

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 LA RESISTENCIA ÓPTIMA DE UN ADOQUÍN PEATONAL CON SUSTITUCIÓN DE RIPIO CON MATERIAL DE RECICLAJE DE PIEZAS DE CERÁMICA VITRIFICADA DE LAVABOS E INODOROS EN 25%, 50% Y 75%”

Tutor: Ing. Durán Carrillo, José Ricardo

Autores: Ayo Abadiano, Félix Sebastián
Codena Lugmaña, Kevin Mesias
Paillacho Gómez, Dennis Vanessa
Sánchez Gavilanes, Paola Estefanía

Sangolquí, 07 de marzo de 2023



TABLA DE CONTENIDO

I

Introducción

II

Objetivos

III

Marco teórico

IV

Materiales y métodos

V

Resultados

VI

Conclusiones y recomendaciones



Antecedentes



Piedras redondeadas



Piezas más uniformes

Madera



Arcilla Cocida



Concreto





Planteamiento del problema



Explotación minera



Desequilibrio ambiental



Reutilización de materiales



Justificación del problema



Producción de aparatos sanitarios



Residuos cerámicos



Saturación de escombreras

Elaboración de adoquines con residuos cerámicos triturados





Alcance del proyecto

Por medio de un trabajo de investigación práctico y detallado se busca elaborar adoquines peatonales con una resistencia a la compresión mayor o igual a 400 kg/cm^2 sustituyendo distintos porcentajes de cerámica como parte del agregado grueso y así determinar el porcentaje óptimo con el cual se cumpla todos los requisitos que el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN establece con respecto a los ensayos de tracción indirecta, humedad y resistencia a la abrasión.



Hipótesis

Un hormigón para la elaboración de adoquines que tiene en su mezcla incorporado ciertos porcentajes de cerámica triturada en reemplazo del agregado grueso, puede adquirir propiedades favorables en su resistencia y desgaste.





Objetivos del proyecto

Objetivo General

Determinar la dosificación del cemento, áridos gruesos, arena, agua y cerámica triturada en reemplazo del árido grueso, para varias resistencias de adoquines, con materiales de la cantera de Pintag.

Objetivos Específicos

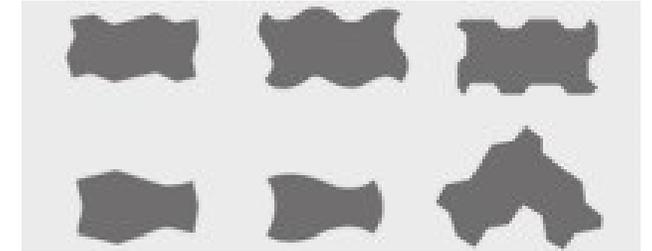
- Determinar las propiedades físicas de los materiales pétreos y residuos cerámicos vitrificados para alcanzar una adecuada dosificación.
- Dosificar hormigones de resistencia $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$, incluyendo varias proporciones de 0%, 25%, 50% y 75% de cerámica triturada.
- Analizar la influencia del uso de cerámica vitrificada triturada en la resistencia y desgaste de adoquines.
- Realizar ensayos de absorción, tracción indirecta y resistencia a la abrasión en adoquines.

Adoquines

TIPO A



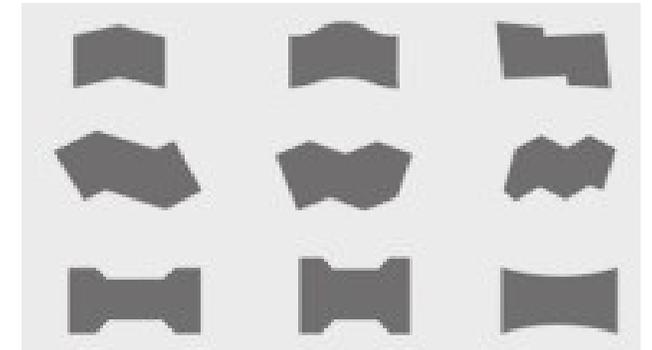
Adoquines dentados que al unirse, resisten la expansión de las juntas paralelamente, tanto en los ejes longitudinales como en los transversales.



TIPO B



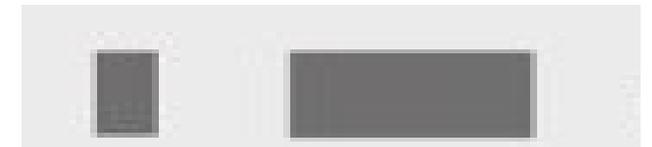
Adoquines dentados que al unirse, resisten la expansión de las juntas paralelamente sólo en los ejes longitudinales de los adoquines.



TIPO C



Adoquines de perfil sencillo que no se unen y que dependen de su precisión dimensional y de la precisión en su colocación.



Cerámica Vitrificada



Cerámica vitrificada triturada

Las cerámicas vítreas son materiales que se fabrican mediante una cristalización controlada de vidrios.

Estructura uniforme

Muy cristalina

No porosa

Obtención de Agregados Pétreos



Cantera de Pintag



Agregado Grueso
(1/2")



Agregado Fino

Obtención de la Cerámica



Fábrica FV Andina



GRIFERIA DE
ALTA TECNOLOGÍA

Cerámica reciclada de
lavabos e inodoros



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Caracterización de Materiales Pétreos

Granulometría

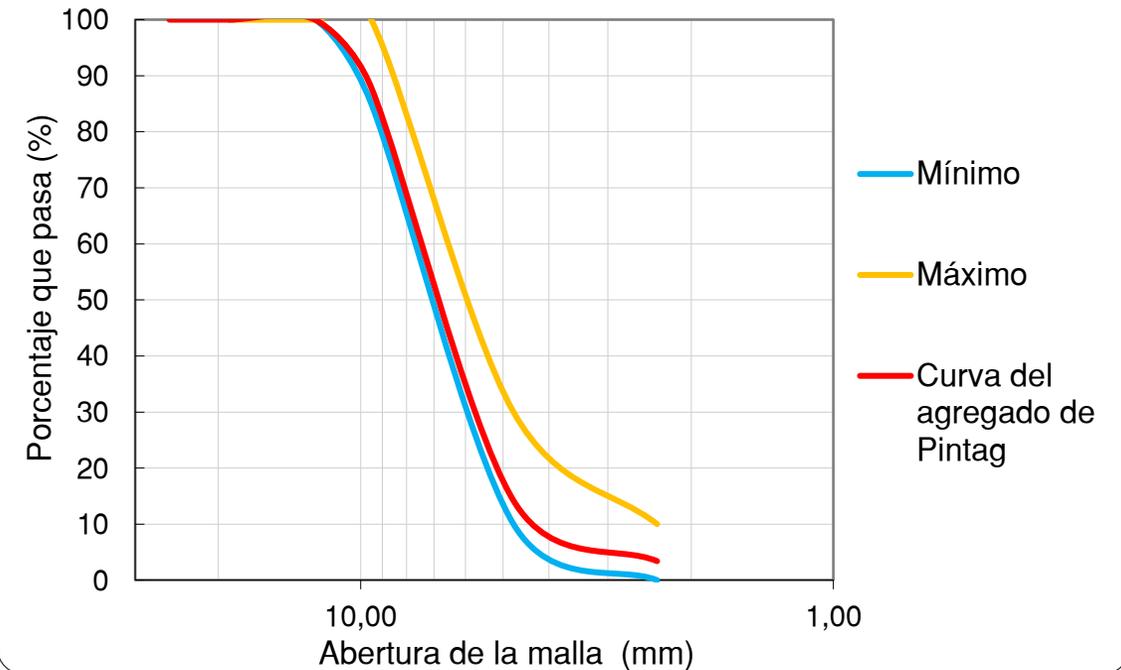
NTE INEN 696



| TAMICES | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO ACUMULADO | % RETENIDO ACUMULADO | % ACUMULADO PASA |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| 3" (76,10 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 2" (51,80 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 1/2" (38,10 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1" (25,40 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4" (19,0 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2" (12,50mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8" (9,51 mm) | 241,70 | 241,70 | 12,00 | 88,00 |
| No. 4 (4,76 mm) | 1471,00 | 1712,70 | 86,00 | 14,00 |
| No. 8 (2.36 mm) | 215,50 | 1928,20 | 97,00 | 3,00 |
| Pasante No. 8 | 68,20 | 1996,40 | 100,00 | 0,00 |

Agregado Grueso Tamaño máximo nominal 3/8"

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



Caracterización de Materiales Pétreos

Granulometría

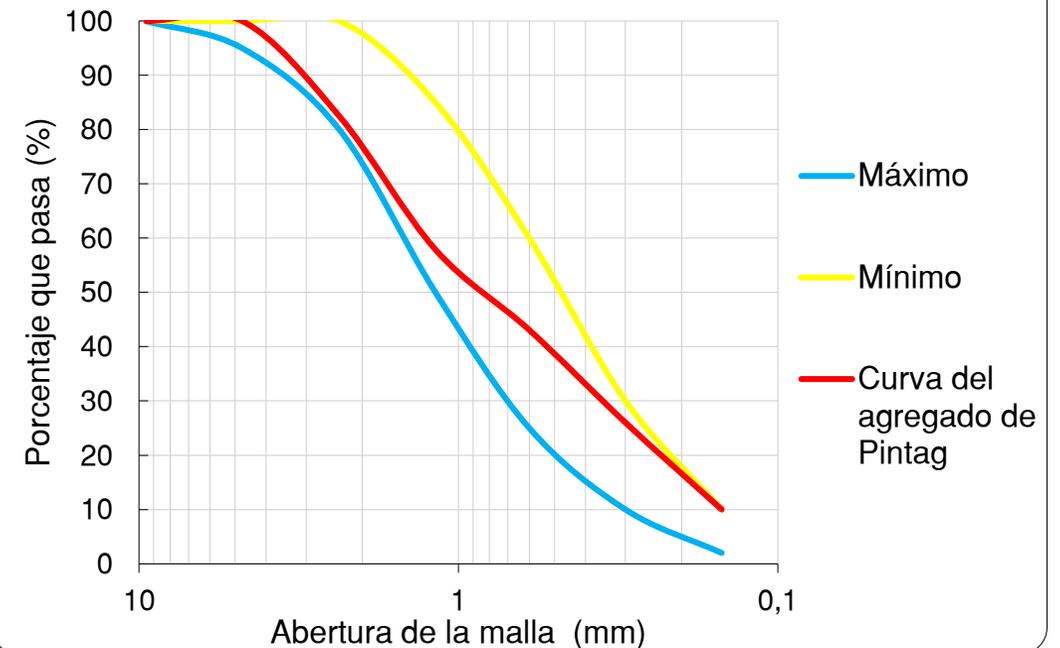
NTE INEN 696



| TAMICES | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO ACUMULADO | % RETENIDO ACUMULADO | % ACUMULADO PASA TOTAL |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| 3/8" (9.50 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| No. 4 (4,76 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| No. 8 (2,36 mm) | 89,88 | 89,88 | 17,00 | 83,00 |
| No. 16 (1,18 mm) | 127,02 | 216,90 | 42,00 | 58,00 |
| No. 30 (0,60 mm) | 75,98 | 292,88 | 57,00 | 43,00 |
| No. 50 (0,30 mm) | 88,52 | 381,40 | 74,00 | 26,00 |
| No. 100 (0,15 mm) | 82,03 | 463,43 | 90,00 | 10,00 |
| Pasante No. 100 | 52,27 | 515,70 | 100,00 | 0,00 |

