

X JORNADAS CÁTEDRA ACERINOX
MARZO 2023



USO DE ESCORIAS DE ACERO INOXIDABLE (EAI) EN MATERIALES BASE CEMENTO - HORMIGÓN Y CEMENTO

PROYECTOS ESCORINOX - 1 - 2 - 3 2016-2023

PONENTES:

- FRANCISCO AGRELA SAINZ
- JULIA ROSALES GARCÍA



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ÍNDICE

01

PROYECTO
ESCORINOX 1

02

PROYECTO
ESCORINOX 2

03

PROYECTO
ESCORINOX 3

04

CONCLUSIONES



ESCORINOX 1:

OBJETIVOS:

- ESTUDIAR LAS PROPIEDADES DE CARACTERIZACIÓN DE LAS ESCORIAS DE ACERO INOXIDABLE
- VALORAR SUS POSIBILIDADES COMO USO EN CEMENTO
- VALORAR SUS Y POSIBILIDADES DE USO EN HORMIGONES ESPECIALES



¿POR QUÉ?:

- ELEVADOS CONTENIDOS EN ÓXIDO DE CALCIO, ÓXIDO DE SILICIO, ÓXIDO DE ALUMINIO
- PROVIENE DE UN PROCESO DE CALCINACIÓN – SUS HERMANAS LAS ESCORIAS DE HORNO ALTO Y DE ACERO CONVENCIONAL – RESULTADOS FAVORABLES



ESCORINOX 1 (2016-2018)

**ESTUDIO DE IDONEIDAD DE ESCORIAS DE ACERO
INOXIDABLE PROCEDENTES DE EMPRESA
ACERINOX PARA SU POSIBLE VALORIZACIÓN Y
REUTILIZACIÓN**





ESCORINOX 1:

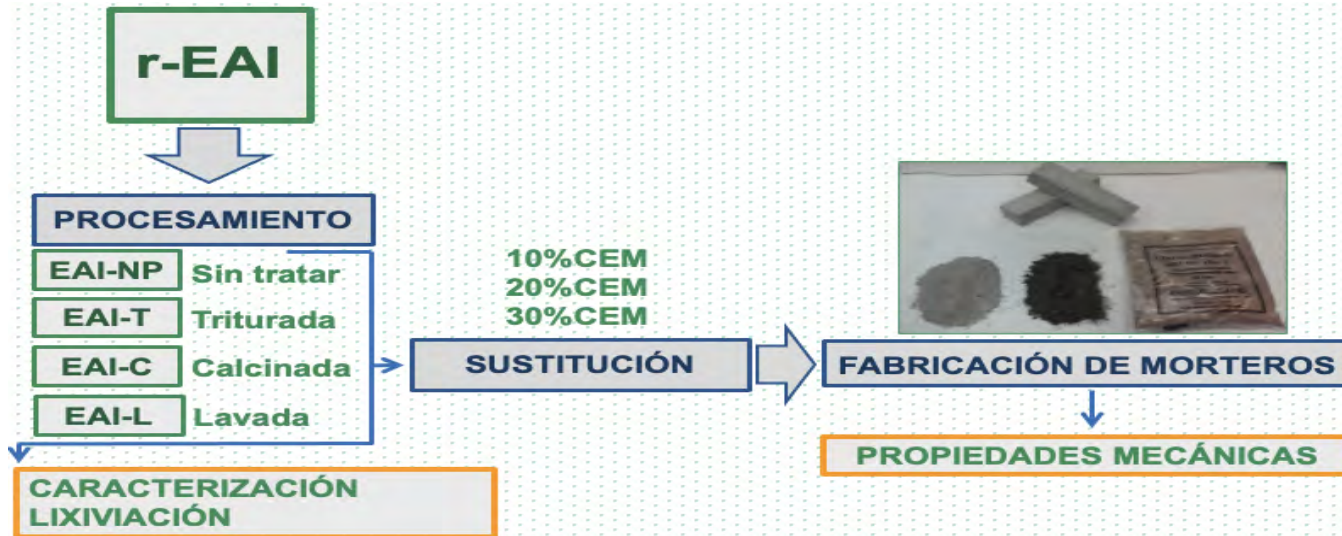
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

- 1 - MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN – RESULTADOS
- 2 - COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MORTEROS CON
EAI
- 3 - ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL Y CONTENIDO EN
CROMO VI



ESCORINOX 1:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: PROCESAR LAS EAI

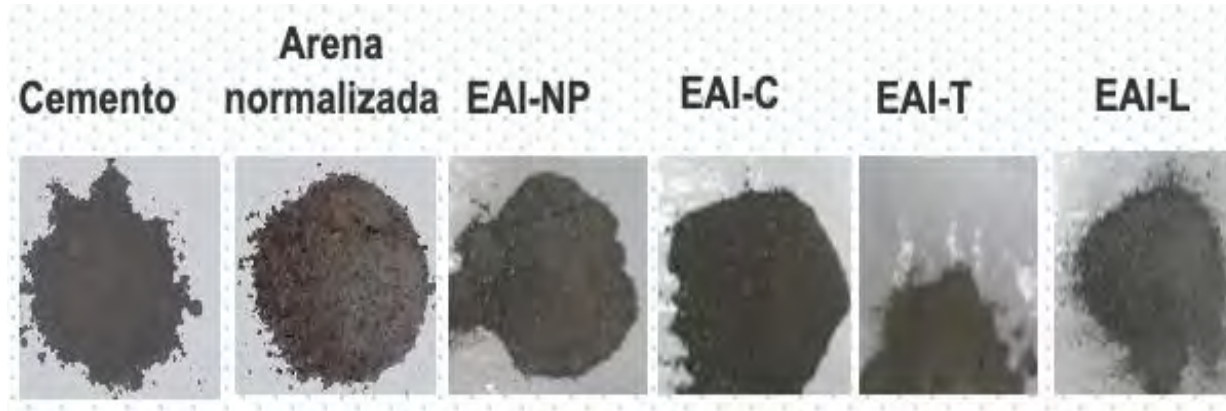




ESCORINOX 1:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: ASPECTO EAI

SIN PROCESAR COMO ARENA PROCESADO COMO CEMENTO OSCURO





ESCORINOX 1:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: FABRICACIÓN DE MORTEROS

PROPIEDADES MECÁNICAS

**Resistencia a compresión
1-7-28 DÍAS
(UNE-EN 196-1)**

**Resistencia a flexión
1-7-28 DÍAS
(UNE-EN 196-1)**

MATERIALES DE SUSTITUCIÓN

- CV
- EAI-NP
- EAI-T
- EAI-C
- EAI-L

		DOSIFICACIÓN (g)					
		AN	CV	EAI	CEM	Agua	%Cemento
Control	Control - CEM	1350	-	-	450	225	25
	Control - CV10	1350	45	-	405	225	22.5
Serie 1 (10%)	S10-EAI-NP	1350	-	45	405	225	22.5
	S10-EAI-C	1350	-	45	405	225	22.5
	S10-EAI-T	1350	-	45	405	225	22.5
	S10-EAI-L	1350	-	45	405	225	22.5
Serie 2 (20%)	Control - CV 20	1350	90	-	360	225	20
	S20-EAI-NP	1350	-	90	360	225	20
	S20-EAI-C	1350	-	90	360	225	20
	S20-EAI-T	1350	-	90	360	225	20
Serie 3 (30%)	S20-EAI-L	1350	-	90	360	225	20
	Control - CV 30	1350	135	-	360	225	20
	S30-EAI-NP	1350	-	135	315	225	17.5
	S30-EAI-C	1350	-	135	315	225	17.5
Serie 3 (30%)	S30-EAI-T	1350	-	135	315	225	17.5
	S30-EAI-L	1350	-	135	315	225	17.5

