

Actividades realizadas Septiembre – Noviembre 2019



Pasantía Doctoral (3 meses), invitado por PhD. César Medina Martínez, en la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura (Cáceres, España).



Actividades realizadas Septiembre – Noviembre 2019



Visita a Planta de Residuos de la Construcción en Plasencia, y Punto Verde en Badajoz, ambos en la Comunidad de Extremadura.



Actividad realizada 30-31 Octubre 2019

Exposición en Congreso Internacional de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición RCD, Madrid, España.



Article

Aggregate Recycling in Construction: Analysis of the Gaps between the Chilean and Spanish Realities

Marcos Díaz ¹, María Belén Almendro-Candel ², David Blanco ¹ and Manuel Miguel Jordan ^{2,*}

¹ Department of Construction Sciences, Metropolitan Technological University, Dieciocho 390, Santiago 8330526, Chile; mdiaz@utem.cl (M.D.); dblanco@utem.cl (D.B.)

² Department of Agrochemistry and Environment, Miguel Hernández University of Elche, Avd. Universidad s/n, 03202 Elche (Alicante), Spain; mb.almendro@umh.es

* Correspondence: manuel.jordan@umh.es

Received: 2 May 2019; Accepted: 20 June 2019; Published: 26 June 2019



Participación Latinoamericana

Chile: este país cuenta con una amplia participación en este Congreso, actualmente se está llevando a cabo iniciativas para la gestión de los RCD, tanto por parte del estado, como de la empresa privada y la investigación, tuvimos la suerte de escuchar la experiencia de estos tres sectores.

La Administración estuvo representada por Alejandra Tapia, Coordinación Técnica Economía Circular y Gestión de RCD en Construye2025, que presentó la estrategia del gobierno para incentivar y promover el reciclaje de los RCD, desde la economía circular.

La empresa privada estuvo representada por VICONSA pionera en la correcta gestión de los RCD, pudimos escuchar a Joaquín Cuevas, responsable de Medio Ambiente quien expuso cómo se estaba realizando la separación de los residuos producidos en obra.

La investigación estuvo representada por Marcos Alfonso Díaz, investigador de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile que estaba haciendo una pasantía en la Universidad de Extremadura y nos presentó las diferencias entre RCD en Chile y España y la influencia de estos residuos en los resultados de los áridos reciclados obtenidos.



Actividad a realizar Enero – Diciembre 2020

- A la fecha, realizando 1 de 2 paper, con datos obtenidos en la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura UNEX (Cáceres), para ser presentados en revistas indexadas, referente a fabricación de hormigones con áridos reciclados mixtos (gravilla y arena).
- Realicé mezclas de prueba en el Laboratorio de la UNEX, con fondos solicitados por el Grupo INTERRA para estos fines.
- Las ensayos que se realizaron fueron: compresión, tracción, flexión, ultrasonido, resistividad, densidad, carbonatación, aire ocluido y agua bajo presión.
- Las mezclas de prueba fueron realizadas con las siguientes proporciones, siendo Mezcla 1 la patrón:

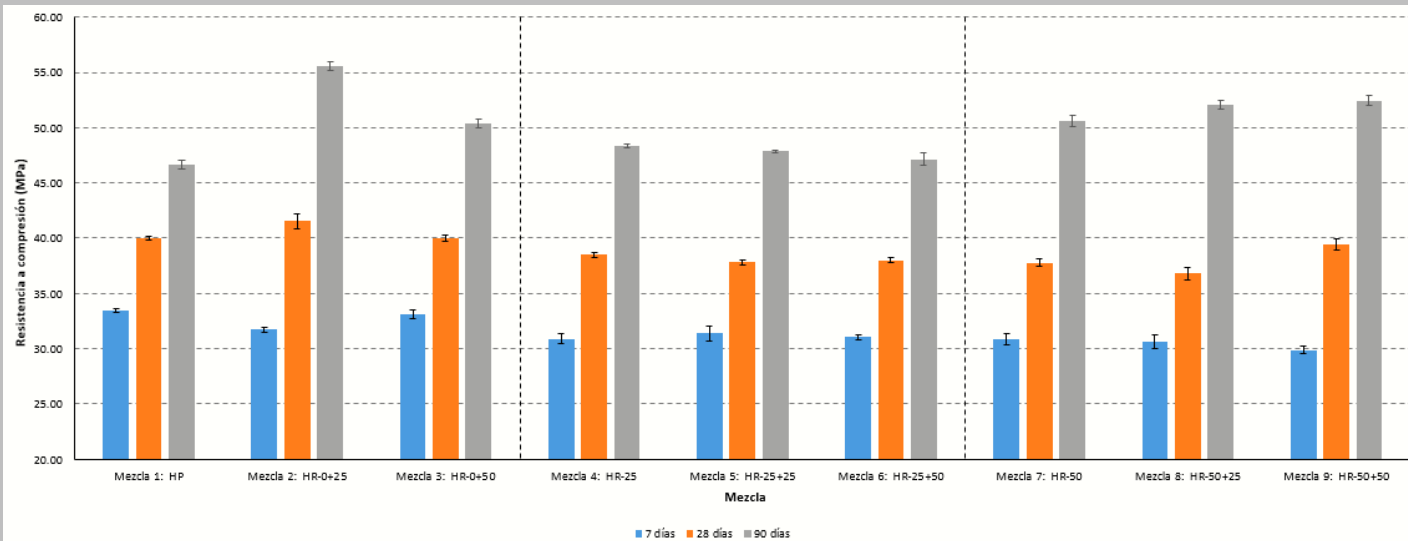
Árido	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6	Mezcla 7	Mezcla 8	Mezcla 9
Gravilla natural	100	100	100	75	75	75	50	50	50
Gravilla mixta	0	0	0	25	25	25	50	50	50
Arena natural	100	75	50	100	75	50	100	75	50
Arena mixta	0	25	50	0	25	50	0	25	50

