

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

“DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE UN ADOQUÍN PEATONAL CON MATERIAL DE RECICLAJE DE PIEZAS DE CERÁMICA VITRIFICADA DE LAVABOS E INODOROS”

Tutor: Ing. Durán Carrillo, José Ricardo

Autores: Bermeo Morales, Paul Alberto
González Tiempos, Erika Alejandra
Noroña Loza, Héctor Jordan
Salazar Intriago, Jennery Pamela

Sangolquí, 01 de septiembre de 2022



Tabla de contenido

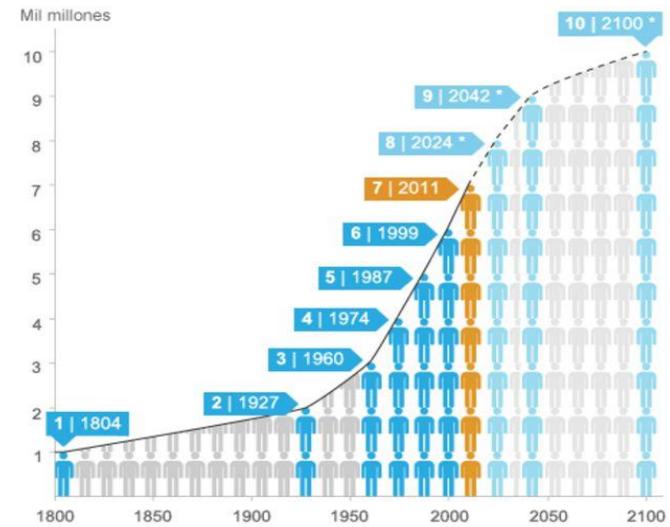
01 Introducción	02 Objetivos	03 Marco Teórico
04 Resultados	05 Conclusiones	06 Recomendaciones





Planteamiento del problema

Crecimiento de la población mundial: alcanzando 7 mil millones



* Cifras poblacionales futuras basadas en las predicciones de la ONU con una variante media
FUENTE: Fondo de Población de la ONU

Crecimiento Poblacional



Agotamiento de recursos



Gestión de residuos



Justificación

Producción de aparatos sanitarios



Residuos cerámicos



Adoquines con incorporación de material cerámico reciclado





Alcance

Determinar el porcentaje de cerámica óptimo adicionado a la mezcla de hormigón para obtener una resistencia a la compresión mayor o igual a 400 kg/cm² (39,23 MPa) y elaborar adoquines peatonales que cumplan con los requerimientos de calidad de la normativa vigente respecto a los ensayos de tracción indirecta y la resistencia a la abrasión.



Hipótesis

El uso de cerámica sanitaria reciclada como agregado grueso en la mezcla de hormigón puede aportar a la obtención de una mejor resistencia y desgaste del adoquín.





Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Determinar la dosificación del cemento, áridos gruesos, arena, cerámica triturada y agua, para varias composiciones de mezcla, con agregado pétreo proveniente de la cantera de Pintag.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los materiales pétreos y residuos cerámicos para elaborar una adecuada dosificación.
- Dosificar hormigones de resistencia de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, con varias proporciones de cerámica triturada.
- Evaluar la influencia del uso de cerámica triturada en la resistencia y desgaste de adoquines
- Elaborar ensayos de tracción indirecta y resistencia a la abrasión de adoquines.



Los adoquines son aquellos bloques macizos individuales que son habitualmente prefabricados con hormigón, los cuales son elaborados mediante un proceso de vibrocompactación



También nombrada como porcelana vítrea por su composición, es una pasta blanca opaca, de alta resistencia, vitrificada y absorción de agua casi nula. Se usa en la fabricación de varios aparatos sanitarios.

Artículos vitrificados.

Baja absorción de agua
(1%).

Alta resistencia.

Superficie lisa y
esmaltada por
limpieza.

Resistencia al trabajo
duro.

Resistencia al ataque
químico.

Residuos Sanitarios



Caracterización del agregado pétreo

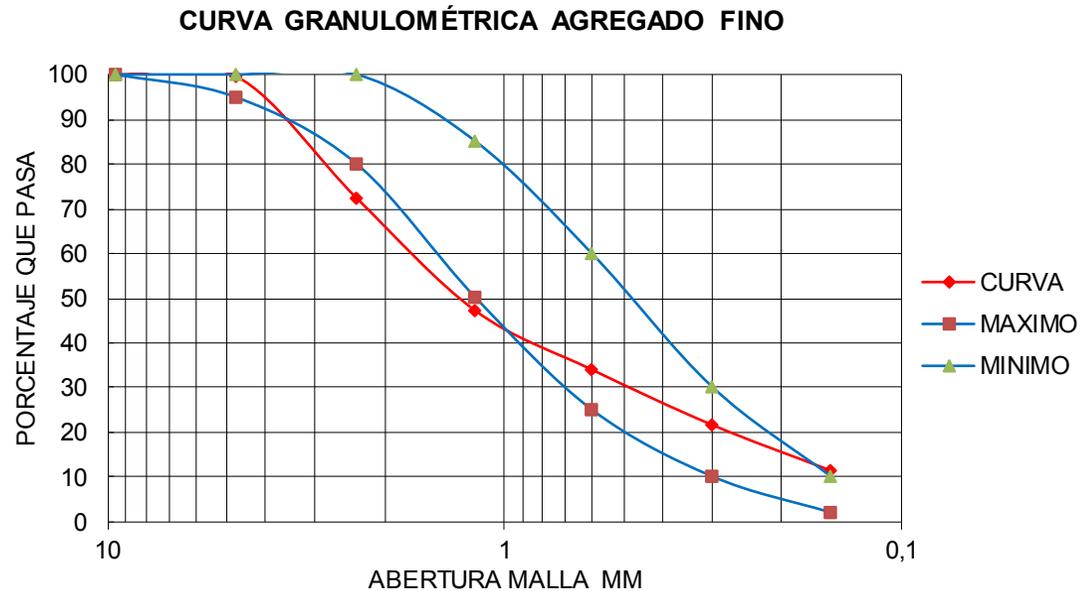


Vista panorámica de la
concesión minera REVTON
S.A.