MORTERO

EAI-NP
Sustitución 10% 20% 30%

EAI-T
Sustitución 10% 20% 30%

EAI-C
Sustitución 10% 20% 30%

EAI-L
Sustitución 10% 20% 30%

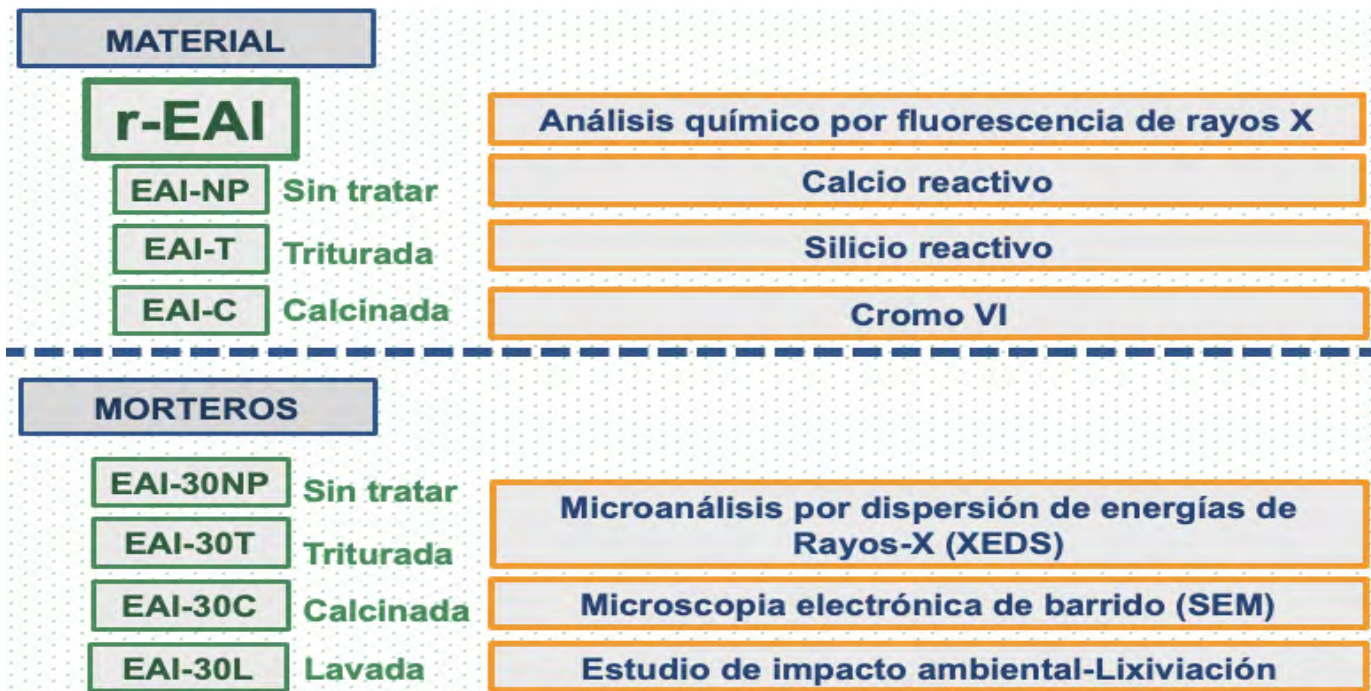
CONTROL

CONTROL-CV
Sustitución 10% 20% 30%



ESCORINOX 1:

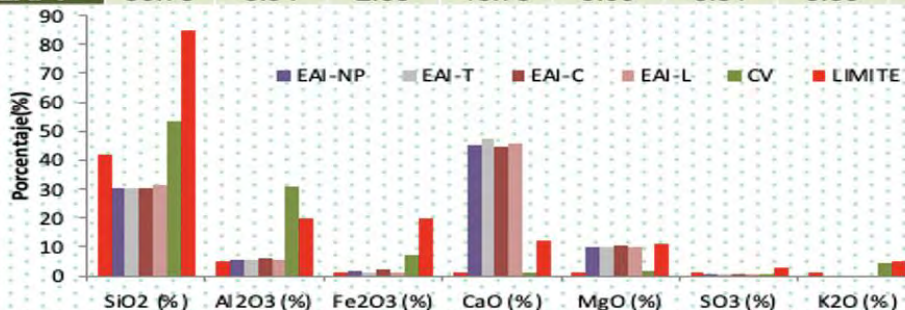
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: ENSAYOS A APLICAR



ESCORINOX 1:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

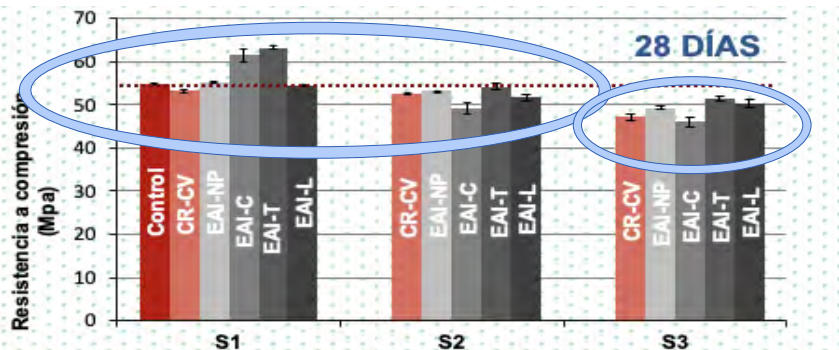
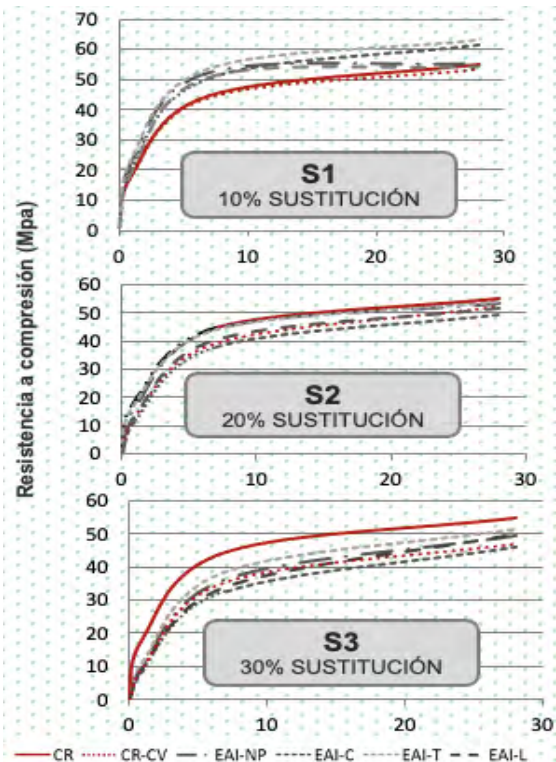
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Pérdida fuego(975°C)
EAI-NP	30.62	5.54	1.86	45.77	10.22	0.31	0.0	0.63
EAI-C	30.58	6.12	2.18	44.60	10.34	0.32	0.0	0.00
EAI-T	30.40	5.57	1.18	47.70	10.05	0.32	0.0	2.11
EAI-L	30.36	5.75	1.13	45.80	9.77	0.27	0.0	0.79
CV	53.60	30.70	7.10	1.40	1.70	0.80	4.70	1.04
EAI-NP	30.13	5.92	1.77	46.15	9.27	0.23	0.0	0.42
EAI-C	30.14	5.67	2.36	44.50	10.13	0.32	0.0	0.00
EAI-T	30.76	5.94	2.09	45.75	9.90	0.31	0.00	0.17



Límites composición química de materiales
puzolánicos
(Calleja, J. 1985)

ESCORINOX 1:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN



Los valores obtenidos muestran una mayor dispersión de datos en los morteros fabricados con EAI-C. Morteros con EAI-NP y EAI-T muestran valores similares en las 6 repeticiones realizadas, tal y como muestra la figura.