Agregado Fino Módulo de finura 2,81

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



Caracterización de Materiales Pétreos

Contenido de humedad

NTE INEN 862

Agregado fino

% de agua: 4,47



Agregado grueso

% de agua: 1,27



Caracterización de Materiales Pétreos

Densidad, gravedad específica y absorción

Agregado grueso

NTE INEN 857

| | | |
|---|-------------------|------|
| Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) | g/cm ³ | 2,52 |
| Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) | g/cm ³ | 2,40 |
| Densidad relativa (gravedad específica) | g/cm ³ | 2,32 |
| Absorción de agua | % | 3,40 |



Caracterización de Materiales Pétreos

Densidad, gravedad específica y absorción

Agregado fino

NTE INEN 856

| | | |
|---|-------------------|------|
| Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) | g/cm ³ | 2,63 |
| Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) | g/cm ³ | 2,52 |
| Densidad relativa (gravedad específica) | g/cm ³ | 2,45 |
| Absorción de agua | % | 2,71 |



Caracterización de Materiales Pétreos

Masa unitaria y porcentaje de vacíos

NTE INEN 858



Densidad Volumétrica Suelta:

1,36 g/cm³

Densidad Volumétrica Varillada:

1,50 g/cm³

Porcentaje de Vacíos:

1,37 %

Agregado fino

Agregado grueso

1,21 g/cm³

1,32 g/cm³

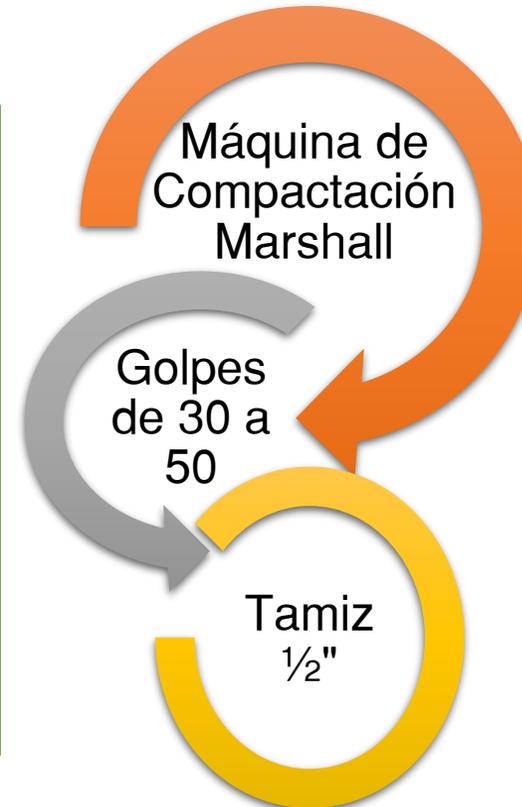
1,22 %

Caracterización de la Cerámica

Trituración

| Tamaño del Tamiz | Porcentaje que pasa (%) Áridos de 9,50-2,30 mm |
|------------------|---|
| 3/4 " (19,00 mm) | 100 a 100 |
| 1/2" (12,50 mm) | 100 a 100 |
| 3/8" (9,51 mm) | 85 a 100 |
| No.4 (4,76 mm) | 10 a 30 |
| No.8 (2,36 mm) | 0 a 10 |

NTE INEN 872



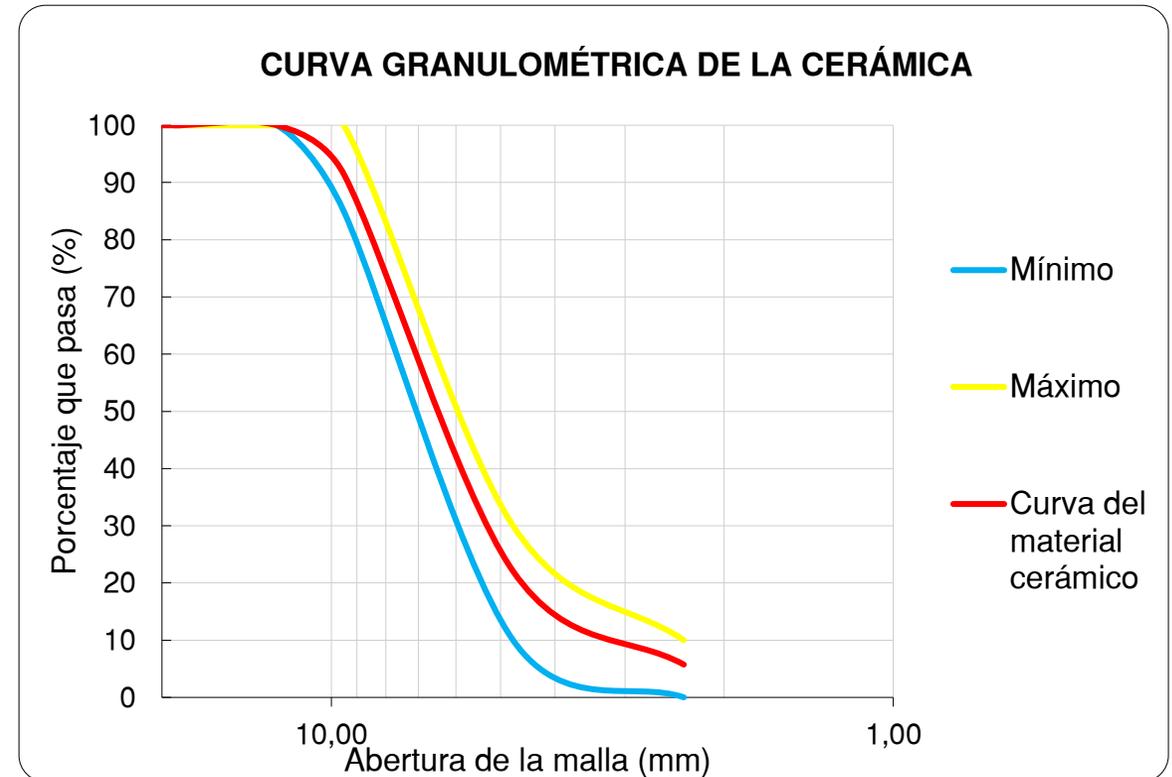
Caracterización de la Cerámica

Granulometría

NTE INEN 696



| TAMICES | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO ACUMULADO | % RETENIDO ACUMULADO | % ACUMULADO PASA |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| 3" (76,10 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 2" (51,80 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 1/2" (38,10 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1" (25,40 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4" (19,00 mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2" (12,50mm) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8" (9,51 mm) | 170,80 | 170,80 | 9,00 | 91,00 |
| No.4 (4,76 mm) | 1387,10 | 1557,90 | 78,00 | 22,00 |
| No.8 (2,36 mm) | 326,10 | 1884,00 | 94,00 | 6,00 |
| Pasante No. 8 | 115,00 | 1999,00 | 100,00 | 0,00 |



Caracterización de la Cerámica

Contenido de humedad

NTE INEN 862



% de agua: 0,04



Caracterización de la Cerámica

Densidad, gravedad específica y absorción

NTE INEN 857

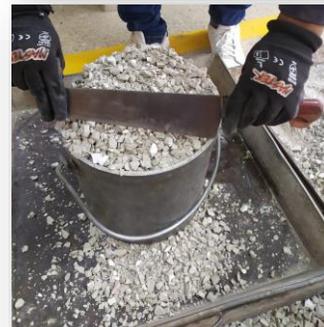


| | | |
|---|-------------------|------|
| Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) | g/cm ³ | 2,38 |
| Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) | g/cm ³ | 2,19 |
| Densidad relativa (gravedad específica) | g/cm ³ | 2,06 |
| Absorción de agua | % | 6,50 |

Caracterización de la Cerámica

Masa unitaria y porcentaje de vacíos

NTE INEN 858



Densidad Volumétrica Suelta:

1,37 g/cm³

Densidad Volumétrica Varillada:

1,43 g/cm³

Porcentaje de Vacíos:

1,36 %

Resumen Caracterización de Materiales

| PARÁMETRO | UNIDAD | AGREGADOS | | |
|---|-------------------|-----------|---------|----------|
| | | Grueso | Fino | Cerámica |
| Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) | kg/m ³ | 2520,00 | 2630,00 | 2380,00 |
| Absorción de agua | % | 3,38 | 2,71 | 6,50 |
| Módulo de finura | | | 2,81 | |
| Tamaño máximo nominal | in | 3/8 | | 3/8 |
| Humedad natural | % | 1,30 | 4,50 | 0,04 |
| Peso volumétrico suelto | kg/m ³ | 1210,00 | 1320,00 | 1370,00 |
| Peso volumétrico compactado | kg/m ³ | 1320,00 | 1500,00 | 1430,00 |



Dosificación

Se realiza por el método del ACI 211 con una serie de 9 pasos donde se hace el ajuste por humedad de agregados y correcciones a las mezclas.



1. Selección del asentamiento

El asentamiento se lo eligió en función del tipo de proyecto, para ello se escogió un asentamiento de 3 cm para la elaboración de adoquines.

2. Tamaño máximo del agregado

De acuerdo con los ensayos de caracterización del agregado grueso se obtuvo un tamaño máximo nominal de 3/8".



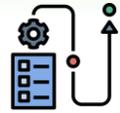
3. Estimación del agua de la mezcla

Tomando en cuenta el asentamiento y el tamaño máximo nominal para concretos sin aire incluido se toma un valor 205 kg/cm³.

4. Determinación de la resistencia de dosificación

Basándonos en la resistencia de diseño de $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$, se calculó la resistencia de dosificación $f'_{cr} = 490,99 \text{ kg/cm}^2$





Dosificación



5. Selección de la relación A/C

En base a la resistencia y como es concreto sin inclusión de aire se obtiene una relación A/C de 0,28.

