



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN PARA UNA RESISTENCIA DE  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  Y  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ ,  
CON LA INCLUSIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SIN EL USO DE ADITIVOS**

AUTORES:

Cayo Toaquiza Rebeca Luzmila  
Padilla Guerrero María Fernanda  
Pantoja Santillán Santiago Gabriel  
Pinto Berrezueta Israel Fernando

TUTORES:

Ing. Durán Carillo José Ricardo, Mgs.  
Ing. Aldás Vaca Maribel Alexandra, Mgs.

Sangolquí, septiembre 2021



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
---------------	-----------	---------------	-------------	------------	--------------	-----------------

Evolución del Hormigón

Materiales Cementantes Suplementarios

Dosificación de hormigón con puzolana natural



## Objetivo General

Determinar la dosificación del cemento, áridos gruesos, áridos finos, ceniza volcánica y agua, para varias resistencias de hormigones sin aditivos, así como la determinación del módulo de elasticidad para cada uno de ellos, con materiales pétreos, ripio de la cantera de Pintag y arena de la concesión minera Rancho La Paz localizada en el kilómetro 14 de la vía Alóag – Santo Domingo de los Tsáchilas.

## Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-mecánicas de los materiales pétreos.
- Determinar las características físico-mecánicas de la ceniza volcánica.
- Determinar la dosificación de los diferentes componentes del hormigón, incluida la ceniza volcánica, al 0%, 5%, 10%, 15%; para una resistencia de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=240\text{kg/cm}^2$ .
- Determinar el módulo de Elasticidad y el módulo de resistencia final a la rotura, para cada uno de los porcentajes de ceniza especificados.