PÉRDIDA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN <15%

SUSTITUCIÓN 10% AUMENTA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

EAI-T MEJORES RESULTADOS





ESCORINOX 1:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN

- De conformidad



Material



Volteo (24H)



Extracción de eluato



equipo ICP-masas → **resultado**

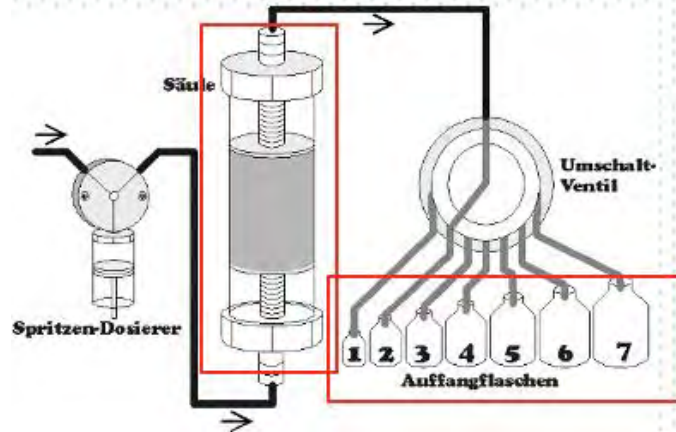
ESCORINOX 1:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN

- **De percolación:**

- ❖ Test de columna. Información a corto y largo plazo sobre el comportamiento del lixiviado y sobre las propiedades de los materiales residuales.
- ❖ El residuo es sometido a percolación con agua en función de la relación líquido/sólido especificada (0,1 l/kg).
- ❖ Material granular (tamaño de partícula < 4mm) compactado en una columna de dimensiones fijadas.



ESCORINOX 1:

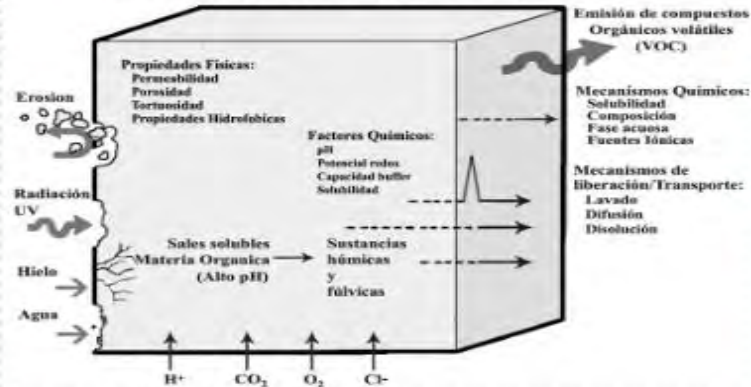
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN

- **Monolítico:**

- ❖ Evaluar el área superficial relacionada con la liberación.
- ❖ Los ensayos de lixiviación en tanque (lixiviación por difusión), muestran que la fabricación del hormigón estabiliza los componentes contaminantes, reduciendo sus tasas de movilización muy significativamente.

ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE AFECTAN LA LIXIVIACIÓN EN MATERIAL MONOLÍTICO





ESCORINOX 1:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

mg/l	Límite Inerte L/S=2	Límite no Peligroso L/S=2	S30-EAI-NP	S30-EAI-C	S30-EAI-T	S30-EAI-L
Cr	< 0,2	0,2 - 4	0,051702	1,323788	0,04292	0,129366
Ni	< 0,2	0,2 - 5	0,001744	0,001224	0,000214	0,001958
Cu	< 0,9	0,9 - 25	0,009072	0,00307	0,011976	0,00816
Zn	< 2	2 - 25	0	0	0	0
As	< 0,1	0,1 - 0,4	0	0	0	0
Se	< 0,06	0,06 - 0,3	0,002752	0,00668	0	0,004304
Mo	< 0,3	0,3 - 5	0,256382	0,422626	0,207284	0,29194
Cd	< 0,03	0,03 - 0,6	0	0	0	0,000416
Sb	< 0,02	0,02 - 0,2	0	0	0	0,000172
Ba	< 7	7 - 30	1,578074	0,923594	1,564504	0,736726
Hg	< 0,003	0,003 - 0,05	0,000026	0	0	0,001848
Pb	< 0,2	0,2 - 5	0,003026	0,003578	0,00437	0,015024

Lixiviado (mg/kg ms)	Residuo inerte	Residuo no peligroso	Residuo peligroso
	L/S = 2	L/S = 2	L/S = 2
Cr Total	< 0,2	0,2 - 4	4 - 25
Ni	< 0,2	0,2 - 5	5 - 20
Cu	< 0,9	0,9 - 25	25 - 50
Zn	< 2	2 - 25	25 - 90
As	< 0,1	0,1 - 0,4	0,4 - 6
Se	< 0,06	0,06 - 0,3	0,3 - 4
Mo	< 0,3	0,3 - 5	5 - 20
Cd	< 0,03	0,03 - 0,6	0,6 - 3
Sb	< 0,02	0,02 - 0,2	0,2 - 2
Ba	< 7	7 - 30	30 - 100
Hg	< 0,003	0,003 - 0,05	0,05 - 0,5
Pb	< 0,2	0,2 - 5	5 - 25

ALTOS CONTENIDOS DE CR Y MO

C RESIDUO NO PELIGROSO
NP, L Y T RESIDUO INERTE



ESCORINOX 1:

CONCLUSIONES MÁS RELEVANTES

- 1 - La utilización de EAI-NP y EAI-T hasta un 20% de sustitución muestra resultados de resistencias mecánicas iguales o superiores al Cem I 52,5R. Pudiendo ser muy viable su utilización en la industria cementera**
- 2 - Valores de Cr (VI) son inferiores a los exigidos por normativa (2 ppm) - según tratamiento - CUIDADO CON CALCINAR**
- 3 - SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR ESCORIA DE ACERO INOXIDABLE (EAI) INCREMENTA LA RESISTENCIA DE LOS CEMENTOS - SI EL PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN ES DEL 10% AL 20% - Estos valores mejoran aún más si se trituran los residuos de EAI.**



ESCORINOX 2 (2018-2019)

OBJETIVOS:

- ESTUDIAR LAS POSIBILIDADES DE USO DE LAS ESCORIAS DE ACERO INOXIDABLE (EAI) EN FABRICACIÓN DE HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES
- ESTUDIAR LAS POSIBILIDADES DE ACTIVACIÓN ALCALINA DE LAS EAI PARA SUSTITUCIÓN DE CEMENTO
- PROCESAMIENTO PARA CONSEGUIR FILLER CALIZO DE LAS EAI PROCESADAS - USOS EN DISTINTAS APLICACIONES