Actividad a realizar Enero – Diciembre 2020

ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS

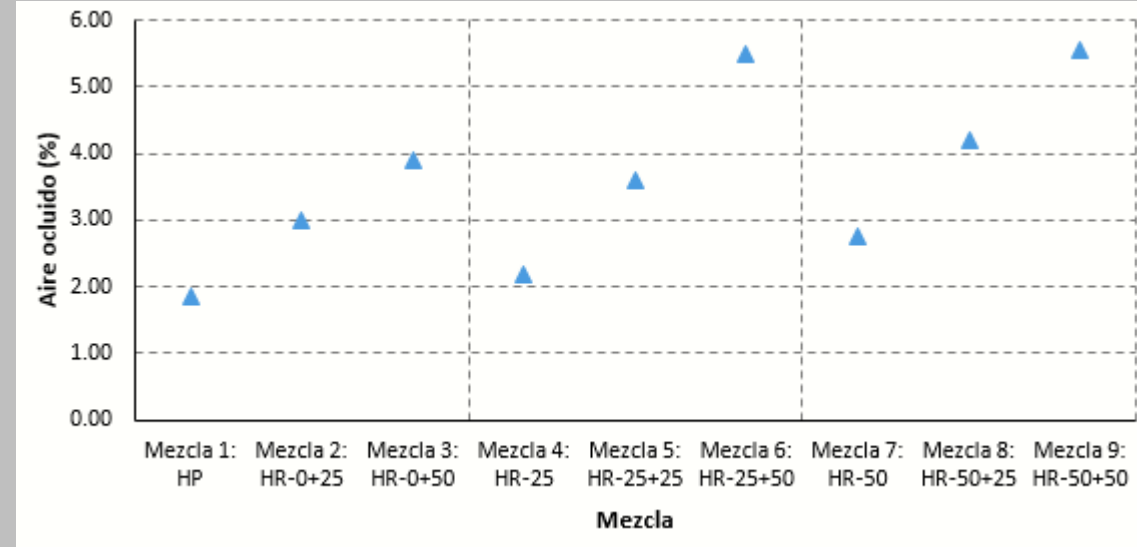
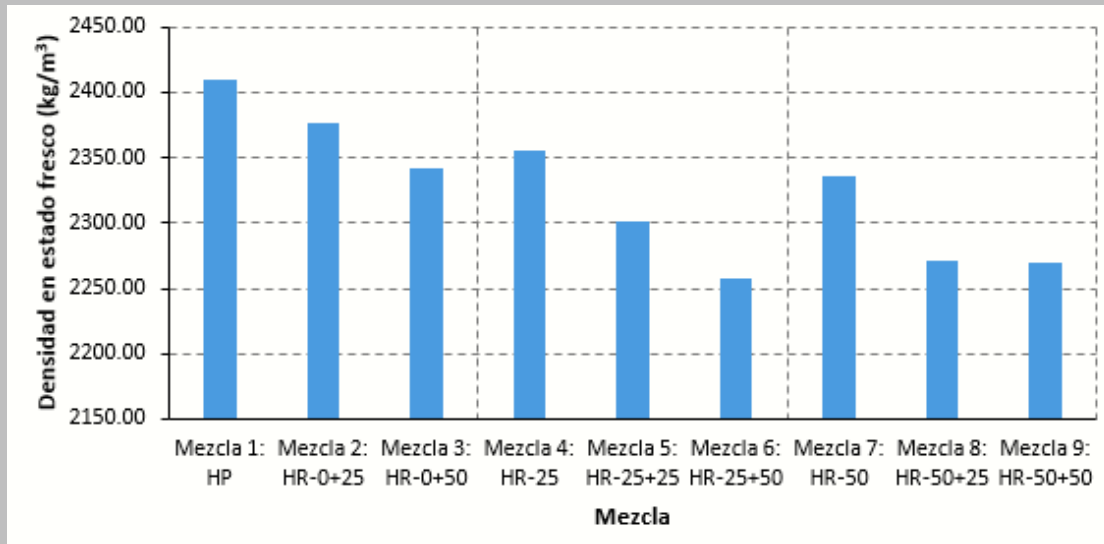
- Resistencia a la compresión, obtenidas a los 7, 28 y 90 días.

Mezcla	1.48					1.56					1.84					
	7 días				fc (MPa)	28 días				fc (MPa)	90 días				fc (MPa)	
f (MPa)	σ	Linf	Lsup	f (MPa)		σ	Linf	Lsup	f (MPa)		σ	Linf	Lsup	f (MPa)		σ
Mezcla 1: HP	22.54	0.18	22.34	22.74	33.45	25.58	0.14	25.42	25.74	40.02	25.38	0.36	24.97	25.79	46.67	
Mezcla 2: HR-0+25	21.38	0.26	21.09	21.67	31.72	26.55	0.71	25.75	27.35	41.54	30.23	0.41	29.76	30.69	55.58	
Mezcla 3: HR-0+50	22.34	0.41	21.87	22.80	33.14	25.57	0.29	25.24	25.90	40.00	27.42	0.39	26.98	27.87	50.43	
Mezcla 4: HR-25	20.84	0.46	20.31	21.36	30.92	24.60	0.21	24.35	24.84	38.48	26.27	0.17	26.08	26.46	48.31	
Mezcla 5: HR-25+25	21.15	0.70	20.36	21.94	31.38	24.19	0.22	23.94	24.43	37.84	26.02	0.12	25.88	26.16	47.85	
Mezcla 6: HR-25+50	20.92	0.19	20.70	21.13	31.04	24.30	0.26	24.00	24.60	38.02	25.65	0.51	25.07	26.23	47.16	
Mezcla 7: HR-50	20.79	0.54	20.19	21.40	30.85	24.14	0.32	23.78	24.49	37.77	27.52	0.47	26.98	28.05	50.60	
Mezcla 8: HR-50+25	20.64	0.60	19.95	21.32	30.62	23.53	0.58	22.87	24.19	36.82	28.34	0.39	27.90	28.79	52.12	
Mezcla 9: HR-50+50	20.13	0.35	19.73	20.53	29.87	25.22	0.50	24.65	25.78	39.46	28.52	0.45	28.01	29.03	52.44	