Ceniza Volcánica

Materiales Utilizados

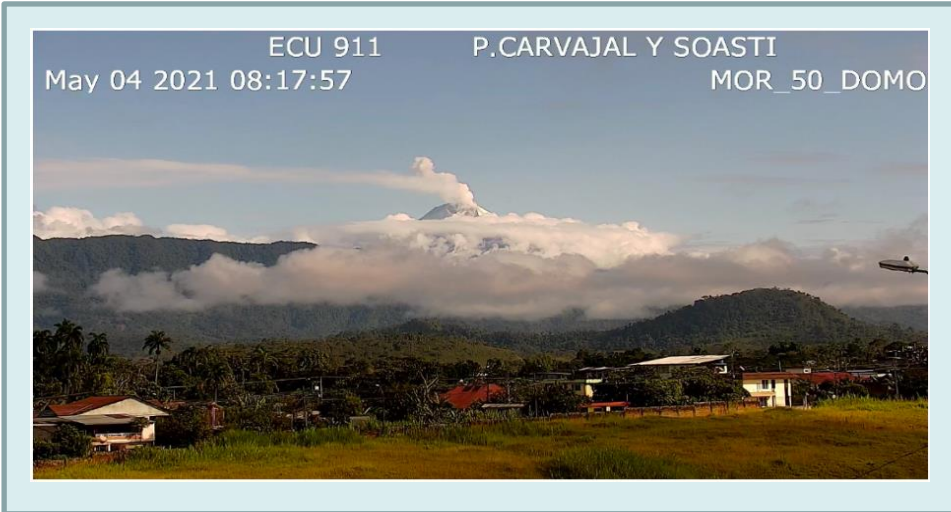


Volcán Sangay

1628 - Presente

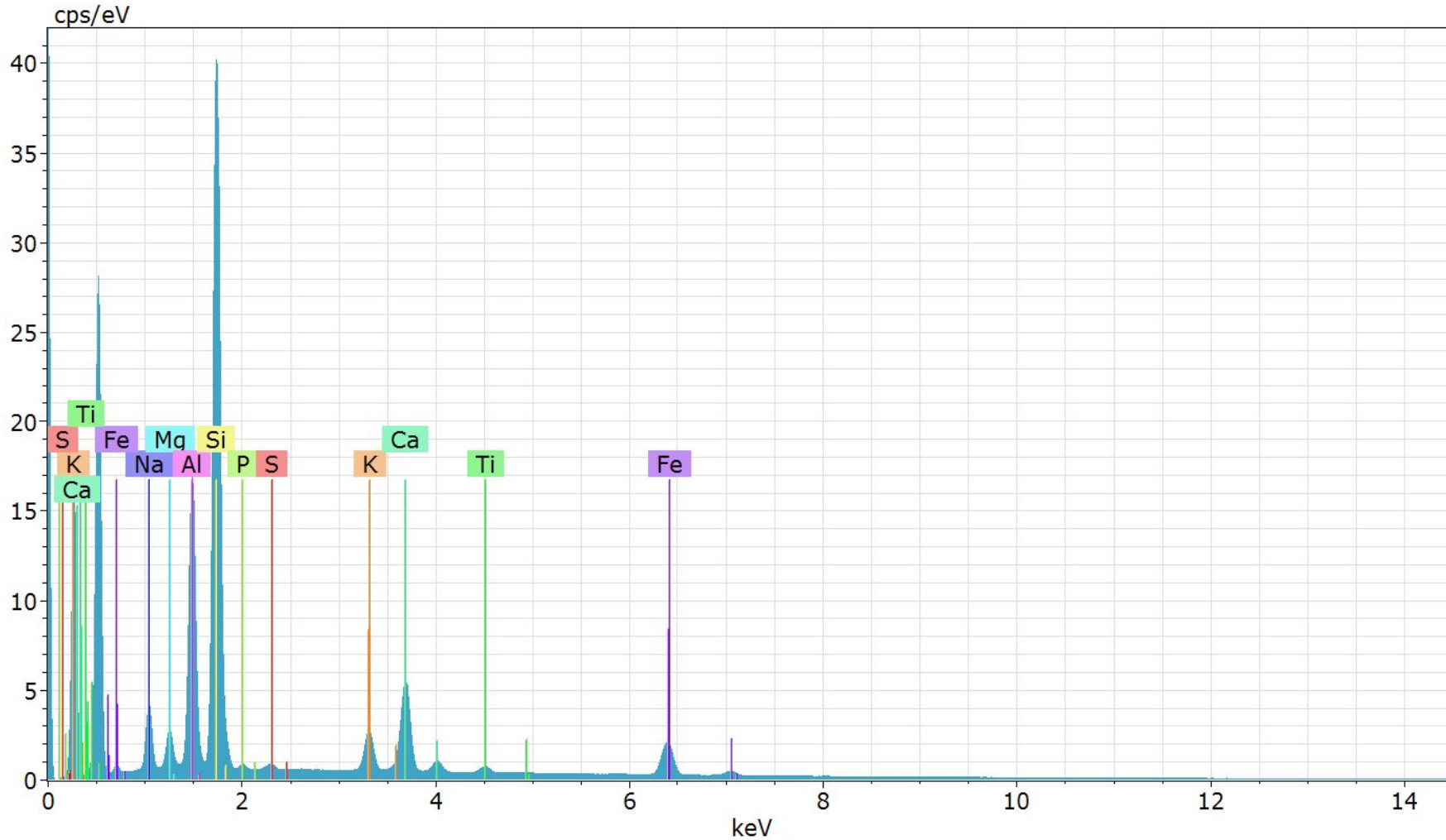
Martes 4 de mayo del 2021

Guamote - Chimborazo



Ceniza Volcánica

Materiales Utilizados



Muestras de Babahoyo

Espectroscopía de Energía Dispersa (EDS)

Silicio

Aluminio

Calcio

Sodio



Ceniza Volcánica

Materiales Utilizados

AGREGADO GRUESO



CANTERA - PINTAG

AGREGADO FINO



MINA – RANCHO LA PAZ

CEMENTANTE



HOLCIM TIPO GU

AGUA

NO POSEE TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN

MINERALES DISUELTOS TOTALES

SODIO, PLOMO Y CLORURO

ALTA DUREZA

INEN 1855-2



REQUISITOS PARA HORMIGÓN



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ensayos de los Materiales

Dosificación

25,35% < 50%



ABRASIÓN  
ASTM C131 y NTE INEN 860



Tamaño de las aberturas de tamiz (mm)		Masa con tamaños indicados (gr)			
Pasa	Retenido en	Gradaciones			
		A	B	C	D
37,5	25,0	1250 ± 25			
25,0	19,0	1250 ± 25			
19,0	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	6,3			2500 ± 10	
6,3	4,75			2500 ± 10	
4,75	2,36				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de esferas		12	11	8	6