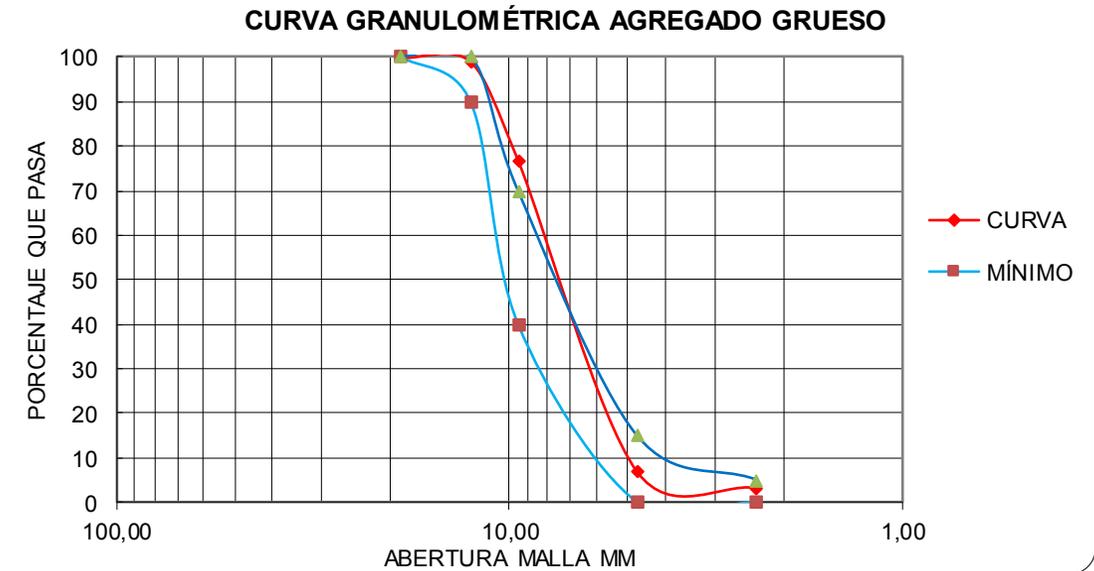


Ensayos de los materiales: Análisis granulométrico

Agregado fino



Agregado grueso



Agregado fino

Ensayos de los materiales: Contenido de humedad

% de agua = 4,60



Agregado grueso

% de agua = 4,94

*Ensayos de los materiales: Masa unitaria*

Suelta = 1,56



Compactada = 1,55



Suelta = 1,13



Compactada = 1,27

Ensayos de los materiales: Densidad y absorción

Agregado fino



Densidad
aparente y
absorción

2,64
g/cm³



1,97%



Agregado grueso

Densidad
aparente y