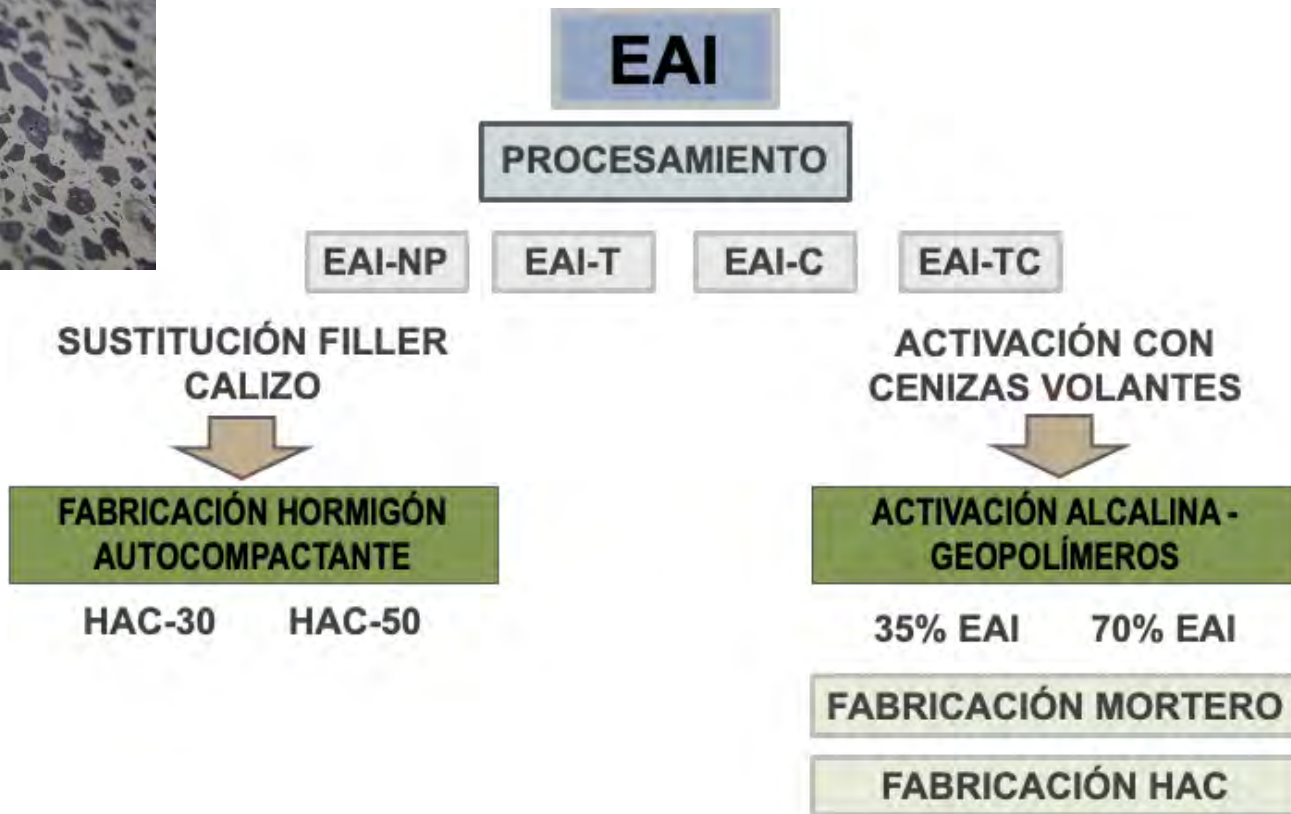
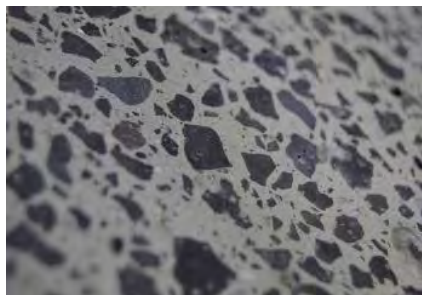
¿POR QUÉ?:

- PROPIEDADES PUZOLÁNICAS
- GRANULOMETRÍA SIMILAR A LA ARENA
- PULVERIZADO - MEJORES PROPIEDADES QUE LA ROCA CALIZA





ESCORINOX 2:



ESCORINOX 2:

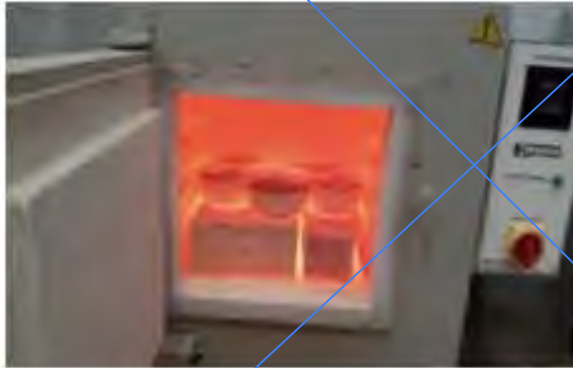




ESCORINOX 2:

EAI-C

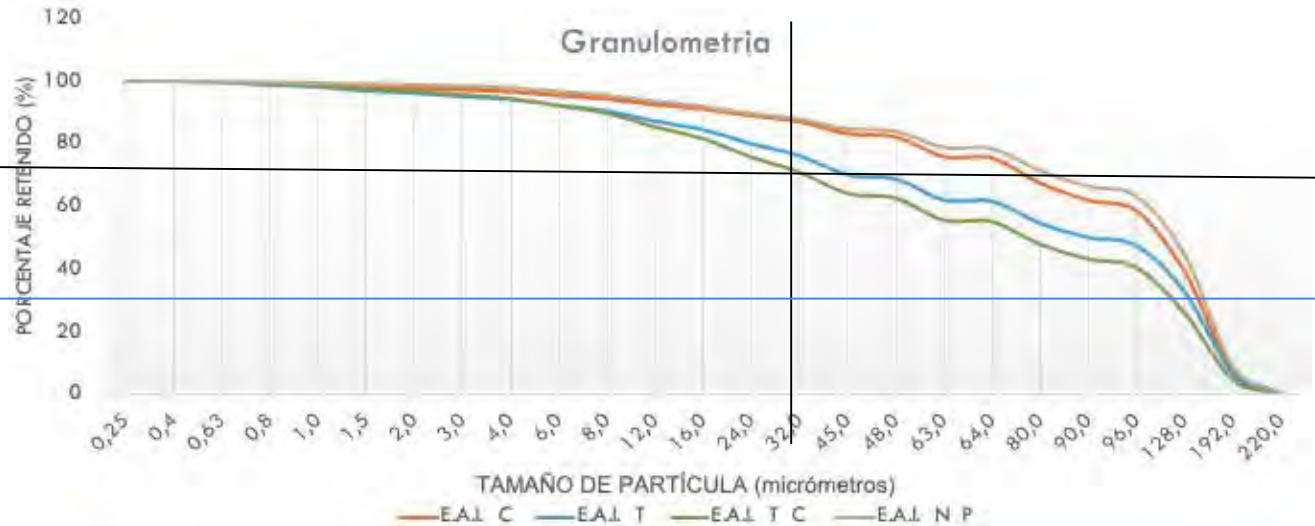
CALCINADA



800°C EN HORNO 24H



ESCORINOX 2:



DISMINUCIÓN TAMAÑO DE PARTÍCULAS MEDIANTE TRATAMIENTO TRITURACIÓN Y COMBINACIÓN TRITURACIÓN-CALCINACIÓN



ESCORINOX 2:

	Cr(VI) ppm*	Límite establecido por normativa UNE-EN 196-10
EAI	0.00	2.00 ppm
EAI-C	1.20	
EAI-T	0.20	
EAI-TC	1.80	

VALORES INFERIORES A 2ppm

INCREMENTO CONTENIDO Cr EN MATERIAL CALCINADO



ESCORINOX 2: RESULTADOS

		ARENA	GRAVA	CEMENTO	FILLER	ADITIVO	AGUA	Relación A/C	EAI			
									EIA-NP	EAI-T	EAI-C	EAI-TC
HAC-30 100%	CONTROL	1000	700	325	125	3.41	195	0.60				
	EAI	1000	700	330	-	3.3	210	0.64	115	-	-	-
	EAI-C	1000	700	325	-	3.25	205	0.63	-	125	-	-
	EAI-T	1000	700	325	-	3.25	205	0.63	-	-	125	-
	EAI-TC	1000	700	325	-	3.25	205	0.63	-	-	-	125
HAC-30 50%-50%	EAI	1000	700	330	63	3.30	201	0.61	58	-	-	-
	EAI-C	1000	700	325	63	3.25	198	0.61	-	63	-	-
	EAI-T	1000	700	325	63	3.25	198	0.61	-	-	63	-
	EAI-TC	1000	700	325	63	3.25	198	0.61	-	-	-	63
HAC-50	CONTROL	1000	700	450	20	4.95	180	0.40	-	-	-	-
	EAI	1000	700	450	-	4.90	185	0.41	20	-	-	-
	EAI-C	1000	700	450	-	4.90	185	0.41	-	20	-	-
	EAI-T	1000	700	450	-	4.90	185	0.41	-	-	20	-
	EAI-TC	1000	700	450	-	4.90	185	0.41	-	-	-	20

ESCORINOX 2: RESULTADOS

**PROPIEDAD
PRINCIPAL EN
HORMIGONES
AUTOCOMPACTANTES**

1. ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO UNE 83361:2007

Normativa – Ø 500mm – 800mm

Recomendable – Ø 650mm – 750mm

EXTENSIÓN Ø 700mm – 750mm



ESCORINOX 2: RESULTADOS



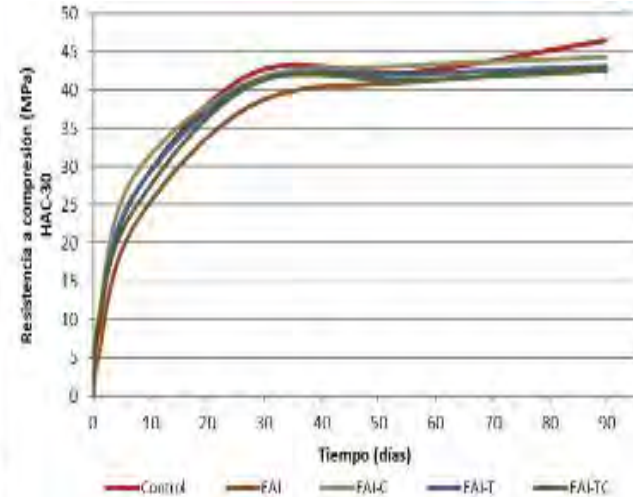
ESCORINOX 2: RESULTADOS





ESCORINOX 2: RESULTADOS

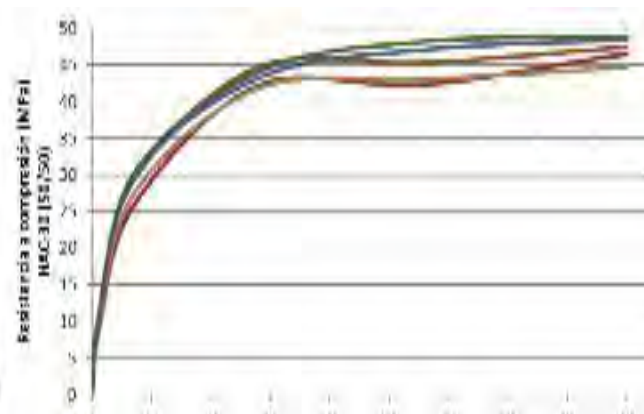
		Resistencia a compresión (MPa)				
		1 Día	7 Días	28 Días	56 Días	90 Días
HAC-30	CONTROL	8.39	25.86	42.21	42.36	46.55
	EAI	5.12	21.89	38.05	41.03	42.54
	EAI-C	10.04	28.52	41.29	43.28	44.36
	EAI-T	9.48	26.08	41.03	42.15	43.21
	EAI-TC	9.81	24.15	40.81	41.35	42.77





ESCORINOX 2: RESULTADOS

HAC-30 50/50	EAI	10.12	29.15	44.68	45.28	47.44
	EAI-C	8.66	27.38	41.85	43.06	44.73
	EAI-T	9.15	29.66	43.28	47.16	48.56
	EAI-TC	9.12	30.06	44.12	48.27	48.98

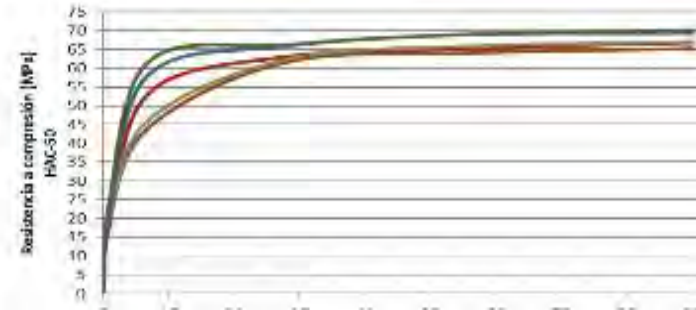




ESCORINOX 2: RESULTADOS

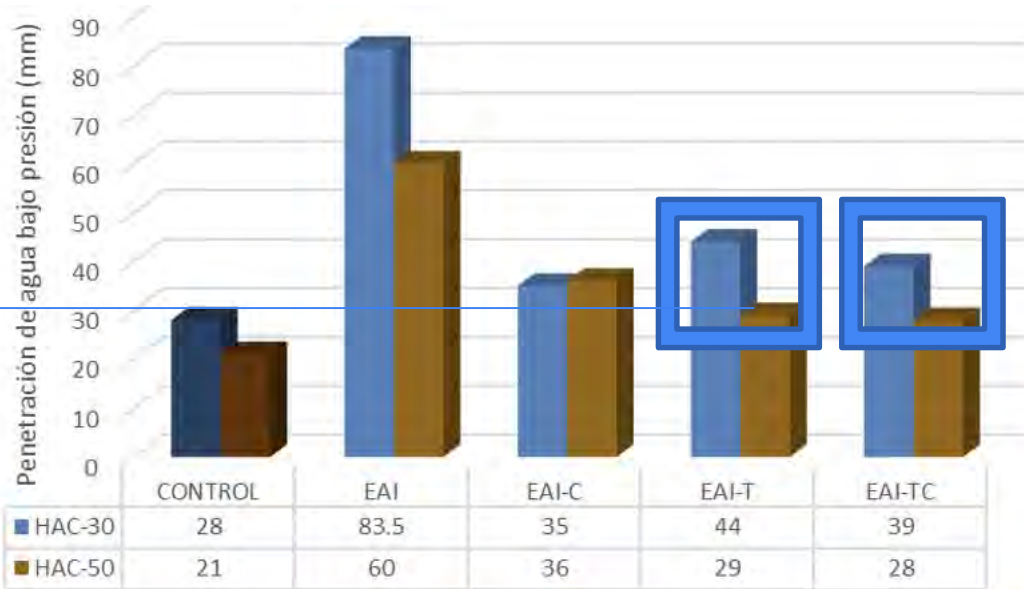
HAC-50

CONTROL	18.39	53.38	63.14	65.26	66.87
EAI	19.85	44.25	61.69	64.11	65.28
EAI-C	20.35	46.24	62.38	65.87	67.05
EAI-T	21.02	58.3	65.83	68.91	69.33
EAI-TC	23.87	61.79	66.22	69.06	70.15