6. Contenido de cemento y aditivo

Con la relación A/C y la cantidad de agua se obtuvo un contenido de cemento de 734,76 kg

7. Proporción de agregado grueso

Dentro de la dosificación para la proporción de agregado grueso se obtuvo un valor de 0,79



8. Proporción de agregado fino

Dentro de la dosificación para la proporción de agregado fino se obtuvo un valor de 1,10

9. Dosificación

Agua : Cemento : Arena : Ripio

0,28 : 1 : 1,10 : 0,79





Diseño de mezcla

Diseño de mezcla para probetas 0% de cerámica 10 probetas grandes

| Material | Peso seco | Peso húmedo | Unidad |
|----------|-----------|-------------|--------|
| Agua | 16,91 | 16,74 | kg |
| Cemento | 60,61 | 60,61 | kg |
| Arena | 55,62 | 58,11 | kg |
| Ripio | 38,27 | 38,75 | kg |

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

Donde:

M= peso de la muestra seca (kg)

H= humedad de agregados en tanto por uno

Abs= absorción del agregado en tanto por uno

Diseño de mezcla para probetas 25% de cerámica 4 probetas grandes - 6 probetas pequeñas

| Material | Peso seco | Peso húmedo | Unidad |
|----------|-----------|-------------|--------|
| Agua | 9,77 | 9,95 | kg |
| Cemento | 35,02 | 35,02 | kg |
| Arena | 32,14 | 33,57 | kg |
| Ripio | 22,11 | 22,39 | kg |

| | | Peso volumétrico [kg/m ³] |
|---|--------------|---------------------------------------|
| Peso húmedo agregado grueso [kg] | 22,39 | 1322,00 |
| Volumen agregado grueso [m ³] | 0,02 | |
| 25% de volumen [m ³] | 0,004 | |
| <i>Peso de Cerámica [kg]</i> | <i>6,06</i> | <i>1431,00</i> |
| <i>Peso de Agregado Grueso [kg]</i> | <i>16,33</i> | |



Diseño de mezcla

Diseño de mezcla para probetas 50% de cerámica 4 probetas grandes - 6 probetas pequeñas

| Material | Peso seco | Peso Húmedo | Unidad | | | Peso volumétrico [kg/m ³] |
|----------|-----------|-------------|--------|---|-------|---------------------------------------|
| Agua | 9,77 | 10,22 | kg | Peso húmedo agregado grueso [kg] | 22,39 | 1322,00 |
| Cemento | 35,02 | 35,02 | kg | Volumen agregado grueso [m ³] | 0,02 | |
| Arena | 32,14 | 33,57 | kg | 50% de volumen [m ³] | 0,01 | |
| Ripio | 22,11 | 22,39 | kg | Peso de Cerámica [kg] | 12,11 | 1431,00 |
| | | | | Peso de Agregado Grueso [kg] | 10,28 | |

Diseño de mezcla para probetas 75% de cerámica 4 probetas grandes - 6 probetas pequeñas

| Material | Peso seco | Peso Húmedo | Unidad | | | Peso volumétrico [kg/m ³] |
|----------|-----------|-------------|--------|---|-------|---------------------------------------|
| Agua | 9,77 | 10,49 | kg | Peso húmedo agregado grueso [kg] | 22,39 | 1322,00 |
| Cemento | 35,02 | 35,02 | kg | Volumen agregado grueso [m ³] | 0,02 | |
| Arena | 32,14 | 33,57 | kg | 75% de volumen [m ³] | 0,01 | |
| Ripio | 22,11 | 22,39 | kg | Peso de cerámica [kg] | 18,17 | 1431,00 |
| | | | | Peso de agregado grueso [kg] | 4,22 | |



Resumen de cantidad de materiales

| Parámetro | | 0% cerámica | 25% cerámica | 50% cerámica | 75% cerámica | unidad |
|-------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| Peso húmedo | Agua | 16,74 | 9,95 | 10,22 | 10,49 | kg |
| | Cemento | 60,61 | 35,02 | 35,02 | 35,02 | kg |
| | Arena | 58,11 | 33,57 | 33,57 | 33,57 | kg |
| | Ripio | 38,75 | 16,33 | 10,28 | 4,22 | kg |
| | Cerámica | 0,00 | 6,06 | 12,11 | 18,17 | kg |

Elaboración de cilindros



Pesaje de material



Mezcla de hormigón



Vaciado de hormigón



Temperatura
ASTM C 1064



Ensayo de asentamiento
NTE INEN 1578



Toma de cilindros

Elaboración de adoquines



Pesaje de Material



Vaciado del Material



Mezcla del Material



Vaciado de Hormigón



Compactación de Adoquines



Adoquines

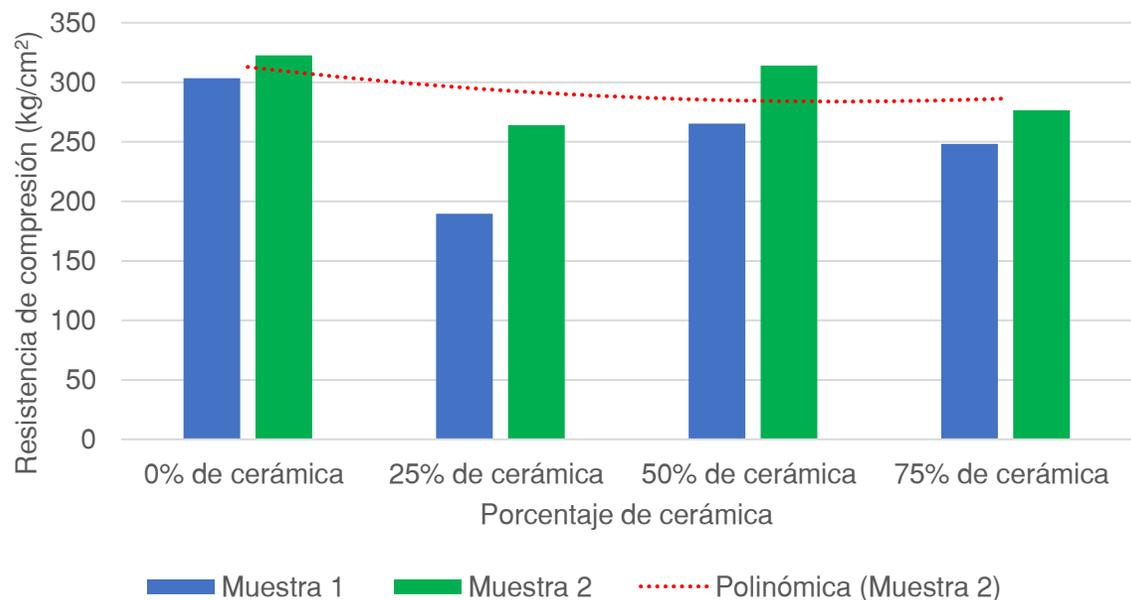




Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón-4 días

Resistencia a la compresión - 4 días



Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 4 días

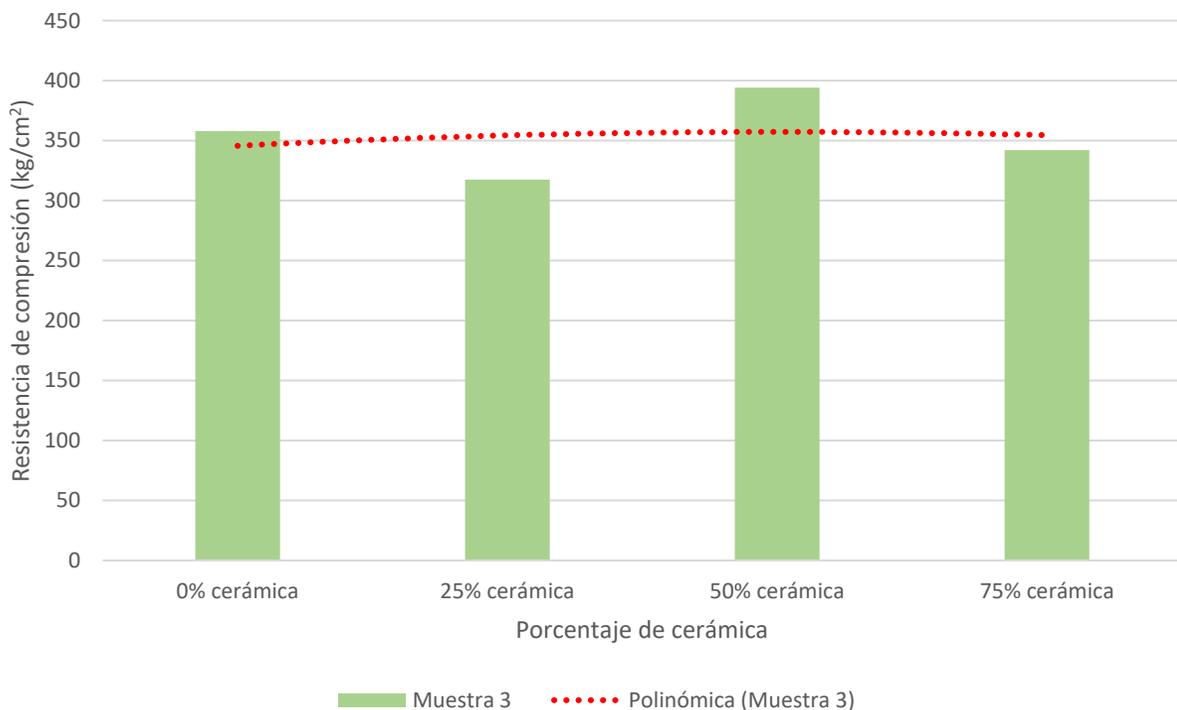
| | Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) | Valor porcentual respecto a 0% de cerámica | Variación porcentual | Variación de resistencia (kg/cm ²) |
|--------------|--|--|----------------------|--|
| 0% cerámica | 313,06 | 100,00% | 0,00% | 0,00 |
| 25% cerámica | 226,76 | 72,43% | -27,57% | -86,30 |
| 50% cerámica | 289,73 | 92,55% | -7,45% | -23,33 |
| 75% cerámica | 262,39 | 83,81% | -16,19% | -50,67 |



Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón- 7 días

Resistencia a la compresión - 7 días



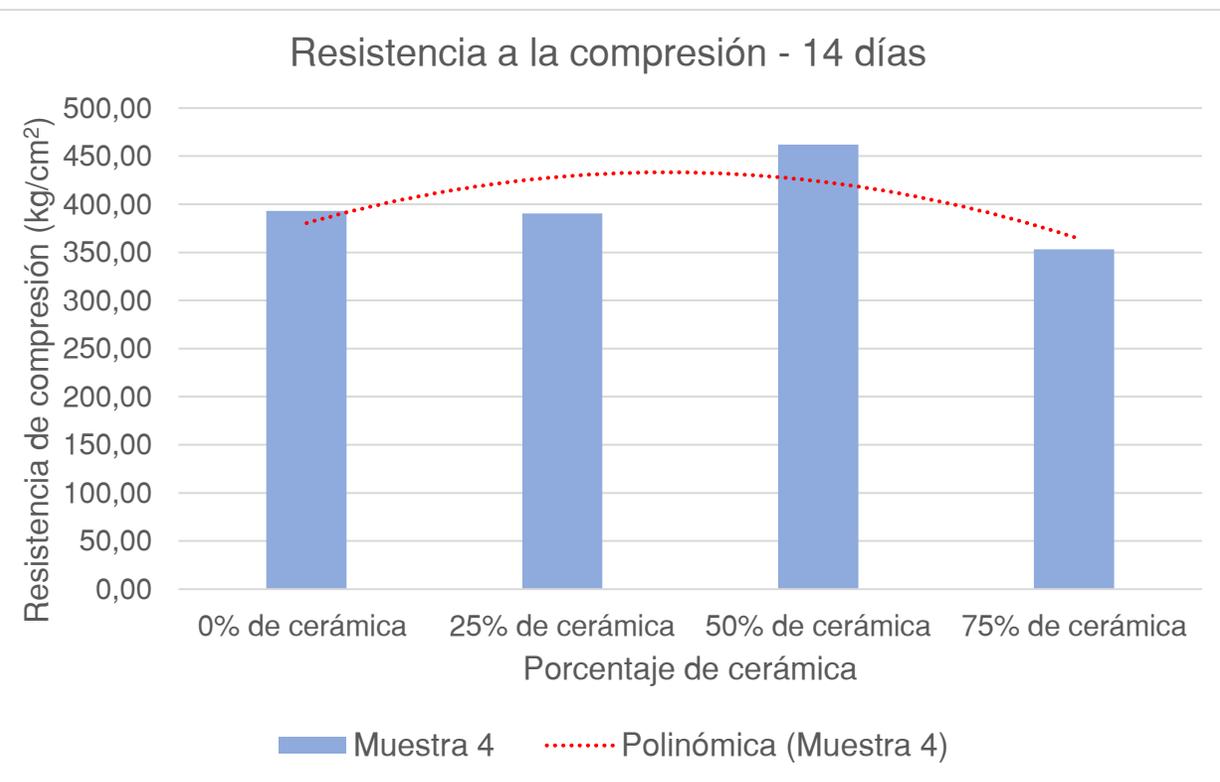
Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días

| | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Valor porcentual respecto a 0% de cerámica | Variación porcentual | Variación de resistencia (kg/cm ²) |
|--------------|---|--|----------------------|--|
| 0% cerámica | 357,93 | 100,00% | 0,00% | 0,00 |
| 25% cerámica | 317,51 | 88,71% | -11,29% | -40,42 |
| 50% cerámica | 394,12 | 110,11% | 10,11% | 36,19 |
| 75% cerámica | 342,18 | 95,60% | -4,40% | -15,75 |



Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón- 14 días



Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 14 días

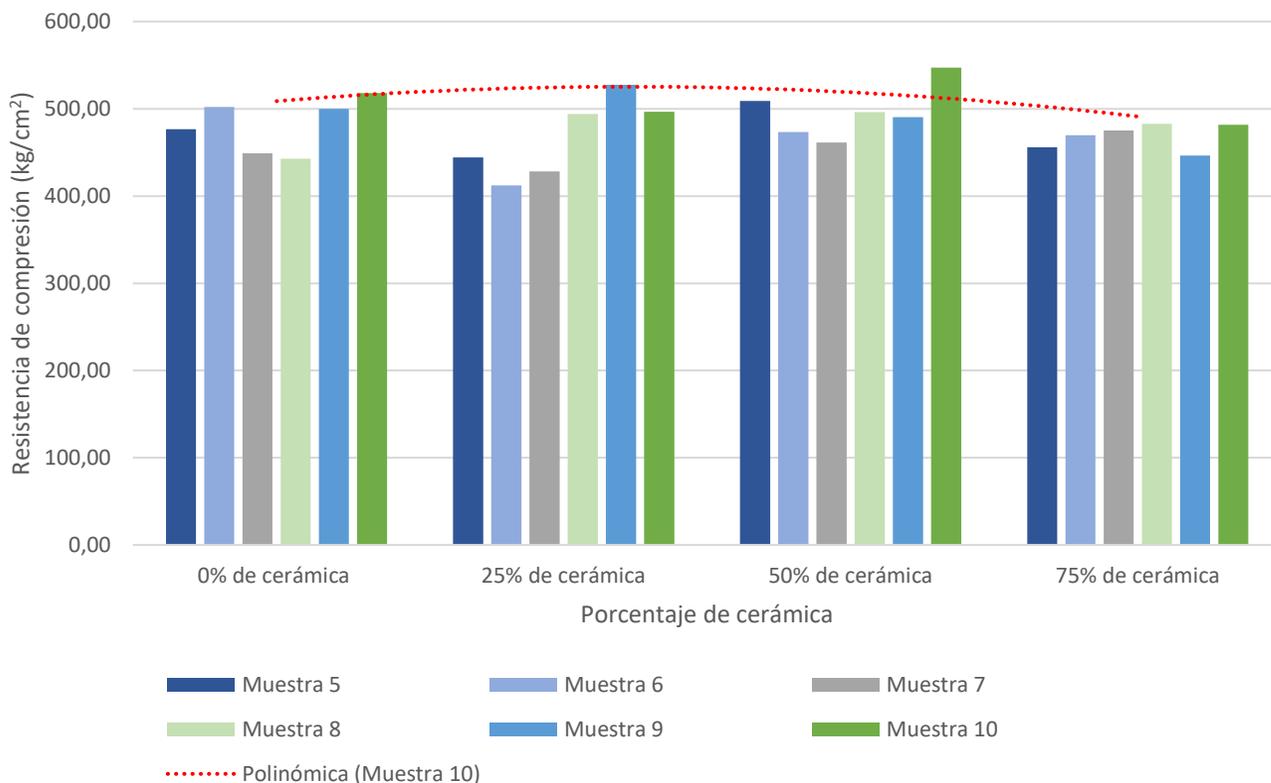
| | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Valor porcentual respecto a 0% de cerámica | Variación porcentual | Variación de resistencia (kg/cm ²) |
|--------------|---|--|----------------------|--|
| 0% cerámica | 393,10 | 100,00% | 0,00% | 0,00 |
| 25% cerámica | 390,45 | 99,33% | -0,67% | -2,65 |
| 50% cerámica | 462,12 | 117,56% | 17,56% | 69,02 |
| 75% cerámica | 353,06 | 89,81% | -10,19% | -40,04 |



Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón- 28 días

Resistencia a la compresión-28 días



Resumen de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días

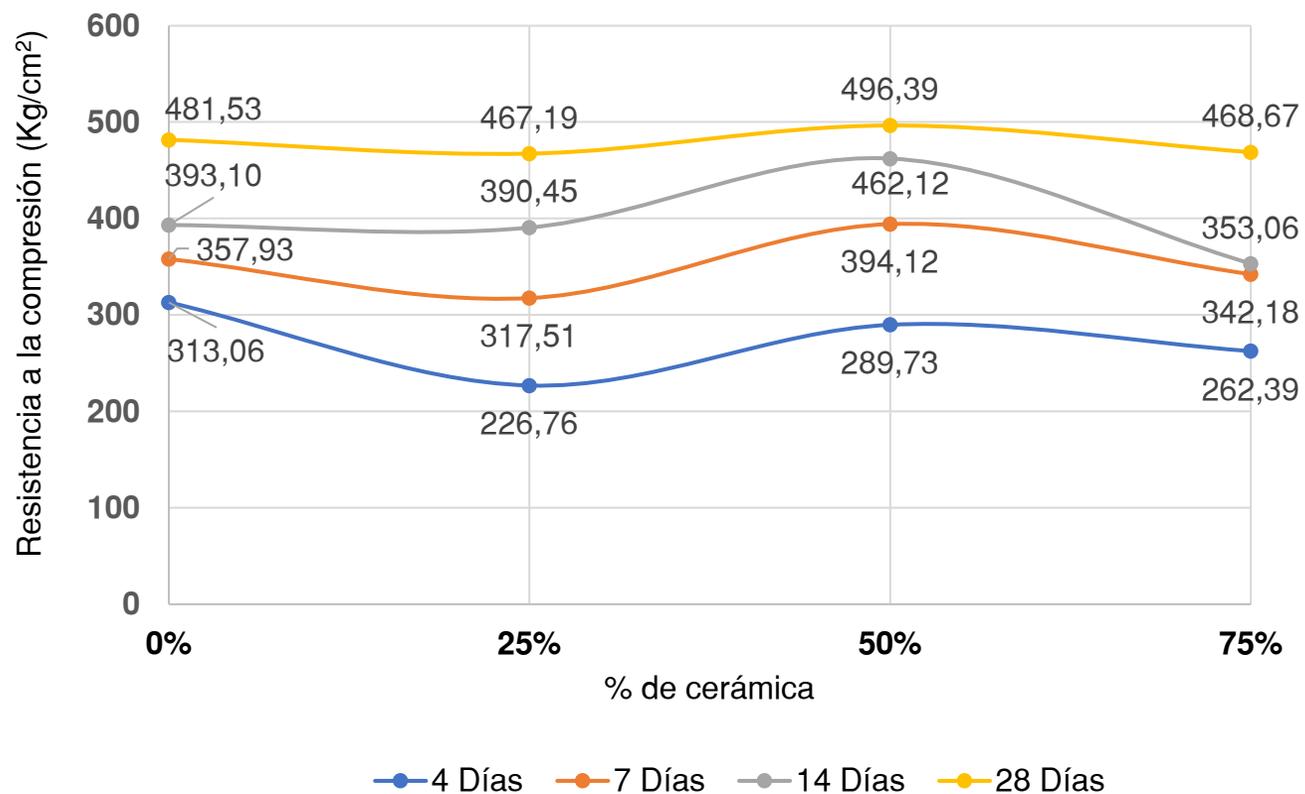
| | Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) | Valor porcentual respecto a 0% de cerámica | Variación porcentual | Variación de resistencia (kg/cm ²) |
|--------------|--|--|----------------------|--|
| 0% cerámica | 481,53 | 100,00% | 0,00% | |
| 25% cerámica | 467,19 | 97,02% | -2,98% | -14,35 |
| 50% cerámica | 496,39 | 103,08% | 3,08% | 14,86 |
| 75% cerámica | 468,67 | 97,33% | -2,67% | -12,87 |



Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón

Resistencia a la compresión por edades



Resumen de resultados de resistencia a la compresión.