absorción



2,53
g/cm³



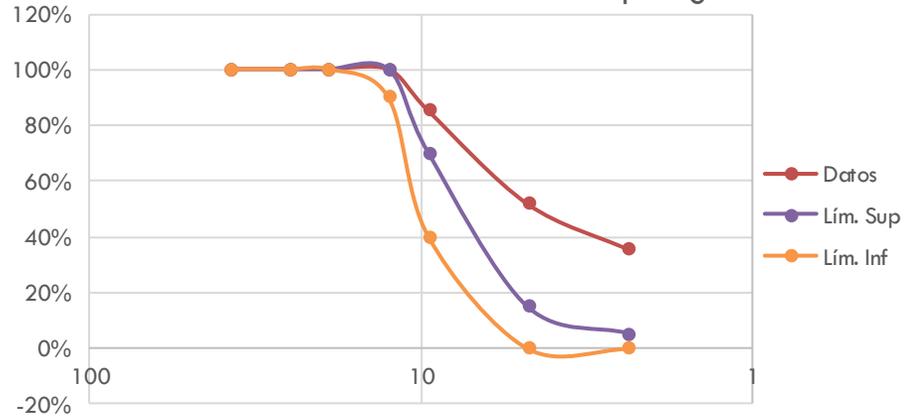
3,60%



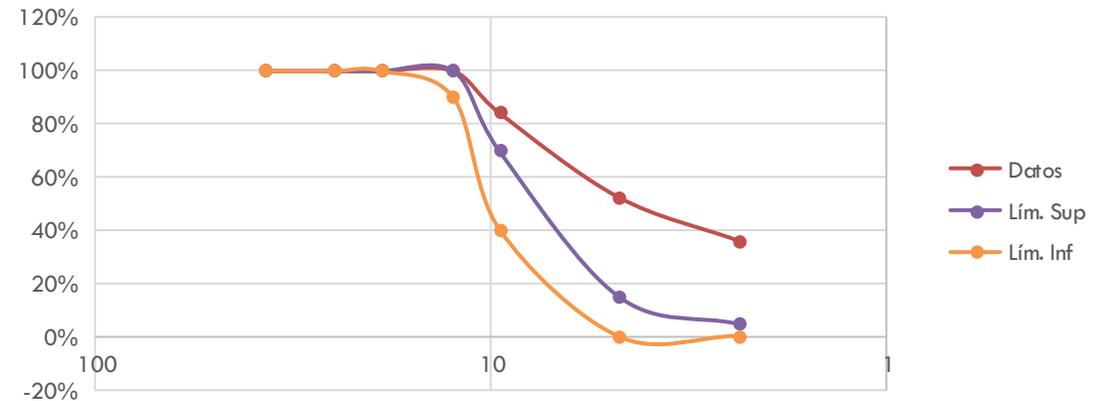
Triturado



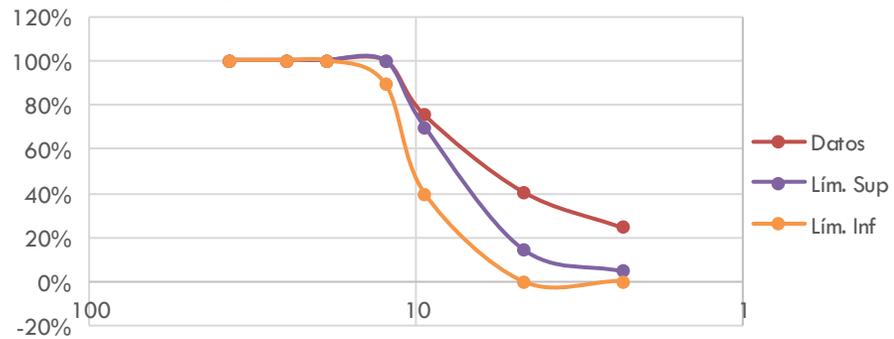
Curva Granulométrica Cerámica Máq. Ángeles



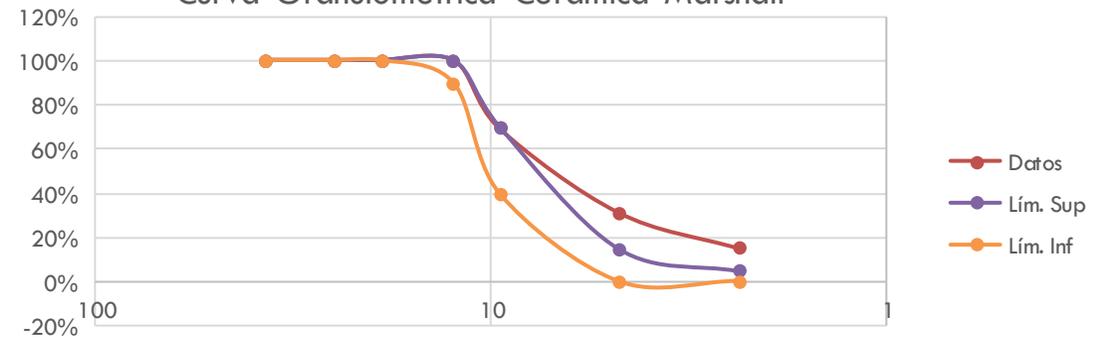
Curva Granulométrica Cerámica Máq. Ángeles 2 Esferas



Curva Granulométrica Cerámica Manual



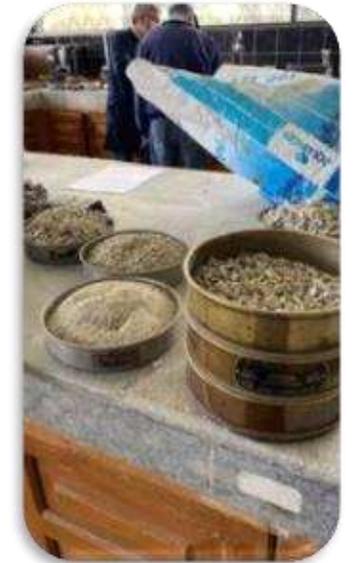
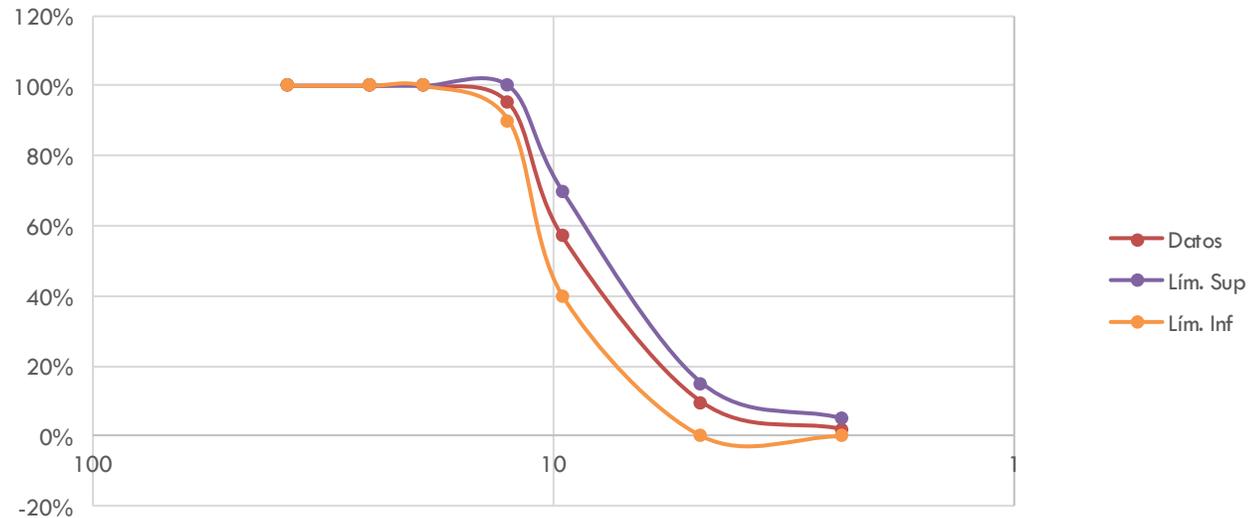
Curva Granulométrica Cerámica Marshall



Análisis Granulométrico (INEN 872)