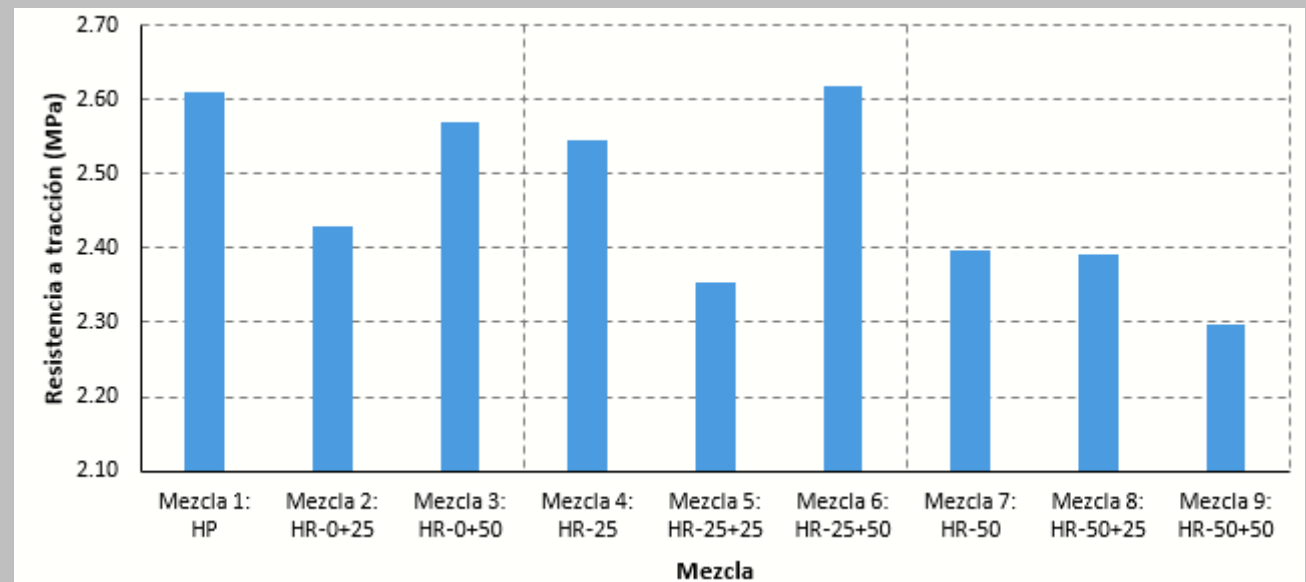
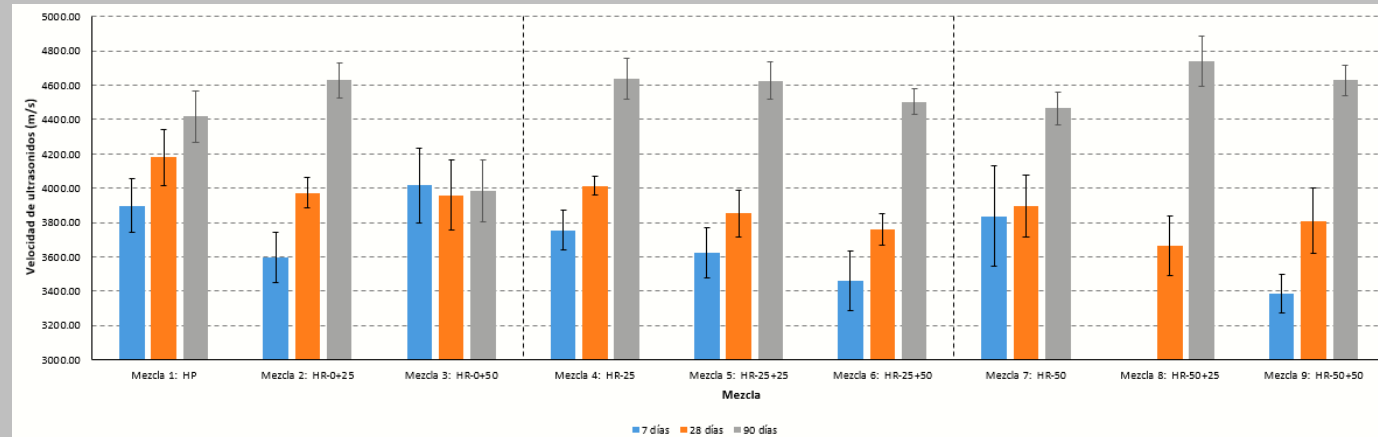
Actividad a realizar Enero – Diciembre 2020