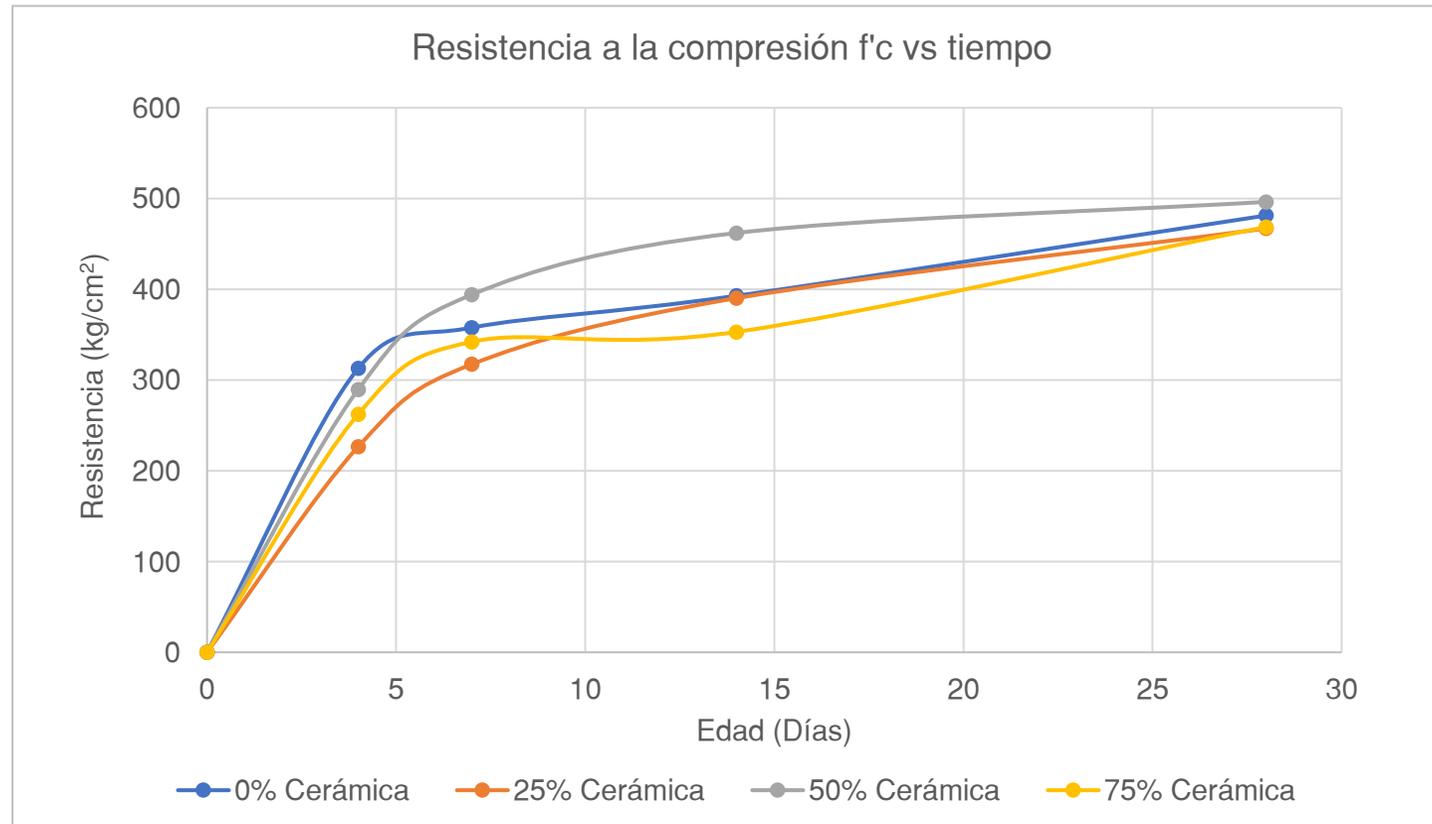
| Edad (días) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | |
|-------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 0% Cerámica | 25% Cerámica | 50% Cerámica | 75% Cerámica |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 313,06 | 226,76 | 289,73 | 262,39 |
| 7 | 357,93 | 317,51 | 394,12 | 342,18 |
| 14 | 393,10 | 390,45 | 462,12 | 353,06 |
| 28 | 481,53 | 467,19 | 496,39 | 468,67 |



Resistencia a la compresión. INEN 1573

Cilindros de hormigón

Curvas de resistencia a la compresión por dosificación y tiempo de curado.

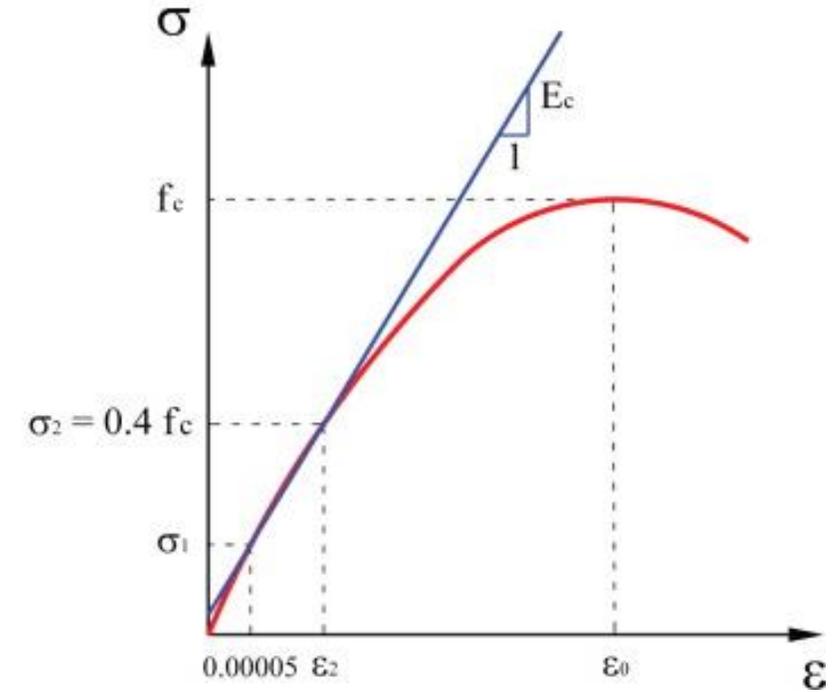
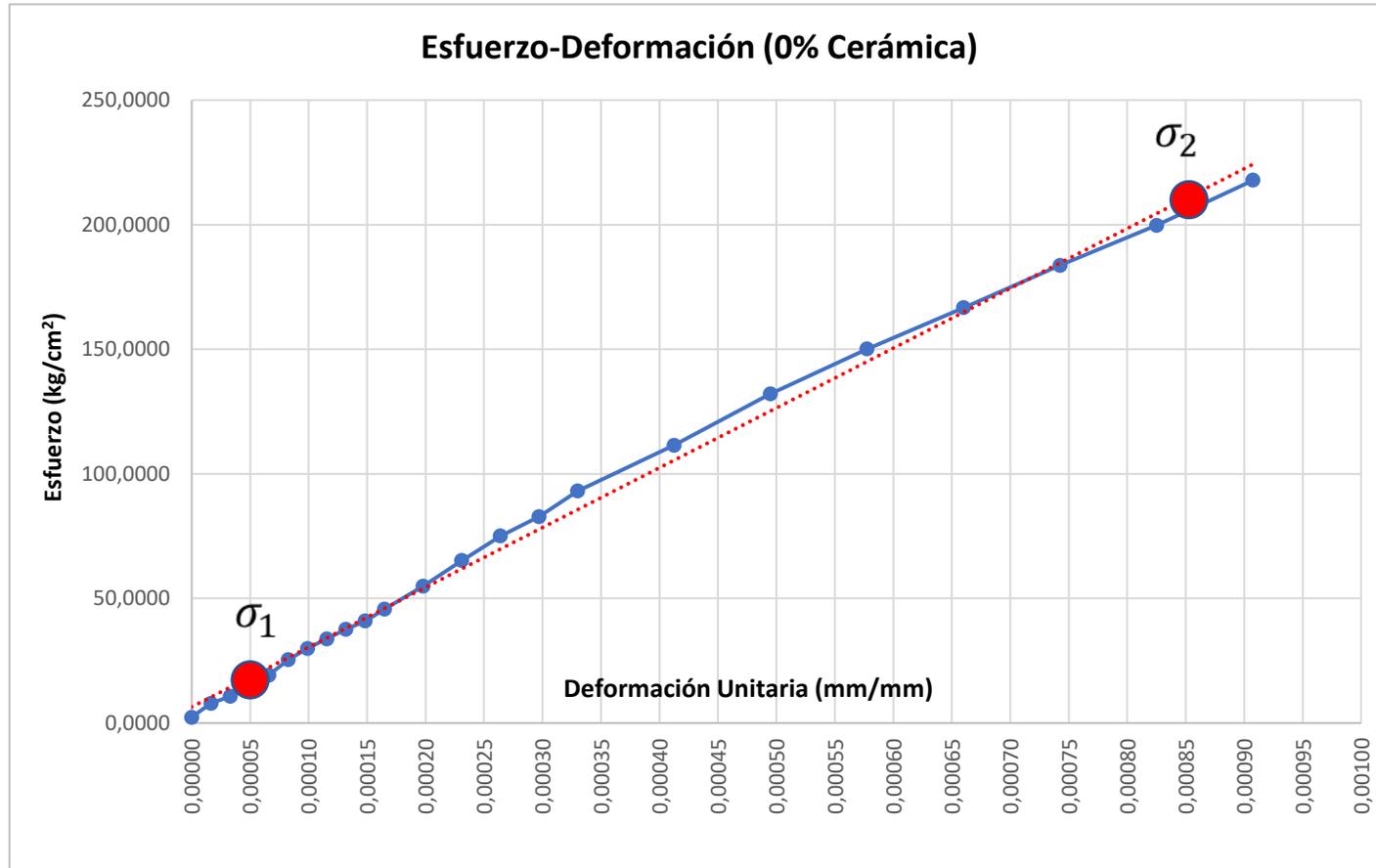




Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson. ASTM C469-94

Cilindros de hormigón

Módulo de Elasticidad



$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$



Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson. ASTM C469-94

Cilindros de hormigón

Comparación módulos de elasticidad experimentales vs teóricos.