Ensayos de los Materiales

Dosificación

2,54 gr/cm<sup>3</sup>

3,58 %



DENSIDAD APARENTE Y ABSORCIÓN ÁRIDO GRUESO ASTM C127 y NTE INEN 857



DENSIDAD APARENTE Y ABSORCIÓN ÁRIDO FINO ASTM C128 y NTE INEN 856



2,71 gr/ cm<sup>3</sup>

4,83 %



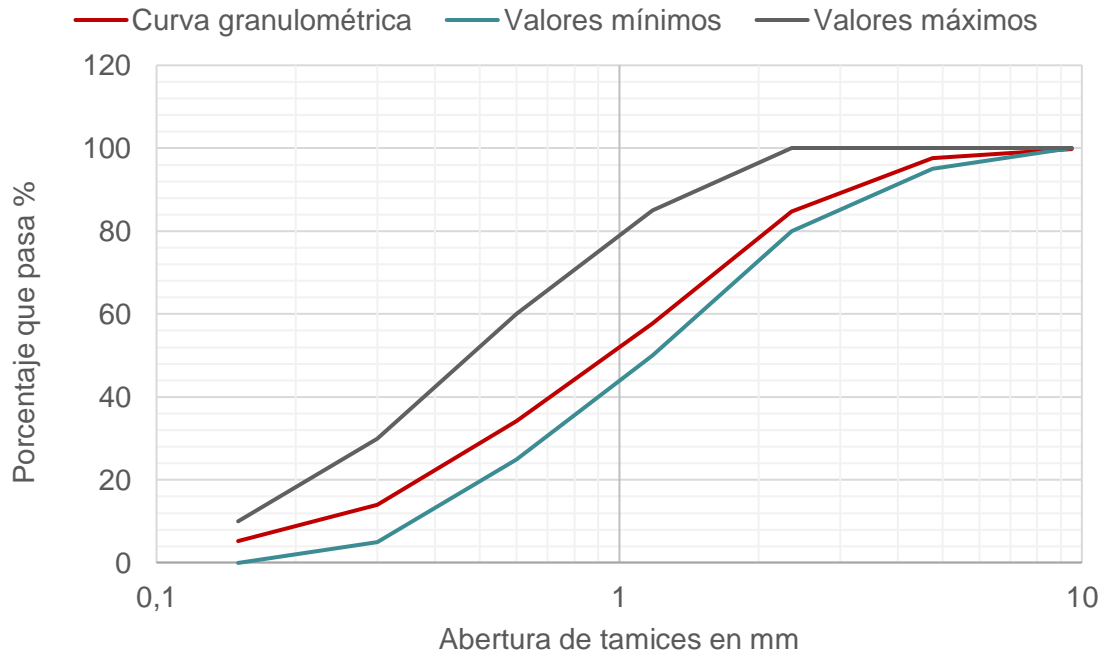


Ensayos de los Materiales

Dosificación

2,93

Límites de gradación para áridos finos



Límites superiores e inferiores para la gradación del árido fino. Tomado de *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 872* (p.2), por Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011b.



**GRANULOMETRÍA  
ÁRIDO FINO  
ASTM C136 y NTE INEN 696**



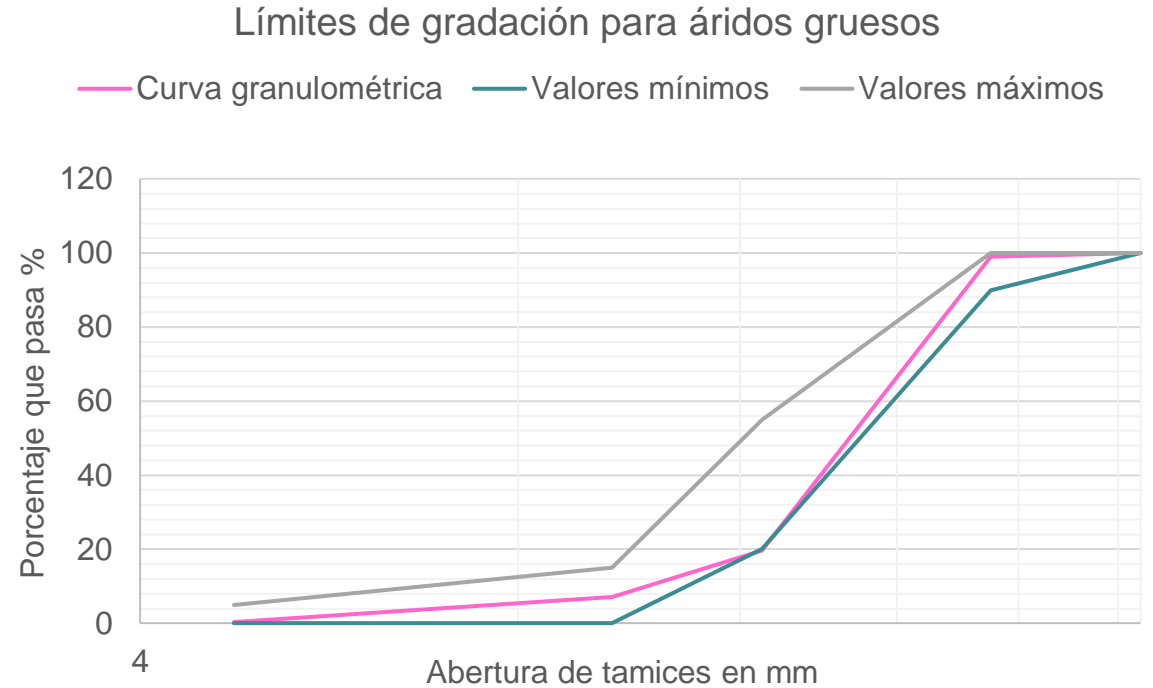
Ensayos de los Materiales

Dosificación

**3/4" – 0,75 in**



**GRANULOMETRÍA  
ÁRIDO GRUESO  
ASTM C136 y NTE INEN 696**



Límites superiores e inferiores para la gradación del árido grueso, se puede apreciar que la curva granulométrica está dentro de los parámetros permitidos por la normativa vigente. Tomado de Norma Técnica Ecuatoriana INEN 872 (p.5), por Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011b.