- Densidades en estado fresco y Aire ocluido.



Actividad a realizar Enero – Diciembre 2020

- Ultrasonido y Agua bajo presión.



Algunos resultados obtenidos hasta el momento

- No existe normativa chilena que considere el uso de áridos reciclados en obras de infraestructura. A la fecha solo existe la “Norma Chilena NCh 3562: Gestión de Residuos- Residuos de Construcción y Demolición (RCD)- Clasificación y Directrices para el Plan de Gestión”. La demás normativa técnica, están en proceso de considerarlas a la fecha (Ministerios de Vivienda y Urbanismo, como también el Ministerio de Obras Públicas). Estos datos fueron analizados en el paper realizado y expuestos en el Congreso efectuado en Madrid.
- El Árido Reciclado Mixto (mezcla de residuos de hormigón, cerámicas y arcilla), puede ser reutilizado en cualquier obra de infraestructura. Los resultados técnicos obtenidos en Laboratorio, indican que puede reemplazar al árido tradicional, en condiciones y porcentajes que es posible conseguir.

Actividad a realizar Enero – Diciembre 2020

- Realizar mezclas de prueba en hormigón de pavimentos y en morteros, con residuos industriales (escorias de cobre), en dependencias de la Universidad de Concepción, con el PhD. Mauricio Pradena Miquel, con quién he realizado 3 publicaciones WOS (2 publicadas, 1 presentada según diapo posterior).
- Ensayes a realizar en hormigón y mortero: compresión, tracción, flexotracción, densidades, entre otras.
- Pasantía Doctoral (aproximadamente 2 semanas en esta institución).
- Realizar a los menos una publicación WOS.

- No se ha podido realizar estas actividades debido a que el financiamiento entregado por la UTEM, fue con fecha 30.12.2019 (ya se encuentra en la UdeC). A los días después, el PhD. Pradena se ausentó de Chile y luego (hasta la fecha) se decretó la pandemia mundial por el COVID-19.
- Se espera que una vez controlado este escenario (ojalá Septiembre), concretarla.



Mauricio Pradena Miquel, Ing. Civil, Universidad de Concepción UdeC. PhD. de la Delf University of Technology

Publicación WOS, Reino Unido

Publicación WOS, Croacia

2017 - 2018

Municipal Engineer
Volume 170 Issue MEZ

Unsealed joints in urban concrete pavements for buses
Pradena and Diaz

ice | proceedings

Proceedings of the Institution of Civil Engineers
Municipal Engineer 170 June 2017 Issue MEZ
Pages 97-104 <http://dx.doi.org/10.1680/jmuen.16.00003>
Paper 1600003
Received 22/01/2016 Accepted 24/05/2016
Published online 24/04/2016
Keywords: concrete structures/pavement design/roads & highways
ICE Publishing: All rights reserved

ice
Institution of Civil Engineers
publishing

Unsealed joints in urban concrete pavements for buses

Mauricio Pradena MSc
PhD Candidate, TU Delft, Delft, The Netherlands;
Assistant Professor, Department of Civil Engineering,
University of Concepción, Concepción, Chile (corresponding author:
m.a.pradenamiquel@tudelft.nl)

Marcos Diaz MSc
Associate Professor, Department of Construction Sciences, Metropolitan
University of Technology, Santiago, Chile