Tamiz	Retenido (g)	Peso Retenido Acumulado	%Retenido Acumulado	%Acumulado que pasó	Límite Superior	Límite Inferior
1/2	12,5	5000	5000	5%	95%	100%
3/8"	9,5	40000	45000	43%	57%	70%
N.4	4,76	50000	95000	90%	10%	15%
N.8	2,36	8000	103000	98%	2%	5%
Pasante	2000	105000	105000	100%	0%	0%
	105000					

Curva Granulométrica Ideal Cerámica Marshall



GRAVEDAD ESPECÍFICA O DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN (INEN 857)

Gravedad específica aparente = $2,346 \frac{gr}{cm^3}$

Gravedad específica (SSS) = $2,343 \frac{gr}{cm^3}$

Gravedad específica (SSS) = $2,341 \frac{gr}{cm^3}$

% Absorción de agua = 0,10



Contenido de humedad (INEN 862)

% de agua media = 0,10

***Masa unitaria (Peso volumétrico) y porcentaje de vacíos (INEN 958)***

Densidad varillada = $1,32 \frac{gr}{cm^3}$



% de vacíos = 10,09

Resumen de propiedades

Parámetro	Unidad	Agregados			
		Grava	Grueso Cerámica	Media	Fino
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	Kg/m ³	2529,74	2346,22	2437,98	2639,36
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	Kg/m ³	2401,7	2343,06	2372,38	2558,01
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	Kg/m ³	2318,24	2340,71	2329,48	2508,59
Absorción de agua	%	3,6	0,1		1,97
Módulo de finura					3,13
Tamaño máximo nominal		0,5	0,5	0,5	
Humedad natural	%	4,94	0,1		4,76
Peso vol. Suelto	Kg/m ³	1133,84	1154,64	1144,24	1556,52
Peso vol. Compacto	Kg/m ³	1274,49	1323,68	1299,08	1553,96



Dosificación

Parámetro	Unidad	0% Cerámica	50% Cerámica	100% Cerámica
Asentamiento	cm	0-1	0-1	0-1
Tamaño nominal	in	0,50	0,50	0,50
Resistencia de diseño $f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$	kg/cm ²	491,00	491,00	491,00
Relación agua cemento - a/c		0,28	0,28	0,28



Proporciones iniciales

0% cerámica

0,28 : 1 : 1,32 : 1,06

50% cerámica

0,28 : 1 : 1,30 : 1,06

100% cerámica

0,28 : 1 : 1,29 : 1,07

Parámetro		Unidad	0% Cerámica	50% Cerámica	100% Cerámica
Peso seco	Agua	L	2,52	3,37	3,37
	Cemento	kg	8,48	11,36	11,36
	Arena	kg	11,18	14,79	14,6
	Ripio	kg	9,00	6,04	0
	Cerámica	kg	0	6,04	12,1

Introducción	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Ensayos Agregado Pétreo		Ensayo Material Cerámico		Dosificación	

Al trabajar con agregados bajo condiciones naturales, se debe considerar la humedad y absorción de los agregados, para ello se considera la siguiente formula:

$$A = M(H - Abs)$$

Material	Unidad	Agua retirada		
		0% Cerámica	50% Cerámica	100% Cerámica
Arena	kg	0,312	0,413	0,408
Ripio	kg	0,121	0,081	0
Cerámica	kg	0	0	0
Total	kg	0,433	0,494	0,408

Ajuste por humedad

Parámetro		Unidad	0% Cerámica	50% Cerámica	100% Cerámica
Peso húmedo	Agua	L	2,08	2,88	2,96
	Cemento	kg	8,48	11,36	11,36
	Arena	kg	11,71	15,49	15,3
	Ripio	kg	9,45	6,34	0
	Cerámica	kg	0	6,05	12,11

● Elaboración de Cilindros



ASTM C 1064

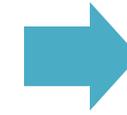
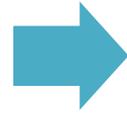