ESCORINOX 2: RESULTADOS



HAC-30 EAI. ALTO VALOR DE PENETRACIÓN DE AGUA RESPECTO AL CONTROL

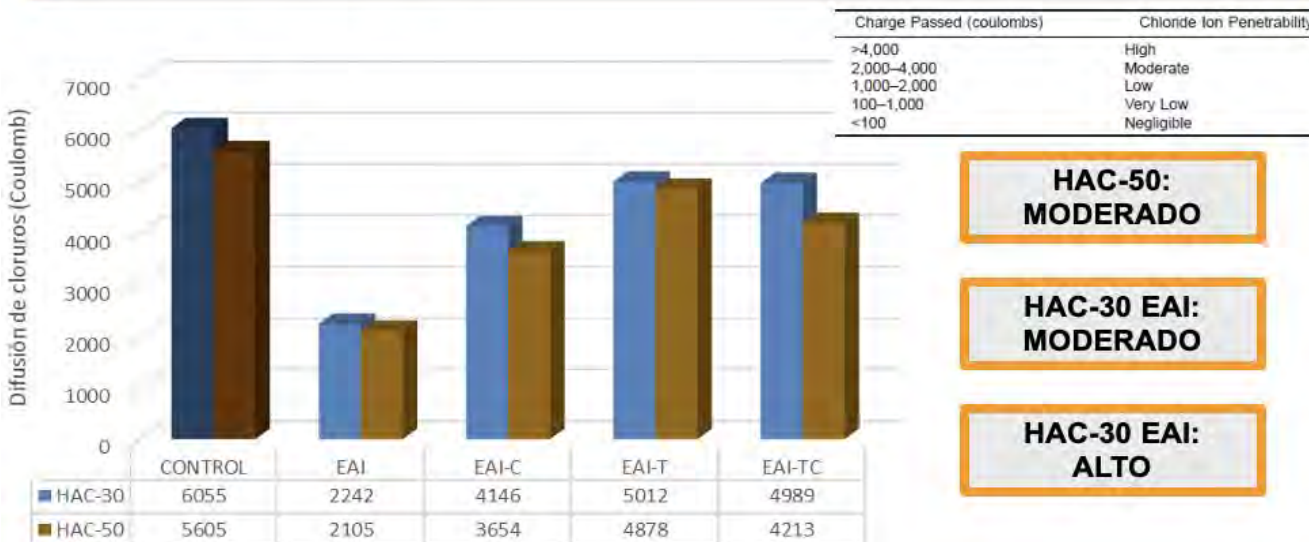
TRATAMIENTO DE LAS ESCORIAS DISMINUYE LOS VALORES DE PENETRACIÓN



ESCORINOX 2: RESULTADOS

DIFUSIÓN CLORUROS

C1202-97



Charge Passed (coulombs)	Chloride Ion Penetrability
>4,000	High
2,000-4,000	Moderate
1,000-2,000	Low
100-1,000	Very Low
<100	Negligible

**HAC-50:
MODERADO**

**HAC-30 EAI:
MODERADO**

**HAC-30 EAI:
ALTO**

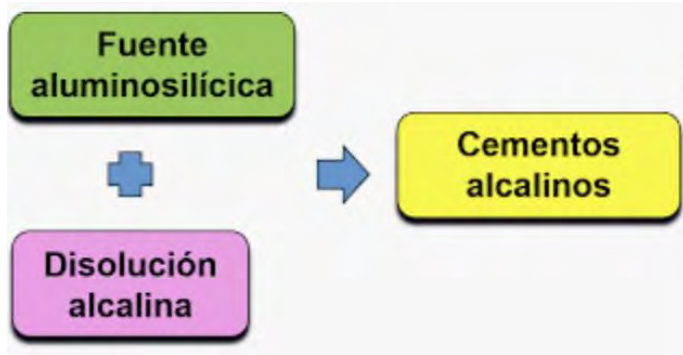
¿hormigón
inoxidable?

**USO DE EAI DISMINUYE LA
DIFUSIÓN DE CLORUROS EN
HAC-30 Y HAC-50**

**TRATAMIENTO DE LAS
ESCORIAS AUMENTA LOS
VALORES DE DIFUSIÓN**



ESCORINOX 2: SEGUNDO OBJETIVO ACTIVACIÓN ALCALINA



ACTIVACIÓN CON CENIZAS VOLANTES

ACTIVACIÓN ALCALINA - GEOPOLÍMEROS

% EAI

EVALUACIÓN

Condiciones
de curado

35% EAI 70% EAI

40°C 80°C



ESCORINOX 2: ACTIVACIÓN ALCALINA

EAI				CV	NOMENCLATURA
EAI	EAI-C	EAI-T	EAI-TC		
35	-	-	-	65	EAI 35/65
-	35	-	-	65	EAI-C 35/65
-	-	35	-	65	EAI-T 35/65
-	-	-	35	65	EAI-TC 35/65
70	-	-	-	30	EAI 70/30
-	70	-	-	30	EAI-C 70/30
-	-	70	-	30	EAI-T 70/30
-	-	-	70	30	EAI-TC 70/30



Disolución NaOH 8 molar

Relación líquido/sólido de 0,4

Dos condiciones de curado: estufa a 40°C durante 22 horas, posteriormente las pastas son desmoldadas y curadas en cámara a 20°C y 100% de humedad.

En estufa a 80°C, el resto del procedimiento fue similar al anterior.



ESCORINOX 2: ACTIVACIÓN ALCALINA

RESULTADOS

	<i>CURACIÓN 40°C</i>		<i>CURACIÓN 80°C</i>	
	<i>Compresión (Mpa)</i>		<i>Compresión (Mpa)</i>	
	7D	28D	7D	28D
100CV-CONTROL	3.33	11.91	32.79	44.67
35EAI-NP	2.31	4.42	13.50	20.04
70EAI-NP	0.64	1.03	7.42	17.49
35EAI-T	0.34	3.01	6.48	<u>23.32</u>
70EAI-T	1.41	1.72	5.96	19.55
35EAI-C	1.56	<u>1.79</u>	19.59	<u>29.26</u>
70EAI-C	0.83	1.06	5.54	11.28
35EAI-TC	0.61	2.52	12.15	18.75
70EAI-TC	1.06	3.43	9.63	15.25



ESCORINOX 2: ACTIVACIÓN ALCALINA

RESULTADOS

DOSIFICACIONES PARA HAC-30

		ARENA	GRAVA	CEMENTO	FILLER	ADITIVO	AGUA	Binder 35EAI-CV		
								EIA-NP	EAI-T	EAI-C
HAC-30	Control no activado	1000	700	325	125	3.41	195	-	-	-
	35EAI	1000	700	227.5	-	1.65	144	227.5	-	-
	35EAI-C	1000	700	225	-	1.62	140	-	225	-
	35EAI-T	1000	700	225	-	1.62	140	-	-	225