Ensayos de los Materiales

Dosificación

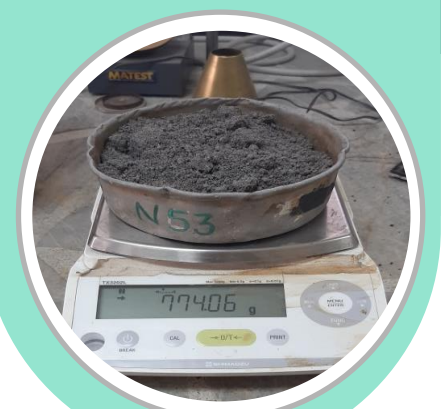
1,32 / 1,23 (gr/ cm<sup>3</sup>)

1,44 / 1,27 (gr/ cm<sup>3</sup>)

MASA UNITARIA  
ASTM C29 Y NTE  
INEN 858



CONTENIDO DE  
HUMEDAD  
ASTM C566 Y NTE  
INEN 862



Ensayos de los Materiales

Dosificación

0,75 %



C. HUMEDAD CENIZA  
ASTM C566 Y NTE INEN 862



DENSIDAD APARENTE Y  
ABSORCIÓN CENIZA  
ASTM C128 y NTE INEN 856



2,64 gr/ cm<sup>3</sup>

6,84 %



## Ensayos de los Materiales

## Dosificación

PARÁMETRO DE ANÁLISIS	UNIDAD	AGREGADO	
		Grueso	Fino
Densidad aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2,536	2,712
Absorción de agua	%	3,579	4,827
Humedad natural	%	3,449	7,401
Tamaño máximo nominal	in	0,750	-
Módulo de finura	-	-	2,934
Masa unitaria compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1,317	1,443
Masa unitaria suelta	gr/cm <sup>3</sup>	1,233	1,269
Valor de degradación	%	25,354	-