INEN 1578

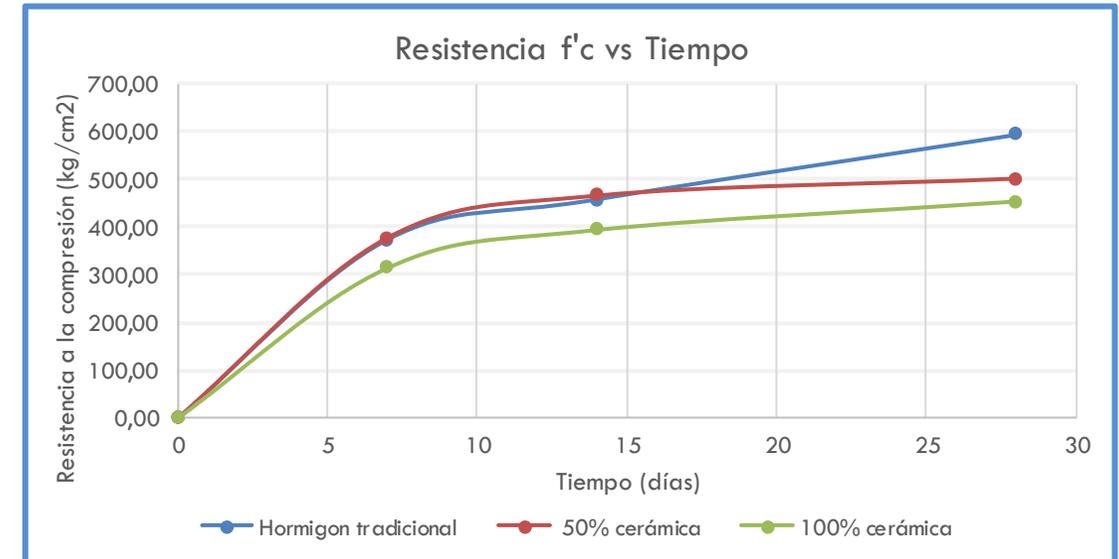
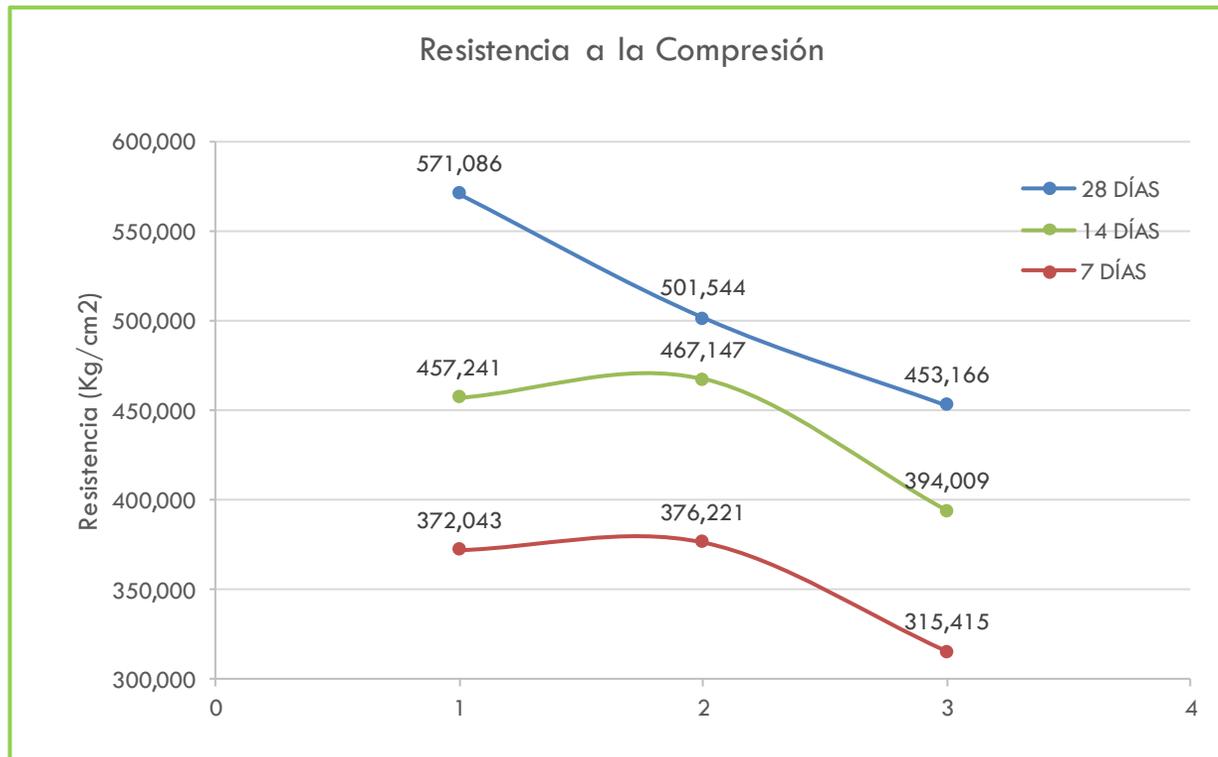


INEN 1576

● Elaboración de Adoquines



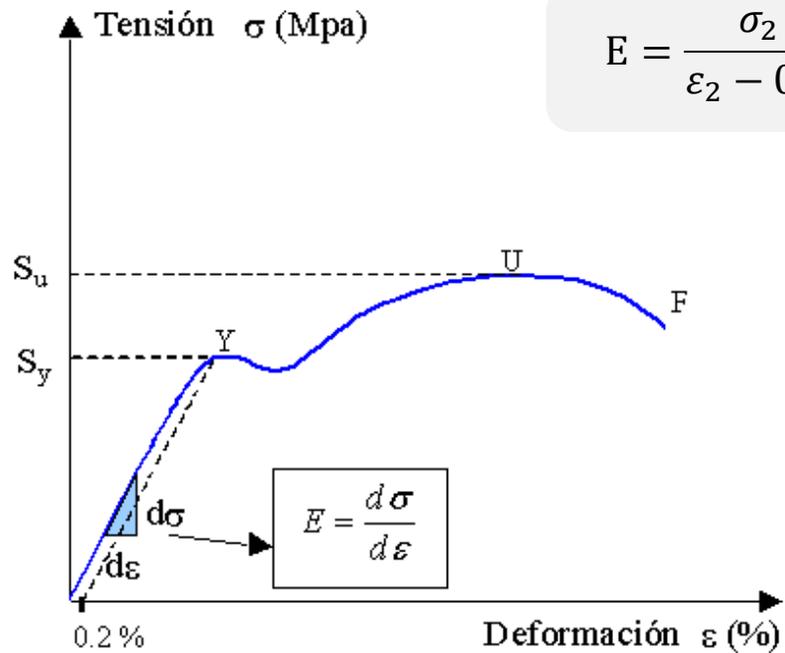
Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón (INEN 1573)



Días	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	0% Cerámica	50% Cerámica	100% Cerámica
0	0,00	0,00	0,00
7	372,04	376,22	315,42
14	457,24	467,15	394,01
28	594,42	501,54	453,17