| Muestras | f'c (Mpa) | E. Experimental (Mpa) | E. Teórico $4700\sqrt{f'c}$ (Mpa) | Relación experimental /teórico |
|----------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 0% | 47,19 | 21303,70 | 32286,73 | 65,98% |
| 25% | 45,78 | 24073,40 | 31802,12 | 75,70% |
| 50% | 48,65 | 22285,78 | 32780,96 | 67,98% |
| 75% | 45,93 | 21135,41 | 31852,40 | 66,35% |



Ensayo de cilindro



Toma de datos

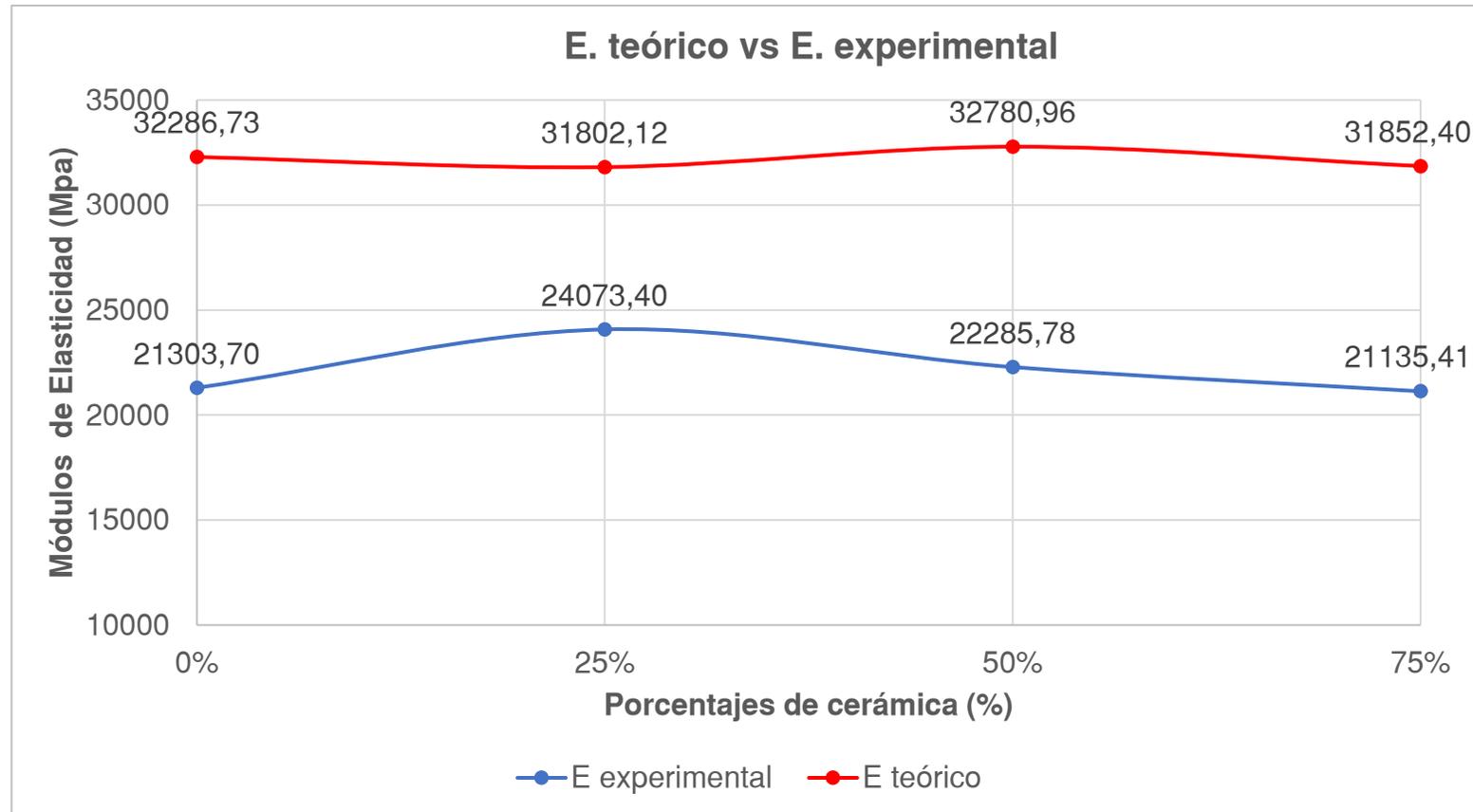


Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson. ASTM C469-94

39

Cilindros de hormigón

Curvas comparativas de módulos de elasticidad experimentales vs teóricos.

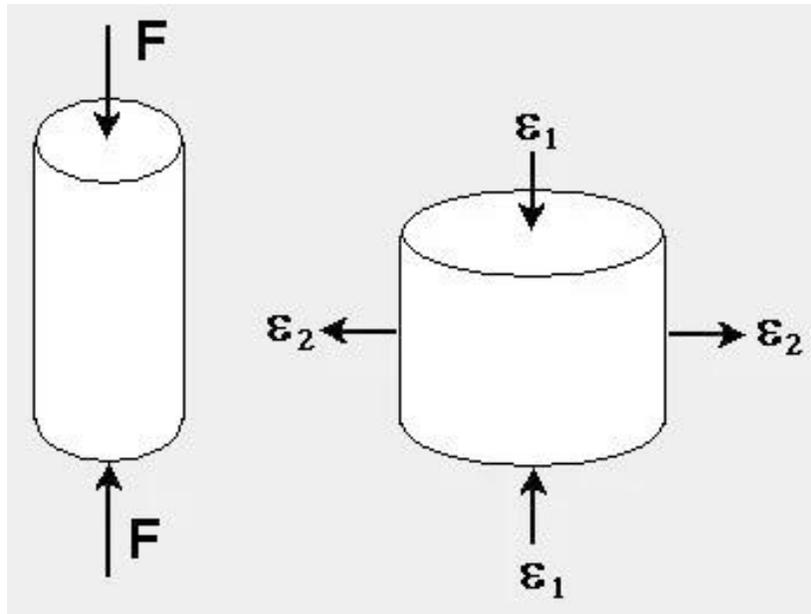




Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson. ASTM C469-94

Cilindros de hormigón

Coeficiente de Poisson



$$\mu = \frac{\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

Resumen de resultados de coeficientes de Poisson.

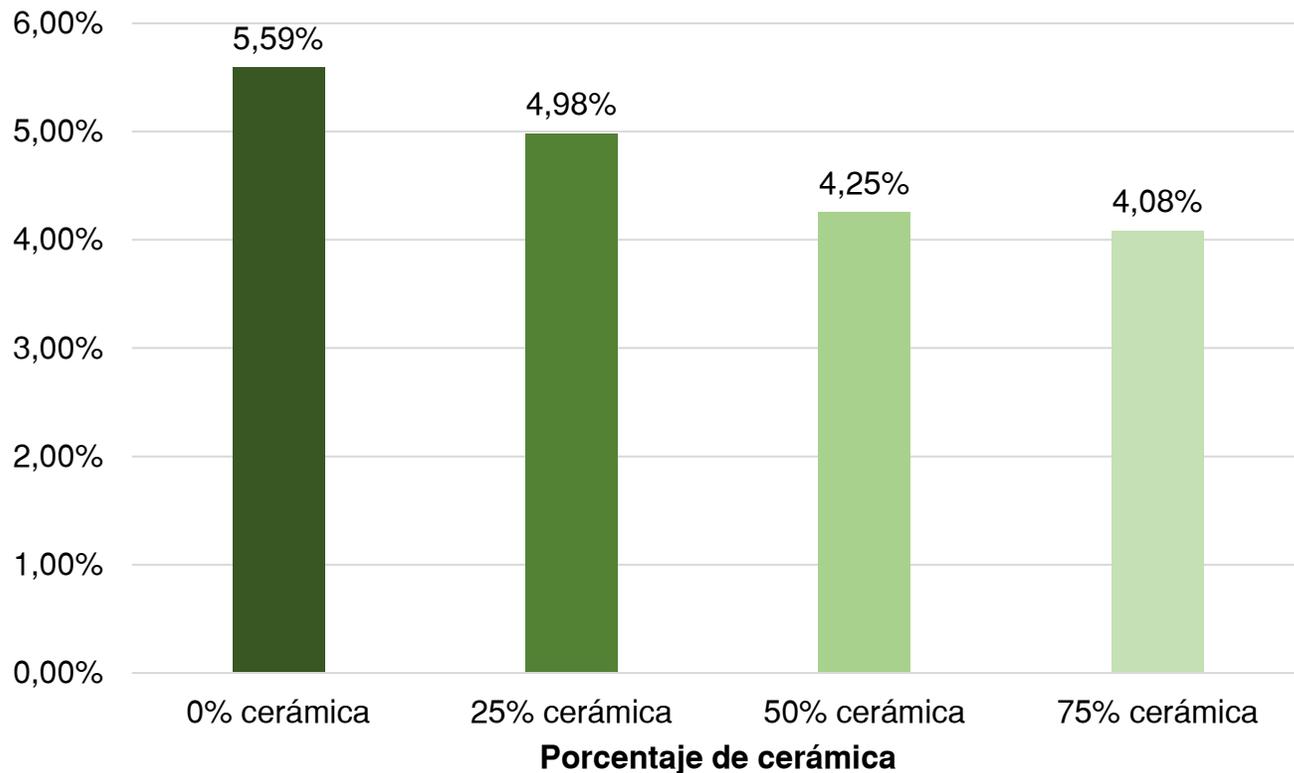
| % Cerámica | Muestras | Coeficiente de Poisson | Coeficiente de Poisson Promedio |
|------------|----------|------------------------|---------------------------------|
| 0% | 1 | 0,24 | 0,23 |
| | 2 | 0,21 | |
| 25% | 3 | 0,21 | 0,19 |
| | 4 | 0,18 | |
| 50% | 5 | 0,22 | 0,21 |
| | 6 | 0,21 | |
| 75% | 7 | 0,19 | 0,20 |
| | 8 | 0,21 | |



Índice de absorción de agua-NTE INEN 3040. Anexo D

Adoquines

Índice de absorción de agua



$$Wa = \frac{M_1 - M_2}{M_2} * 100\%$$

Resultados de ensayo de índices de absorción de agua para adoquines con distintos porcentajes de cerámica

| | 0% cerámica | 25% cerámica | 50% cerámica | 75% cerámica |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| M ₁ (g) | 2716,80 | 2876,70 | 2677,80 | 2737,10 |
| M ₂ (g) | 2573,00 | 2740,20 | 2568,60 | 2629,80 |
| Wa (%) | 5,59% | 4,98% | 4,25% | 4,08% |