AGREGADO FINO



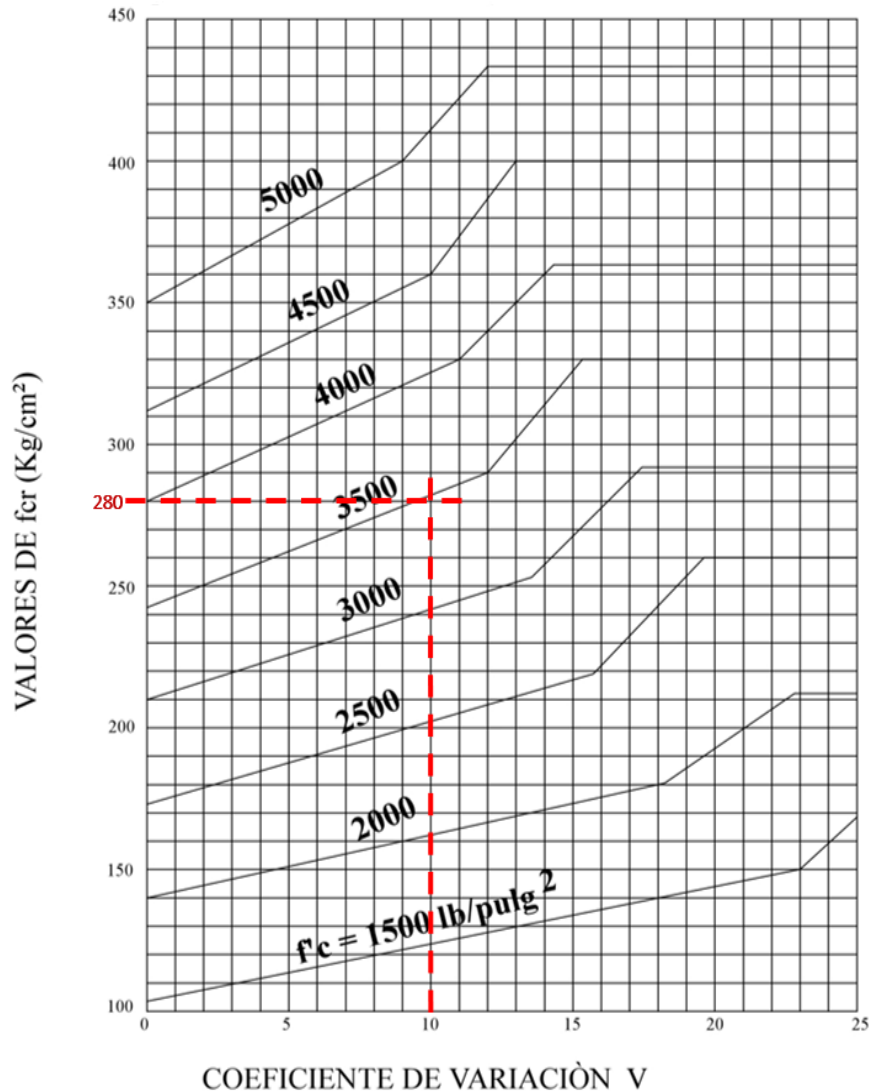
AGREGADO GRUESO



Ensayos de los Materiales

Dosificación

ACI 301



Parámetro de análisis	Resistencia f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento (cm)	5,0 -10,0	5,0-10,0
Estimación de contenido de aire (%)	2,0	2,0
Cantidad de agua de mezclado (L)	199,64	199,64
Grado de control regular. Coeficiente de variación	10	10
Resistencia de diseño fcr (kg/cm <sup>2</sup> )	240	280

f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> → f'c = 2986,9 psi

f'c = 240 kg/cm<sup>2</sup> → f'c = 3413,6 psi

Asentamiento = 7,5 cm

Generalidades

Objetivos

Marco Teórico

Metodología

Resultados

Conclusiones

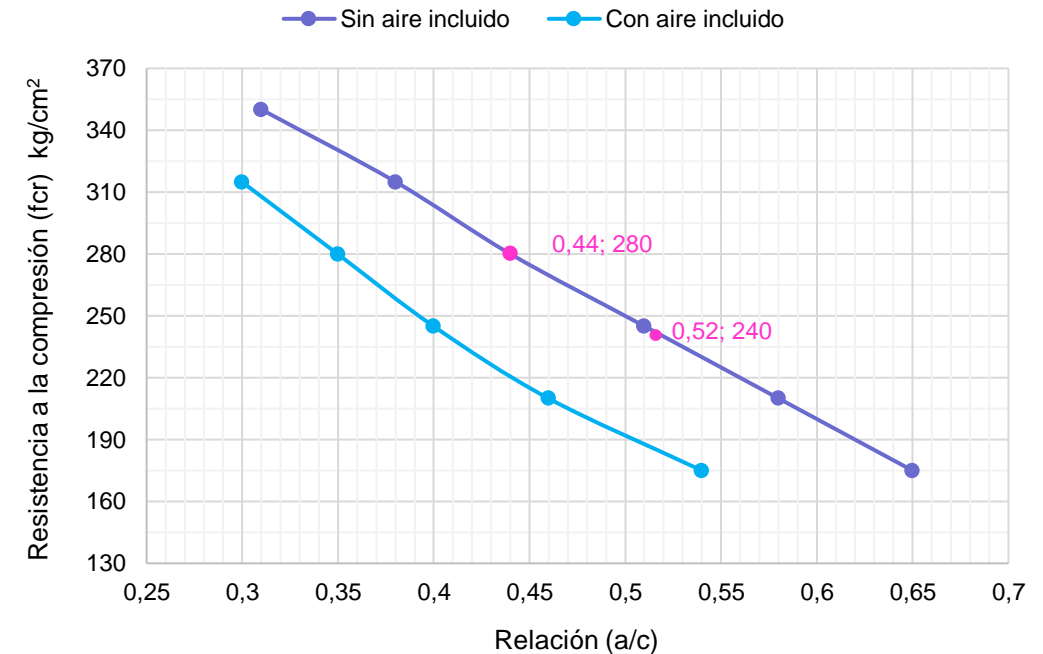
Recomendaciones

Ensayos de los Materiales

Dosificación

Parámetro de análisis		Resistencia f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>
Relación agua cemento (A/C)		0,52	0,44
Dosificación	Cemento	1	1
	Arena	2,6	2,1
	Ripio	2,0	1,7
Volumen de fundición (m <sup>3</sup> )		0,08	0,08
Pesos secos de los materiales	Cemento (kg)	45,16	53,14
	Arena (kg)	117,48	109,90
	Ripio (kg)	92,46	92,05
	Agua (L)	23,49	23,39

Curva de resistencia a la compresión - relación (a/c)



Relación agua/cemento (a/c). Tomado de *Tecnología del concreto - Tomo 1. Materiales, propiedades y diseño de Mezclas* (p.192), por Niño Hernández, 2010.

$$k = \frac{\text{Volumen de los agregados}}{\text{Masa de cemento}}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua}}{a/c}$$

Ensayos de los Materiales

Dosificación

Parámetro de análisis		Resistencia f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad	Arena (%)	7,40	7,40
	Ripio (%)	3,45	3,45
Pesos húmedos de los materiales	Cemento (kg)	45,16	53,14
	Arena (kg)	126,19	118,04
	Ripio (kg)	95,64	95,23
	Agua (L)	20,58	20,68