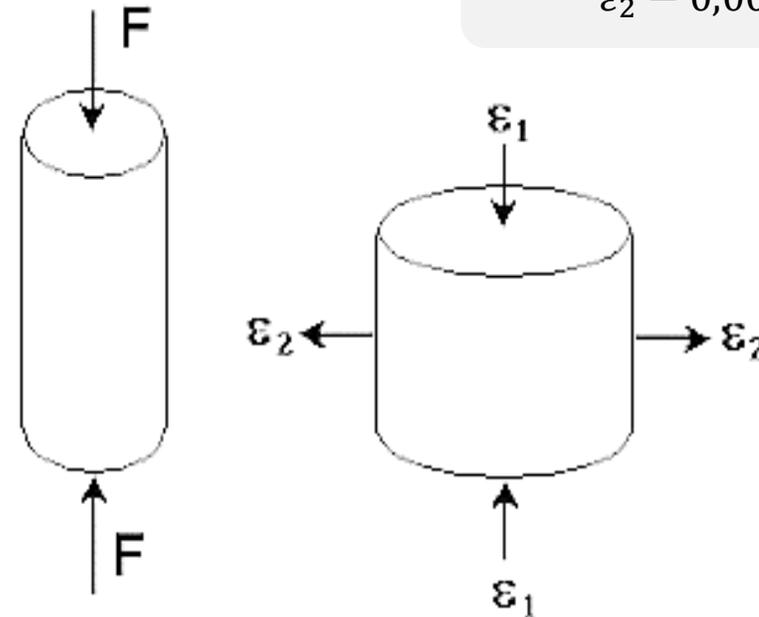
● Módulo de Elasticidad y Coef. De Poisson

Modulo de Elasticidad



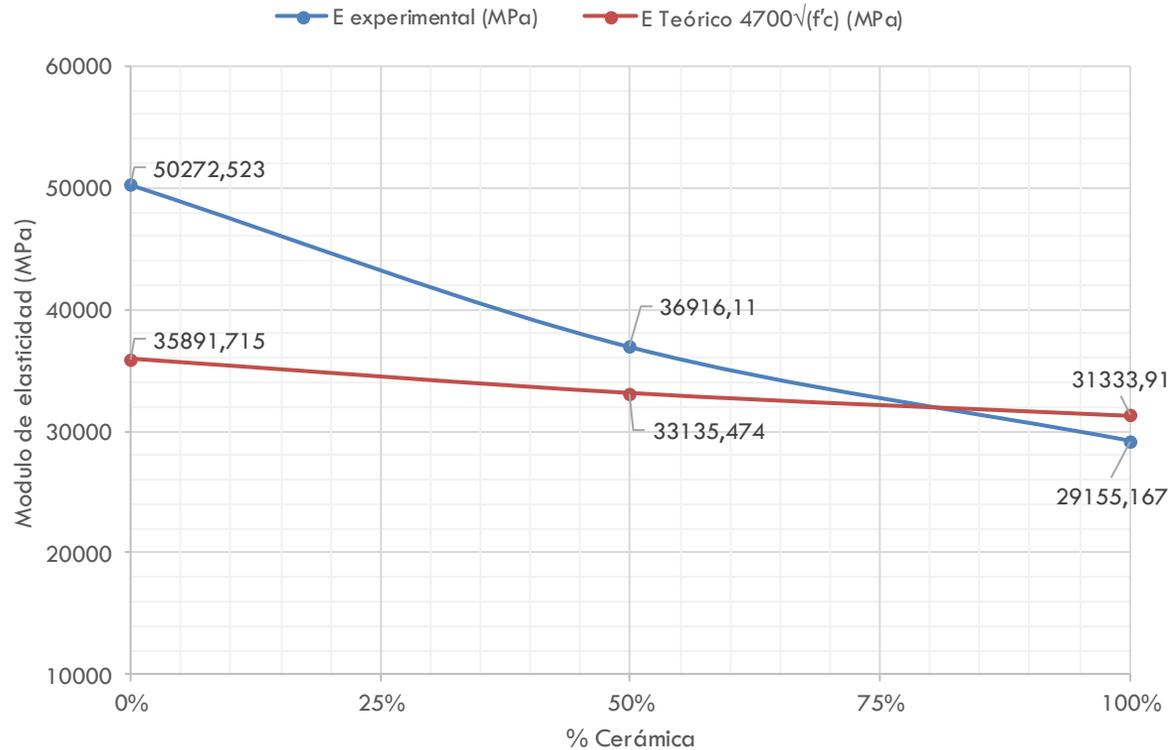
$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - 0,0005}$$