Resistencia a la tracción indirecta-NTE INEN 3040. Anexo E

Adoquines

| Tipo de Mezcla | Resistencia Promedio (Mpa) | Desviación Estándar | Resistencia Característica (Mpa) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Hormigón con 0% de material cerámico | 4,38 | 0,22 | 4,02 |
| Hormigón con 25% de material cerámico | 4,07 | 0,18 | 3,78 |
| Hormigón con 50% de material cerámico | 3,93 | 0,10 | 3,77 |
| Hormigón con 75% de material cerámico | 3,58 | 0,09 | 3,43 |

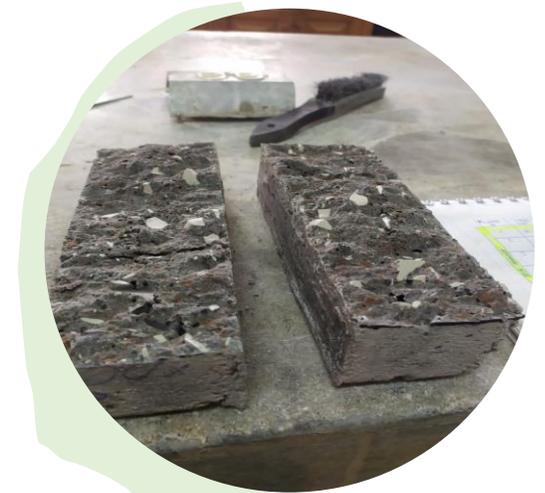
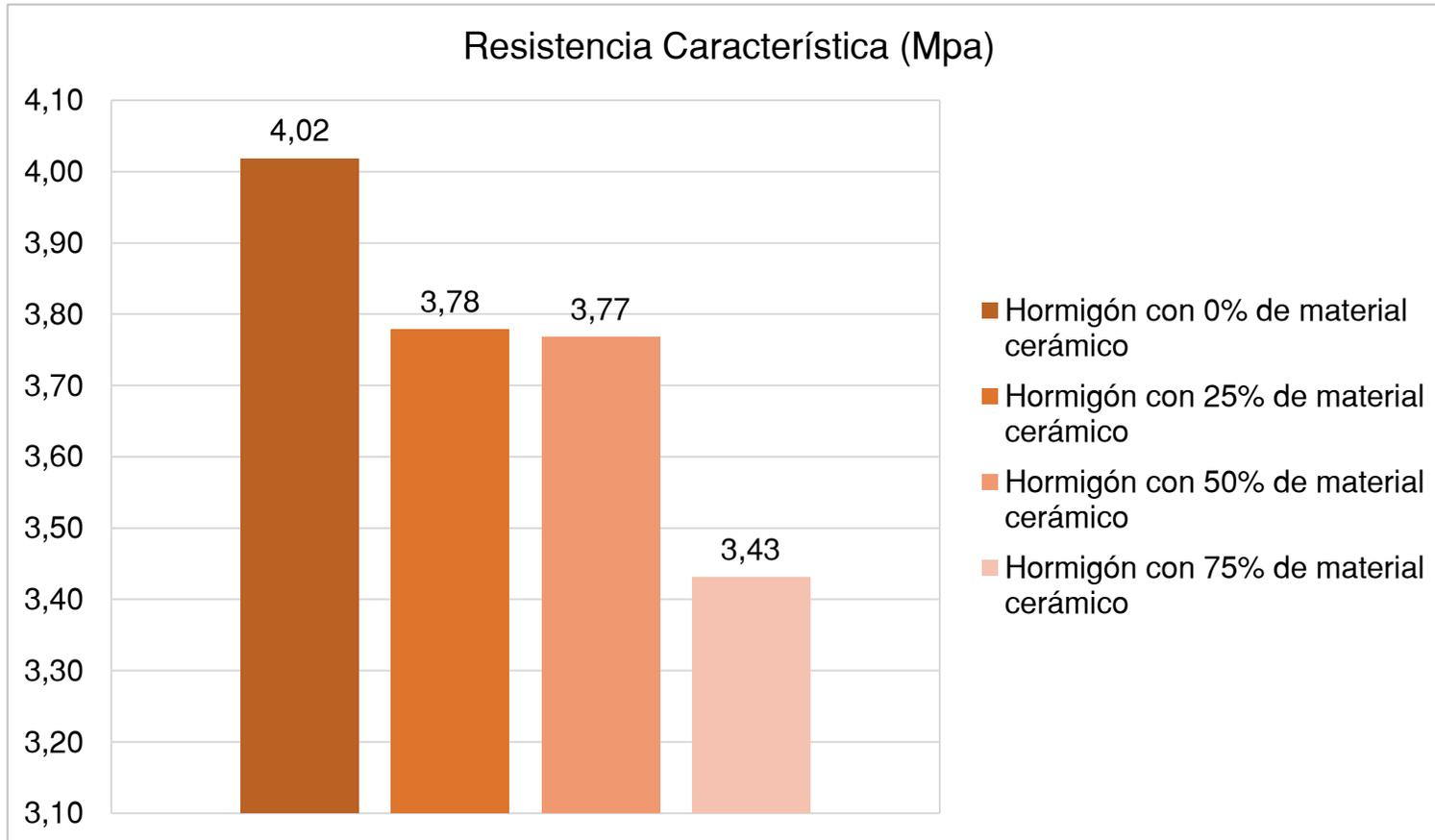


Ensayo tracción indirecta



Resistencia a la tracción indirecta-NTE INEN 3040. Anexo E

Adoquines





Resistencia a la abrasión-NTE INEN 3040. Anexo F

Adoquines

| Probeta | Adoquín | Longitud huella (mm) | Longitud huella corregida (mm) | Longitud huella redondeada (mm) | Promedio longitud huella (mm) |
|---------------------------------------|---------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Hormigón con 0% de material cerámico | 6 | 23,17 | 18,27 | 18,00 | 18,33 |
| | 7 | 22,00 | 17,10 | 17,00 | |
| | 8 | 24,60 | 19,70 | 20,00 | |
| Hormigón con 25% de material cerámico | 6 | 23,77 | 18,87 | 19,00 | 18,00 |
| | 7 | 22,13 | 17,23 | 17,00 | |
| | 8 | 23,33 | 18,43 | 18,00 | |
| Hormigón con 50% de material cerámico | 6 | 22,33 | 17,43 | 17,00 | 19,00 |
| | 7 | 23,17 | 18,27 | 18,00 | |
| | 8 | 26,57 | 21,67 | 22,00 | |
| Hormigón con 75% de material cerámico | 6 | 21,67 | 16,77 | 17,00 | 19,00 |
| | 7 | 25,83 | 20,93 | 21,00 | |
| | 8 | 24,00 | 19,10 | 19,00 | |



$L_{hc} = L_h + (20 \text{ mm} - F. \text{ calibración})$

Factor de calibración = 24,90 mm

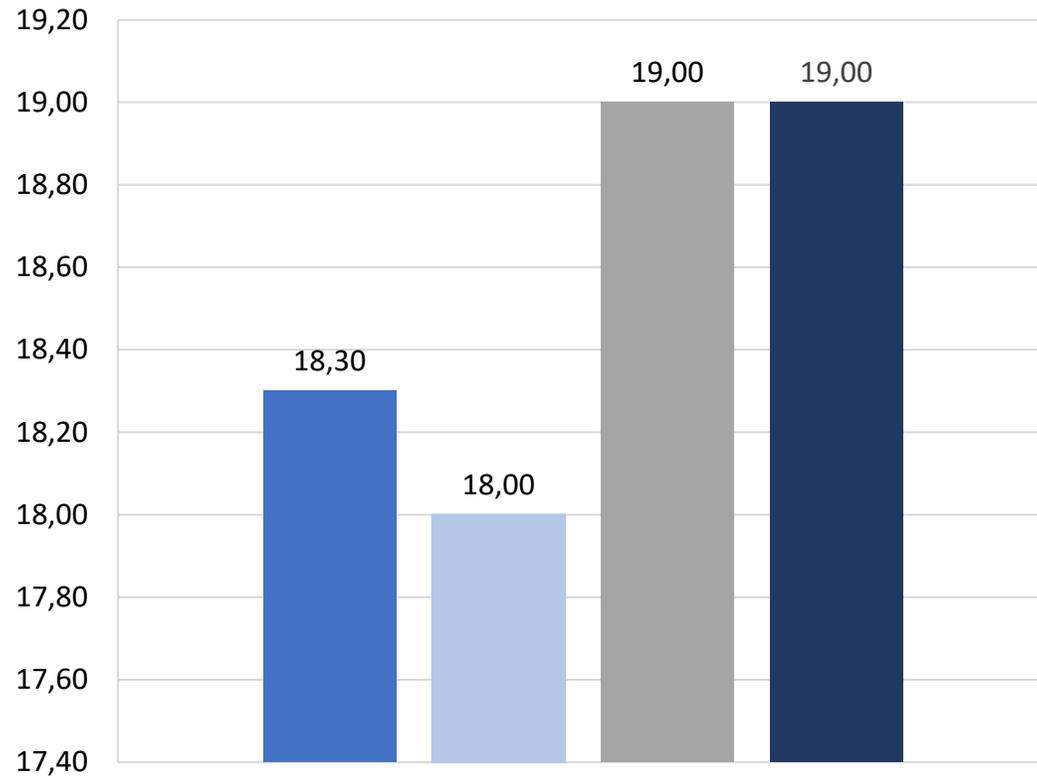




Resistencia a la abrasión-NTE INEN 3040. Anexo F

Adoquines

Resistencia a la Abrasión (Mpa)



- Hormigón con 0% de material cerámico
- Hormigón con 25% de material cerámico
- Hormigón con 50% de material cerámico
- Hormigón con 75% de material cerámico