*Arena = Peso seco de arena (1 + % de humedad)*

*Arena = 117,48 (1 + 0,074)*

*Arena = 126,19 kg*

*Ripio = Peso seco de ripio (1 + % de humedad)*

*Ripio = 92,46 (1 + 0,034)*

*Ripio = 95,64 kg*



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



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$				Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

### Variación en el contenido de agua debido a la adición de ceniza



$$\text{Agua} = 0,52 * \text{Cemento} \quad \longrightarrow \quad \text{Agua} = 0,52 * 45,16 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 23,49 \text{ kg}$$

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



$$\text{Agua} = M. \text{Ceniza} (H - Abs)$$

$$\text{Agua} = 2,26 \text{ kg} (0 - 6,84 \%)$$

$$\text{Agua} = -0,155 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = M. \text{Arena} (H - Abs)$$

$$\text{Agua} = 117,48 (8,892 - 4,827 \%)$$

$$\text{Agua} = 4,775 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = M. \text{Ripio} (H - Abs)$$

$$\text{Agua} = 92,46 (1,751 - 3,579 \%)$$

$$\text{Agua} = -1,690 \text{ kg}$$

$$\text{Agua final} = 23,49 - 4,775 + 1,690 = 20,405 \text{ kg}$$

$$\text{Agua final} = 20,405 + 0,155 = \mathbf{20,56 \text{ kg}}$$



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
<b>Datos Fundición</b>	<b>Resis. Compresión f'c=210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resis. Compresión f'c=240 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Línea de Tendencia</b>			
<b>M. De Elasticidad f'c=210 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>M. De Elasticidad f'c=240 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Comparación M. De Elasticidad</b>		<b>Costo - Beneficio</b>		

Parámetro de análisis		Resistencia f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>				Resistencia f'c = 240 kg/cm <sup>2</sup>			
		0% ceniza	5% ceniza	10% ceniza	15% ceniza	0% ceniza	5% ceniza	10% ceniza	15% ceniza
<b>Dosificación</b>	Cemento	1	1	1	1	1	1	1	1
	Arena	2,6	2,6	2,6	2,6	2,1	2,1	2,1	2,1
	Ripio	2,0	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
	A/C	0,52	0,52	0,52	0,52	0,44	0,44	0,44	0,44
<b>Pesos secos de materiales</b>	Ceniza (kg)	0,00	2,26	4,52	6,78	0,00	2,66	5,31	7,97
	Cemento (kg)	45,16	45,16	45,16	45,16	53,14	53,14	53,14	53,14
	Arena (kg)	117,48	117,48	117,48	117,48	109,90	109,90	109,90	109,90
	Ripio (kg)	92,46	92,46	92,46	92,46	92,05	92,05	92,05	92,05
	Agua (L)	23,49	23,49	23,49	23,49	23,39	23,39	23,39	23,39
<b>Temperatura (°C)</b>		17,30	17,10	16,20	17,50	19,00	16,40	17,60	18,50
<b>Contenido de aire (%)</b>		2,30	2,10	2,60	2,30	2,40	2,20	2,50	2,80

Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$		Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

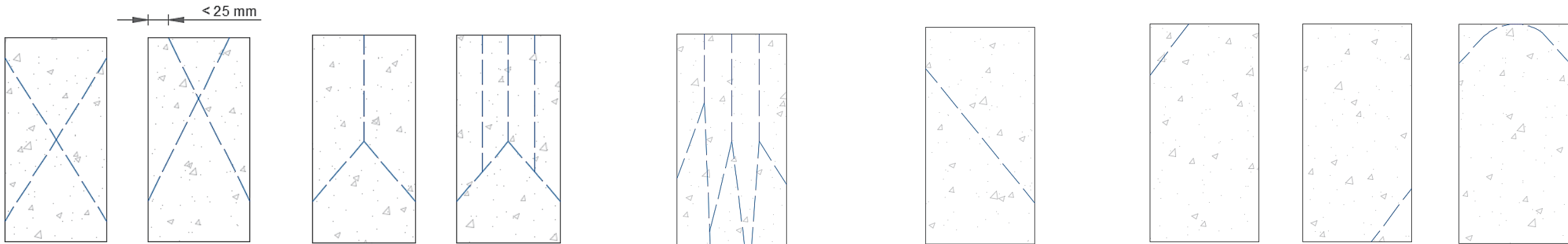
## Asentamiento

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	0 % de ceniza (cm)	5 % de ceniza (cm)	10 % de ceniza (cm)	15 % de ceniza (cm)	Rango de valores (cm)
210	5,00	7,20	6,00	9,50	5,00 – 10,00
240	8,00	7,00	6,30	8,00	5,00 – 10,00



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$				Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