Urban pavements for buses need to resist high traffic demands without regular invasive maintenance interventions that affect the pavement clients. Although jointed plain concrete pavements can provide these requirements, sealing the joints and keeping them sealed for 10 years costs up to 45% more than unsealed joints. The objective of this paper is to evaluate the performance of unsealed transverse joints in urban pavements for buses. The field measurements made after 8 years in-service (average) in 270 unsealed joints in Chile, 150 on bus corridors and 120 on their adjacent lanes, show that only ten joints of the bus corridors were affected by very low spalling (30 mm) due to the construction process and not due to the performance of the unsealed joints. The adjacent lanes have zero joints affected by spalling. Furthermore, no pumping or measurable joint faulting was detected even after 5 million accumulated equivalent single-axle loads. These results, the 50 years of Wisconsin's experience in the USA and the deficiencies of joint seals placed in sealed joints as a cost-effective alternative to optimise urban pavements for buses, considering the needs of the pavement clients – that is, users and municipal transportation agencies.

2016-2017

Časopis GRAĐEVINAR Paper ID: 2427-2018 Journal CIVIL ENGINEER

- 1 Making explicit the asphalt paving process: A fundamental step for quality improvement
- 2
- 3
- 4 Mauricio Pradena¹, Seirgei Miller², Guido Staub³, Marcos Diaz⁴ & Francisco Contreras³
- 5 ¹Department of Civil Engineering, Universidad de Concepción, Chile
- 6 ²Department Construction Management & Engineering, University of Twente, the Netherlands
- 7 ³Department of Geodetic and Geomatic Sciences, Universidad de Concepción, Chile
- 8 ⁴Department of Construction Sciences, Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile
- 9 Corresponding author: [Mauricio Pradena](mailto:mpradena@udec.cl), mpradena@udec.cl
- 10
- 11

Envío a “Journal of Development Studies” artículo “Integral monitoring of asphalt paving constructions to improve the quality of low-volumen roads”.

2018- 2019

FJDS-2019-Dec-0064
Fecha: 2019-12-18 17:24
De: Journal of Development Studies <onbehalfof@manuscriptcentral.com>
Destinatario: mpradena@udec.cl, pradena.molenaar@gmail.com
Responder a: judi.minost@manchester.ac.uk

18-Dec-2019

Dear Dr. Pradena,

Your manuscript entitled "Integral monitoring of asphalt paving construction to improve the quality of low-volume roads" has been successfully submitted online and is presently with our managing editors for initial review for possible publication in Journal of Development Studies.

Your manuscript ID is FJDS-2019-Dec-0064.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/fjds> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Centre after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/fjds>.

Normativa a aplicar

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.

ÁRIDO NATURAL
(árido grueso y fino)



ÁRIDO RECICLADO
(sólo árido grueso)

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 ⁻			8.202.18
Sulfatos y sulfuros como SO ₄ ⁻			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

CARTA GANTT ACTIVIDADES PARA DEFENSA DE TESIS ANTE TRIBUNAL

	2020						2021												2022				
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo		
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA	■							Vacaciones académicas en Chile															
Realizar y enviar 1er paper junto a UNEX				■																			Fin plazo 5 años
Realizar y enviar 2do paper junto a UNEX																							
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN																							
Realizar ensayos junto a la UdeC			■																				
Obtención y análisis de resultados					■																		
Realizar y enviar 1er paper junto a UdeC										■													
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ																							
Redacción Tesis Dctoral													■										
Revisión																■							
Defensa ante el Tribunal																					■		

Notas:

- 1.- Poseo los resultados de todos los ensayos realizado en la Universidad de Extremadura, por lo que solo me falta redactar los 2 paper y publicarlos. Así puedo enviar la Tesis con 3 de ellos y defender. Coloqué plazo de redacción en Julio y Defensa en Diciembre de 2021, plazo más desfavorable.
- 2.- Sería fabuloso poder contar con los resultados de la Universidad de Concepción antes de julio, así poder incluir otra más (4 en total).

INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL
CURSO 2019-20

**DOCTORADO EN
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



**MUCHAS GRACIAS POR LA
ATENCIÓN....!!!!!!**