Coeficiente de Poisson

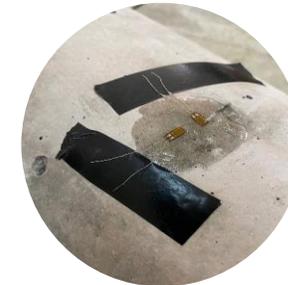


$$u = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0,0005}$$

Modulo de Elasticidad vs %Cerámica

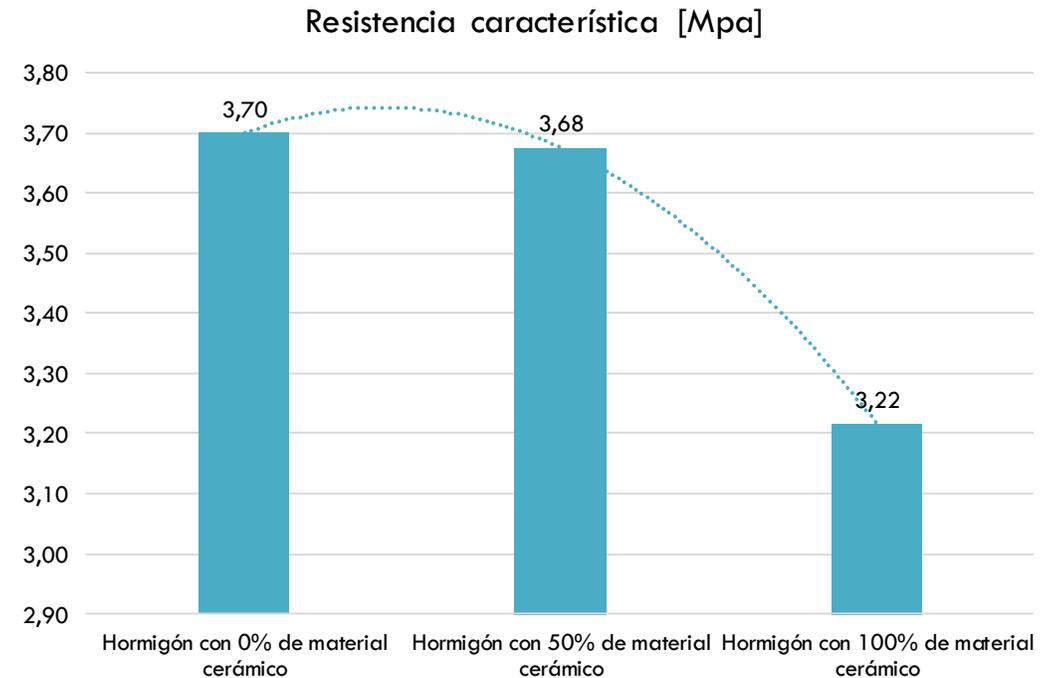


% Cerámica	Resistencia (MPa)	E experimental (MPa)	E Teórico (MPa)
0%	58,317	50272,523	35891,71
50%	49,704	36916,11	33135,47
100%	44,446	29155,167	31333,91



● Resistencia a la Tracción Indirecta

Tipo de Mezcla	Resistencia promedio [Mpa]	Desviación Estándar	Resistencia característica [Mpa]
Hormigón con 0% de material cerámico	4,4	0,43	3,70
Hormigón con 50% de material cerámico	4,4	0,44	3,68
Hormigón con 100% de material cerámico	3,9	0,39	3,22



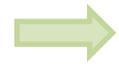
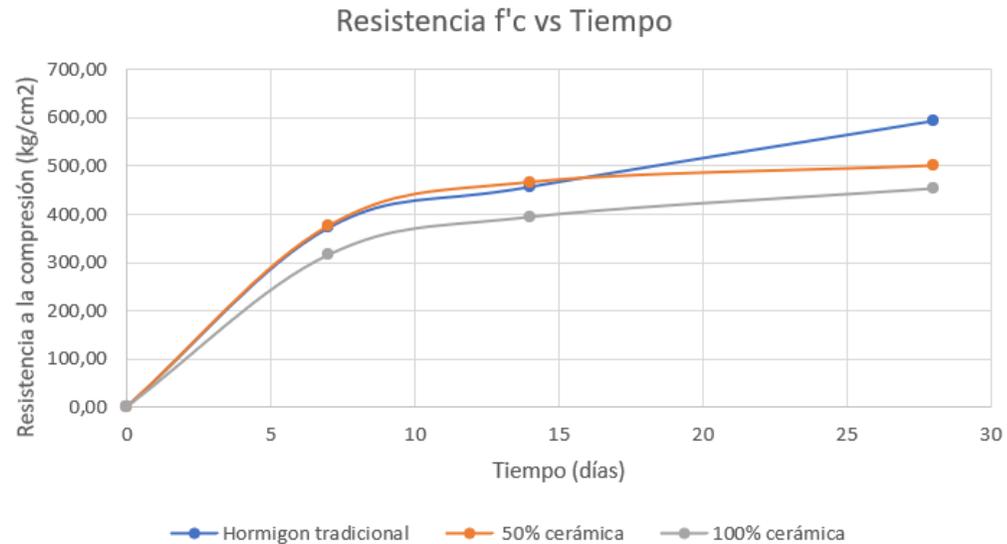
● Resistencia a la abrasión

Tipo de Mezcla	Adoquín	Long. Huella Redond. [mm]	Promedio Long. Huella [mm]
Hormigón con 0% de material cerámico	1-H	22,0	21,0
	2-H	20,0	
	3-H	21,0	
Hormigón con 50% de material cerámico	1-C50	20,0	20,7
	2-C50	23,0	
	3-C50	19,0	
Hormigón con 100% de material cerámico	1-C100	20,0	20,0
	2-C100	21,0	
	3-C100	19,0	