## Tipos de fallas del hormigón



**Tipo 1**  
Conos en ambos extremos razonablemente bien formados.

**Tipo 2**  
Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales.

**Tipo 3**  
Fisuras verticales en ambos extremos.

**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes.

**Tipo 5**  
Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo.

Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$		Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

## Resistencia a la compresión - Cilindros ensayados por cada fundición

Días	N° Cilindros
Curado rápido	2
4 días	2
7 días	2
14 días	2
28 días	6
<b>Total</b>	<b>14</b>



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$		Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

Resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a compresión				
Tiempo	0% Ceniza	5% Ceniza	10% Ceniza	15% Ceniza
Días	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$
4	71,88	98,06	70,40	66,78
7	133,09	176,64	100,53	95,32
14	167,80	221,66	143,00	141,03
28	212,10	265,12	188,54	179,51



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

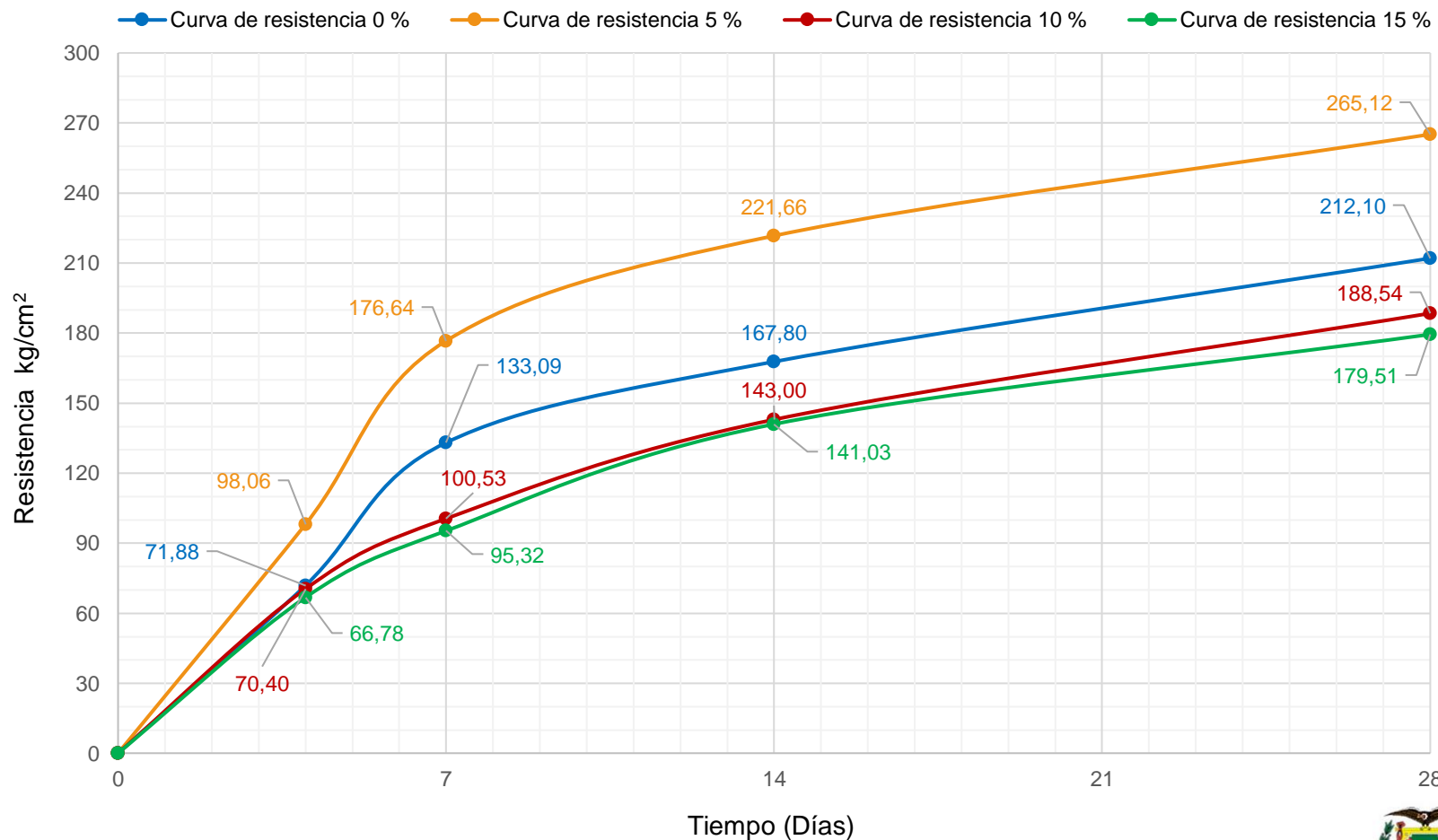
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

Curva de resistencia del hormigón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  (0 %, 5 %, 10 %, 15 %) contenido de ceniza