	Compresión (28D)
Control no activado HAC-30	42.21 MPa
35EAI	34.11 MPa
35EAI-T	35.06 MPa
35EAI-C	35.29 MPa



ESCORINOX 2: CONCLUSIONES

- Resultados de resistencia a compresión muy positivos con una correcta dosificación de EAI como sustituto de filler calizo (tipología de árido y adición al cemento)
- Tratamiento de trituración y calcinación incrementa significativamente la resistencia mecánica.
- Posibilidades de aplicar las EAI “Activadas Alcalinamente” en hormigones sustituyendo parte de cemento y todo el filler calizo



ESCORINOX 3 (2020-2023)

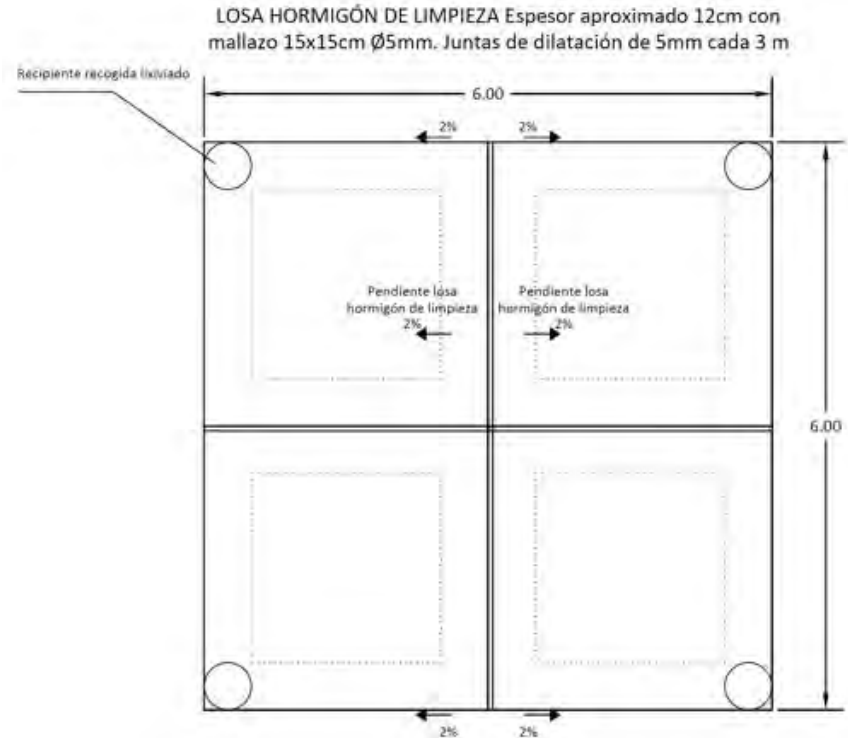
APLICACIÓN A ESCALA PRE-INDUSTRIAL DE ESCORIAS DE ACERO INOXIDABLE EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES PREPARADOS

OBJETIVOS:

- ESTUDIAR LAS POSIBILIDADES DE USO DE LAS EAI EN FABRICACIÓN DE HORMIGONES CONVENCIONALES
- APLICACIÓN A ESCALA PRE-INDUSTRIAL - PRUEBAS EXPERIMENTALES
- OBJETIVO PRIMORDIAL - DEMOSTRAR VIABILIDAD DE EAI PROCESADAS PARA FABRICAR HORMIGÓN - **SUSTITUYENDO ARENA Y CEMENTO**

ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

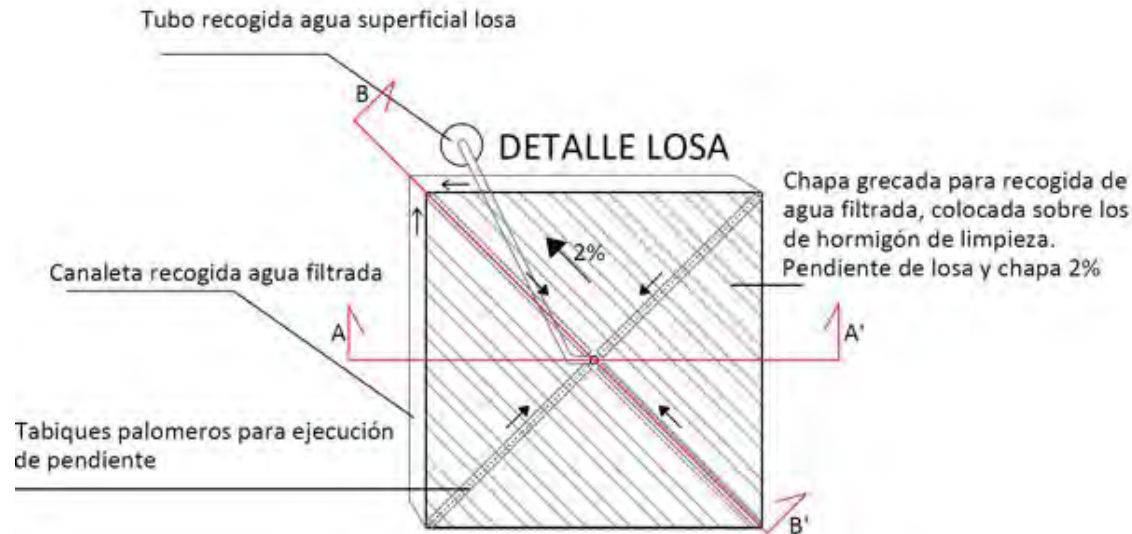
EJECUCIÓN DE JUEGO DE 4 LOSAS HA-25 Y HM-20





ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

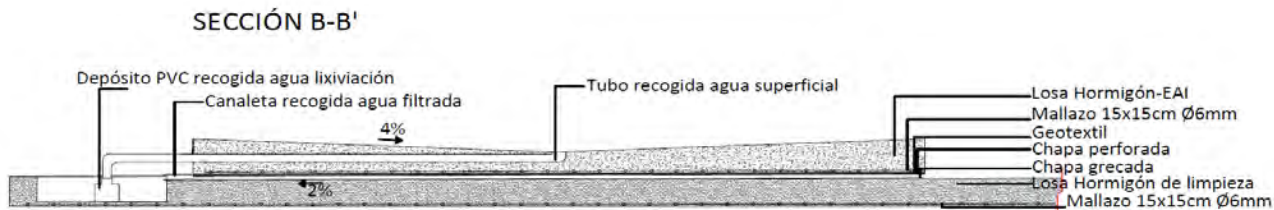
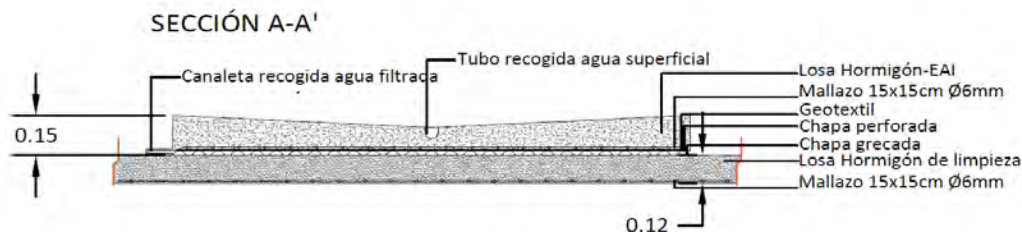
DISEÑO DE CADA LOSA





ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL DICIEMBRE DE 2020

DISEÑO DE CADA LOSA





ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

ENSAYOS PROBANDO

- CAPACIDAD RESITENTE
- LIXIVIACIÓN → DEMOSTRAR NO CONTAMINACIÓN



HM 20-CR

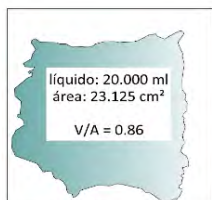
HA 25-CR

HM 20-EAI

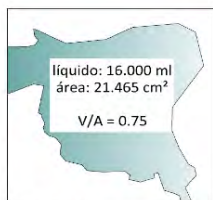
HA 25-EAI

ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

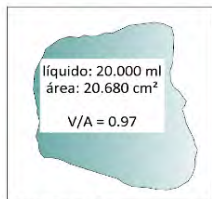
- LIXIVIACIÓN → NO CONTAMINANTE



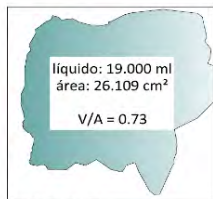
HM 20 CR



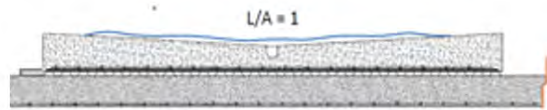
HA 25 CR



HM 20 EAI



HA 25 EAI



Escala real



TESTIGO (monolito)

FABRICACIÓN IN SITU

Metales	EPA	WHO	EU
Zn	5.00	3.00	-
Cr	0.10	0.05	0.05
Pb	0.015	0.01	0.01
As	0.05	0.01	0.01
Cd	0.005	0.003	0.005
Ni	-	0.02	0.02
Ba	2.00	0.30	-
Sr	4.00	-	-

	Duración desde el inicio del ensayo (tiempo en minutos)	Fecha de extracción
Extracciones realizadas a diferentes tiempos según norma CEN/TS 15863	Losa in situ L/A= 1	
1	115 (1 hora y 55 minutos)	12 enero – 13:00 horas
3	3240 (2 días y 3 horas)	14 enero – 14:00 horas
4	11520 (8 días)	20 enero – 11:00 horas
8	51840 (36 días)	17 febrero – 11:00 horas



VIARIO





ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

ENSAYOS PROBANDO

- CAPACIDAD RESITENTE
 - SUSTITUYENDO ARENA- MEJORA IMPORTANTE CON EAI

	CEMENTO	AG 11/22*	AG 4/16*	AF 0/4*	EAI procesada	EAI 08		1Días	7Días	28Días	90Días
HM-20	250	560	500	1000	-	-	HM20	12.7	18.1	24.9	26.1
HM-20 EAI I	250	560	500	600	-	411	HM20-EAI-I	11.9	25.4	27.5	29.2
HM-20 EAI-II	225	560	500	700	-	332	HM20-EAI-II	5.9	15.1	25.8	27.3
HM-20 EAI-III	230	560	500	750	-	280	HM20-EAI-III	9.8	23.9	26.4	28.5
HA-25	275	615	500	890	-	-	HA25	14.4	25.3	27.8	29.3
HA-25 EAI I	275	615	500	623	-	274	HA25-EAI-I	13.1	26.5	31.4	33.2
HA-25 EAI II	265	615	500	705	-	205	HA25-EAI-II	13.5	25.1	30.1	32.8



ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

- CAPACIDAD RESITENTE
 - SUSTITUYENDO ARENA- MEJOR BARRERA PARA LOS CLORUROS

	DIFUSIÓN DE CLORUROS (Coulomb)	VALOR SEGÚN NORMA
HM-20	2412	Moderado
HM-20 EAI I	1771	Bajo
HM-20 EAI-II	2100	Moderado
HM-20 EAI-III	1615	Bajo
HA-25	1740	Bajo
HA-25 EAI I	1222	Bajo
HA-25 EAI II	1173	Bajo



ESCORINOX 3: PRIMERA PRUEBA EXPERIMENTAL

RESULTADOS LOSAS EXPERIMENTALES

	Dosificac				
	CEMENTO	AG 11/22*	AG 4/16*	AF 0/4*	EAI 08
HM-20	250	560	500	1000	-
HM-20 EAI-III	230	560	500	750	280

HA-25	275	615	500	890	-
HA-25 EAI II	265	615	500	705	205

RESISTENCIAS A COMPRESIÓN

	7 DÍAS (MPa)	28 DÍAS (MPa)	90 DÍAS (MPa)	365 DÍAS (MPa)
HA 25-CR	26.63	28.72	30.79	32
HA 25-EAI	27.31	28.84	36.08	36.84
HM 20-CR	20.23	21.98	22.85	23.47
HM 20-EAI	21.92	22.97	26.59	27.08



ESCORINOX 3: SEGUNDA PRUEBA EXPERIMENTAL SEPTIEMBRE DE 2021

	Dosificaciones en Kg/m ³										
	CEMENTO	AG 11/22*	AG 4/16*	AF 0/4*	EAI tri	EAI 08	Ad. POLY (l)	Ad. GLEN (l)	AGUA	Agua añadida	% aplicación total EAI
HA-25	275	615	500	890	-	-	1.9	2.3	143	-	0%
HA-25 EAI-T II	215	615	500	615	65	275	1.92	2.3	140	8.41	15% (31%AR+21%CEM)

**Alto porcentaje sustitución
cemento y arena**



- DIFICULTADES PROCESAMIENTO MATERIAL



ESCORINOX 3: SEGUNDA PRUEBA EXPERIMENTAL

	28 DÍAS (MPa)	90 DÍAS (MPa)
HA 25-CR	24.8	26.12 (+5.3%)
HA 25 EAI-T-II	17.1	19.84 (+16%)

- DIFICULTADES PROCESAMIENTO MATERIAL - FINURA INDUSTRIAL
- A NIVEL DE LABORATORIO MÁS CONTROL DE ENSAYOS
- CURADO DEL HORMIGÓN



ESCORINOX 3: CONCLUSIONES

- 1 - SE PUEDE UTILIZAR EAI EN FABRICACIÓN DE HORMIGONES – SUSTITUYENDO CEMENTO Y ARENA**
- 2 - EL PROCESAMIENTO ADECUADO DE LOS RESIDUOS ES UNA DE LAS CLAVES:
CRIBADO - SECADO - TRITURADO - CALENTAMIENTO (BAJA TEMPERATURA)**
- 3 - LAS SUSTITUCIONES DEBEN SER PARCIALES Y MUY CONTROLADAS**
- 4 - EN APLICACIONES EXPERIMENTALES A ESCALA REAL EL CONTROL DE LAS VARIABLES ES MÁS DIFÍCIL**
- 5 - NO PRODUCEN PROBLEMAS DE LIXIVIACIÓN**
- 6 - MEJORA LA INHIBICIÓN DE LA CORROSIÓN**

AGRADECIMIENTOS

- Agradecimientos a la empresa Acerinox Europa SAU
- De manera especial al personal de Acerinox, Juan Almagro, Esther Quirós, Rosa Ruiz, María Carmen Janeiro y Victoria Matres, por su ayuda y colaboración en trabajos
- Agradecer a Julia Rosales y Manuel Cabrera, Investigadores de la UCO su gran trabajo e ilusión en estos años de estudios de las EAI

**X JORNADAS CÁTEDRA ACERINOX
MARZO 2023**



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

NOMBRE DE LA PONENCIA:

NOMBRE DEL PONENTE:

FRANCISCO AGRELA SAINZ

CONTACTO:



957212239 - 620249532



fagrela@uco.es



X JORNADAS CÁTEDRA ACERINOX