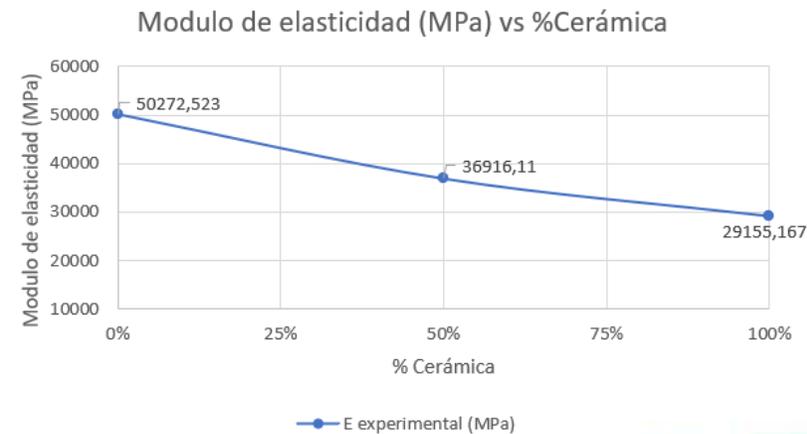




Resistencia a la compresión

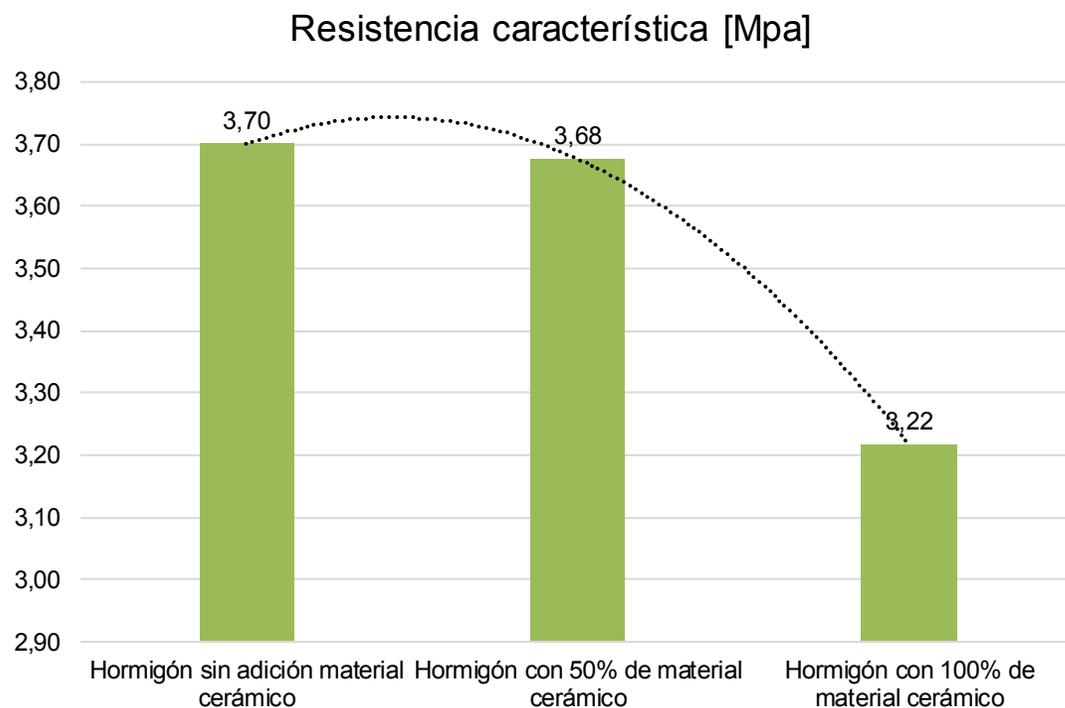


Módulo de elasticidad

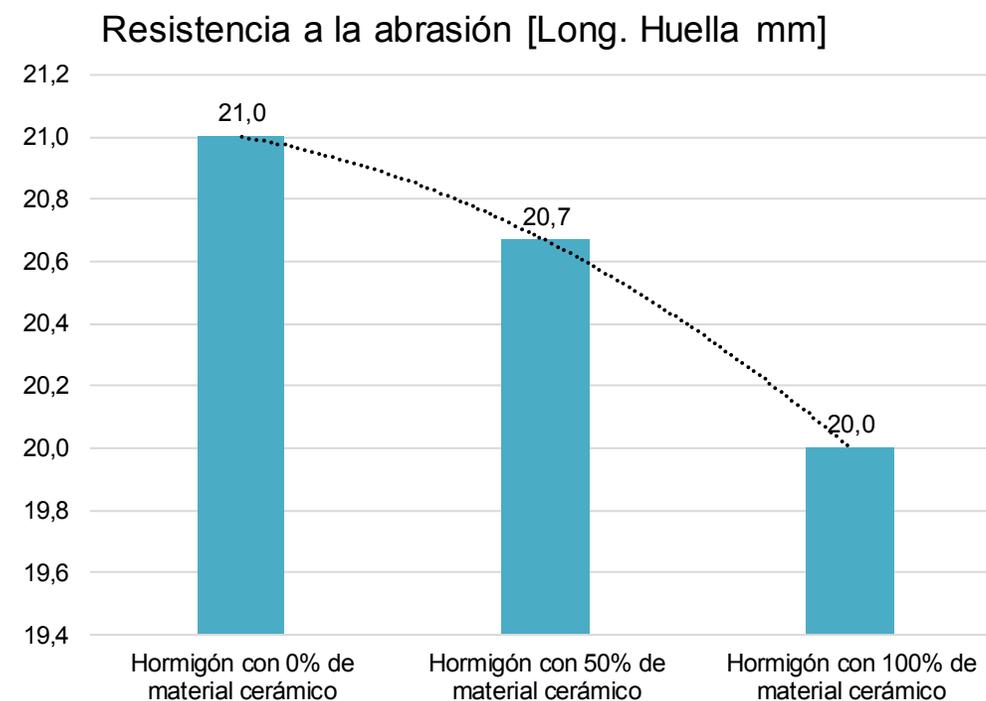


Coeficiente de Poisson

● Resistencia a la tracción indirecta



● Resistencia a la abrasión



● Resumen de resultados

Tipo de Mezcla	Resistencia a la compresión	Resistencia a la Tracción Indirecta	Resistencia a la Abrasión
Hormigón con 0% de material cerámico	571,08 [Kg/cm ²]	3,70 [MPa]	21,0 [mm]
Hormigón con 50% de material cerámico	501,54 [Kg/cm ²]	3,68 [MPa]	20,7 [mm]
Hormigón con 100% de material cerámico	453,17 [Kg/cm ²]	3,22 [MPa]	20,0 [mm]



● Recomendaciones



Implementar

Instalación de producción de material triturado



Complementar

10%, 25%, 75% y 90% de agregado cerámico



Evaluar

Uso del residuo cerámico como agregado fino



Elaborar

Análisis económico



Continuar

Investigación de alternativas



Gracias por su
atención



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