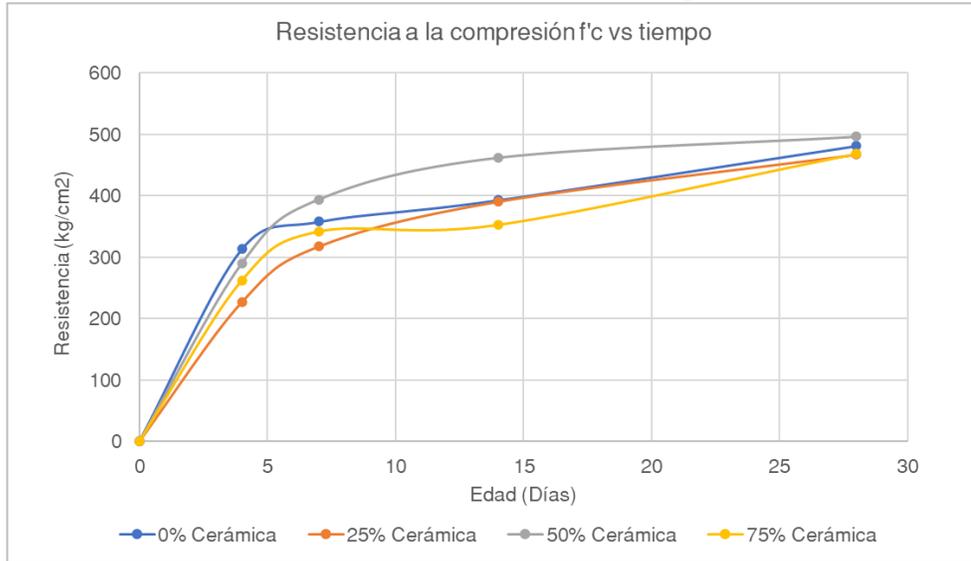


Adoquines ensayados

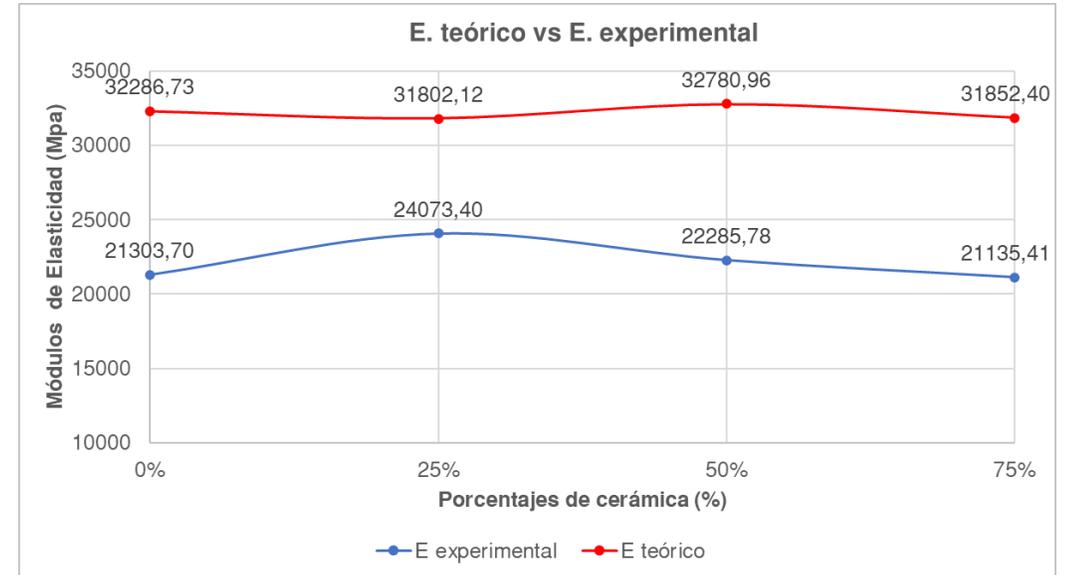


Cilindros de hormigón

Resistencia a la compresión



Módulo de elasticidad



Coeficiente de Poisson

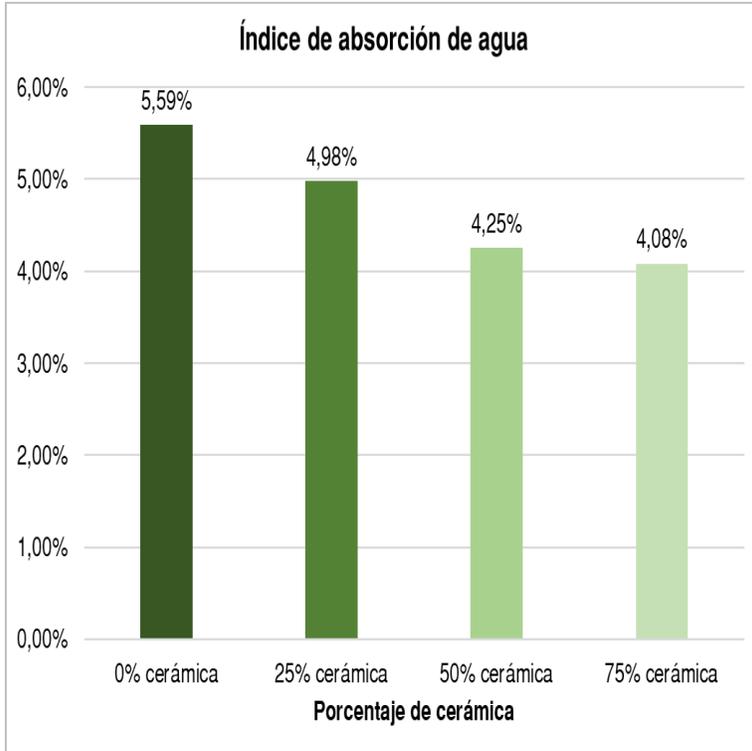
| % Cerámica | Muestras | Coeficiente de Poisson | Coeficiente de Poisson Promedio |
|------------|----------|------------------------|---------------------------------|
| 0% | 1 | 0,24 | 0,23 |
| | 2 | 0,21 | |
| 25% | 3 | 0,21 | 0,19 |
| | 4 | 0,18 | |
| 50% | 5 | 0,22 | 0,21 |
| | 6 | 0,21 | |
| 75% | 7 | 0,19 | 0,20 |
| | 8 | 0,21 | |



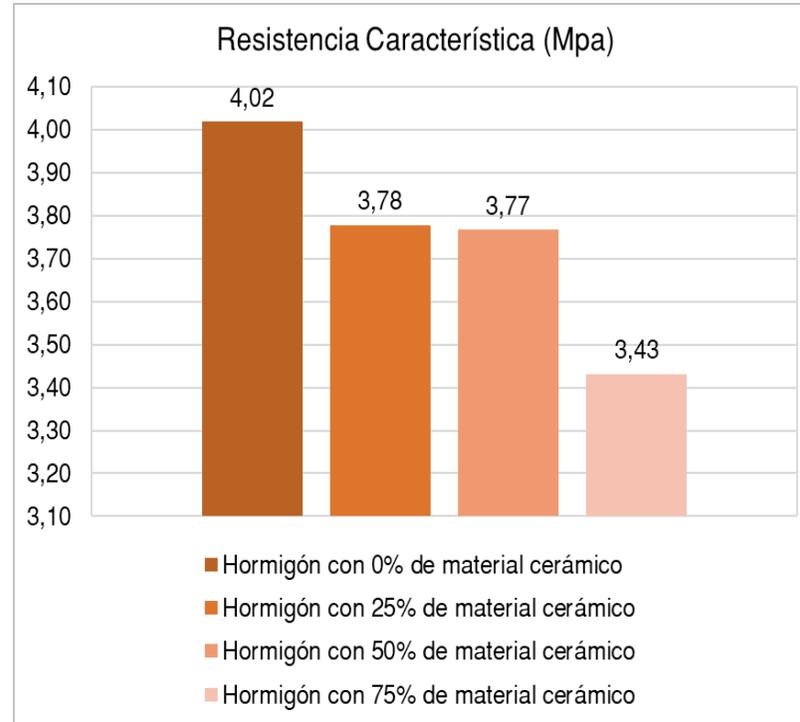


Adoquines

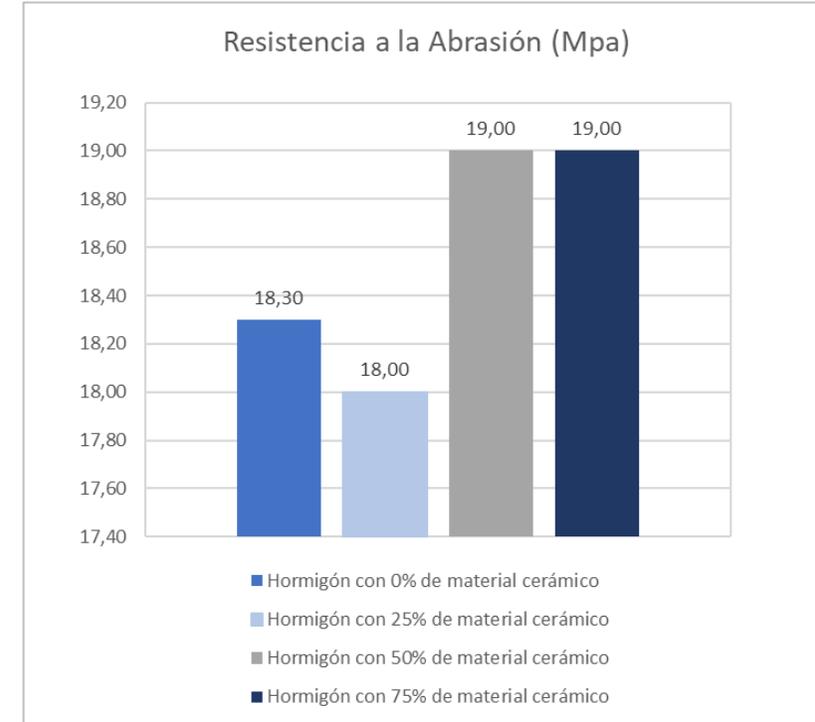
Índice de absorción de agua



Resistencia a la tracción indirecta



Resistencia a la abrasión





Adoquines

La incorporación de cerámica en un 50% como reemplazo del agregado grueso para la elaboración de adoquines es el porcentaje óptimo ya que puede incrementar la resistencia a la compresión y puede mantener las propiedades mecánicas y físicas logrando cumplir con los requisitos que establece la normativa INEN 3040.





Recomendaciones



INVESTIGAR
Fuentes alternativas



EVALUAR
Costo-Beneficio de
incorporar material
cerámico



ESTUDIAR
Uso en elementos
estructurales



*Muchas
Gracias*



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 LA RESISTENCIA ÓPTIMA DE UN ADOQUÍN PEATONAL CON SUSTITUCIÓN DE RIPIO CON MATERIAL DE RECICLAJE DE PIEZAS DE CERÁMICA VITRIFICADA DE LAVABOS E INODOROS EN 25%, 50% Y 75%”

Tutor: Ing. Durán Carrillo, José Ricardo

Autores: Ayo Abadiano, Félix Sebastián
Codena Lugmaña, Kevin Mesias
Paillacho Gómez, Dennis Vanessa
Sánchez Gavilanes, Paola Estefanía

Sangolquí, 07 de marzo de 2023