Generalidades	Objetivos	Marco Teórico	Metodología	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
Datos Fundición	Resis. Compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			Resis. Compresión $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$		Línea de Tendencia
M. De Elasticidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	M. De Elasticidad $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$			Comparación M. De Elasticidad		Costo - Beneficio

Resistencia $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a compresión				
Tiempo	0% Ceniza	5% Ceniza	10% Ceniza	15% Ceniza
Días	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
4	84,70	139,43	89,79	75,37
7	125,13	209,20	130,19	113,91
14	168,58	271,65	190,40	177,62
28	244,44	320,92	226,91	217,62





Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

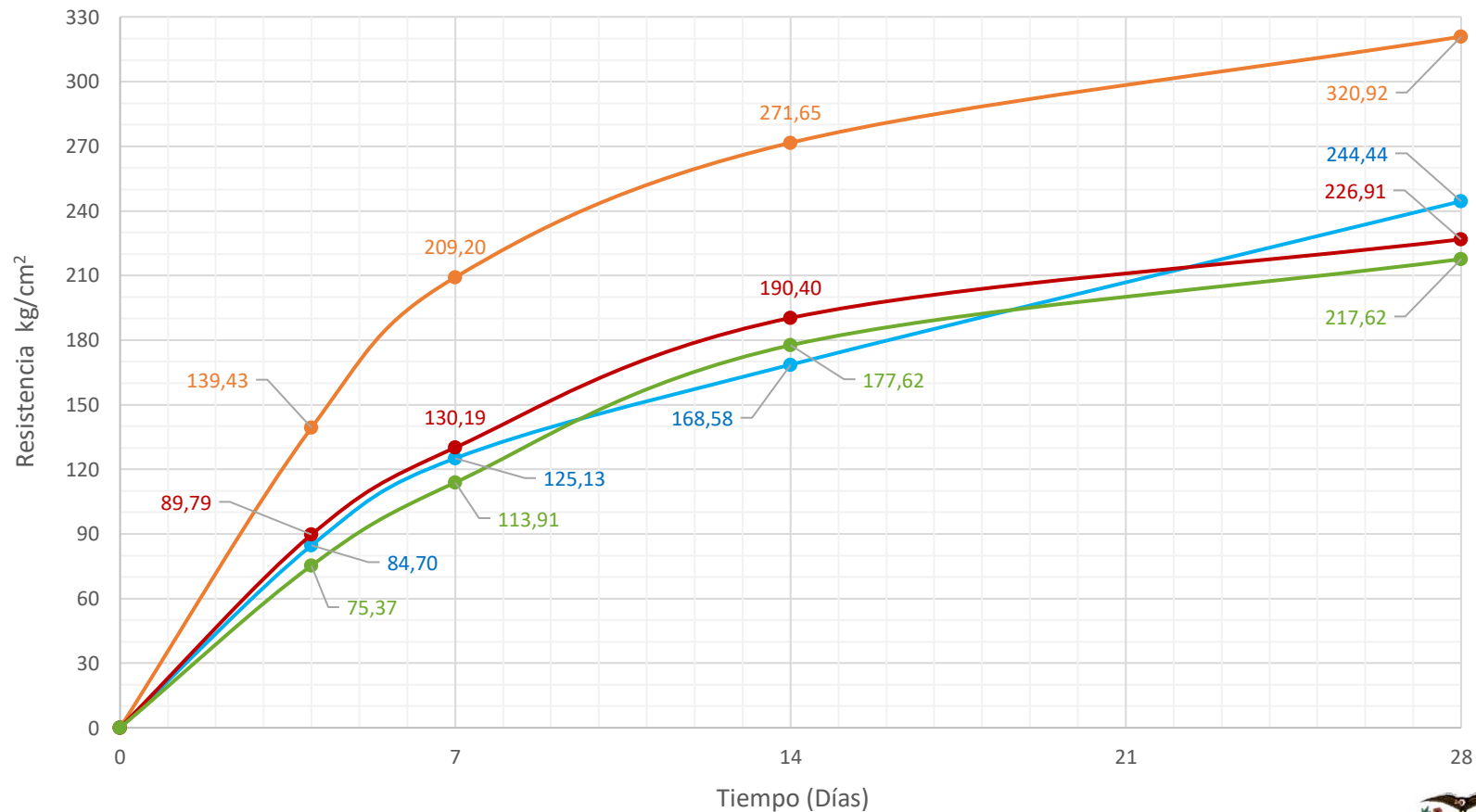
M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

Curva de resistencia del hormigón  $240 \text{ kg/cm}^2$  (0 %, 5 %, 10 %, 15 %) contenido de ceniza

● Curva de resistencia 0 % ● Curva de resistencia 5 % ● Curva de resistencia 10 % ● Curva de resistencia 15 %



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

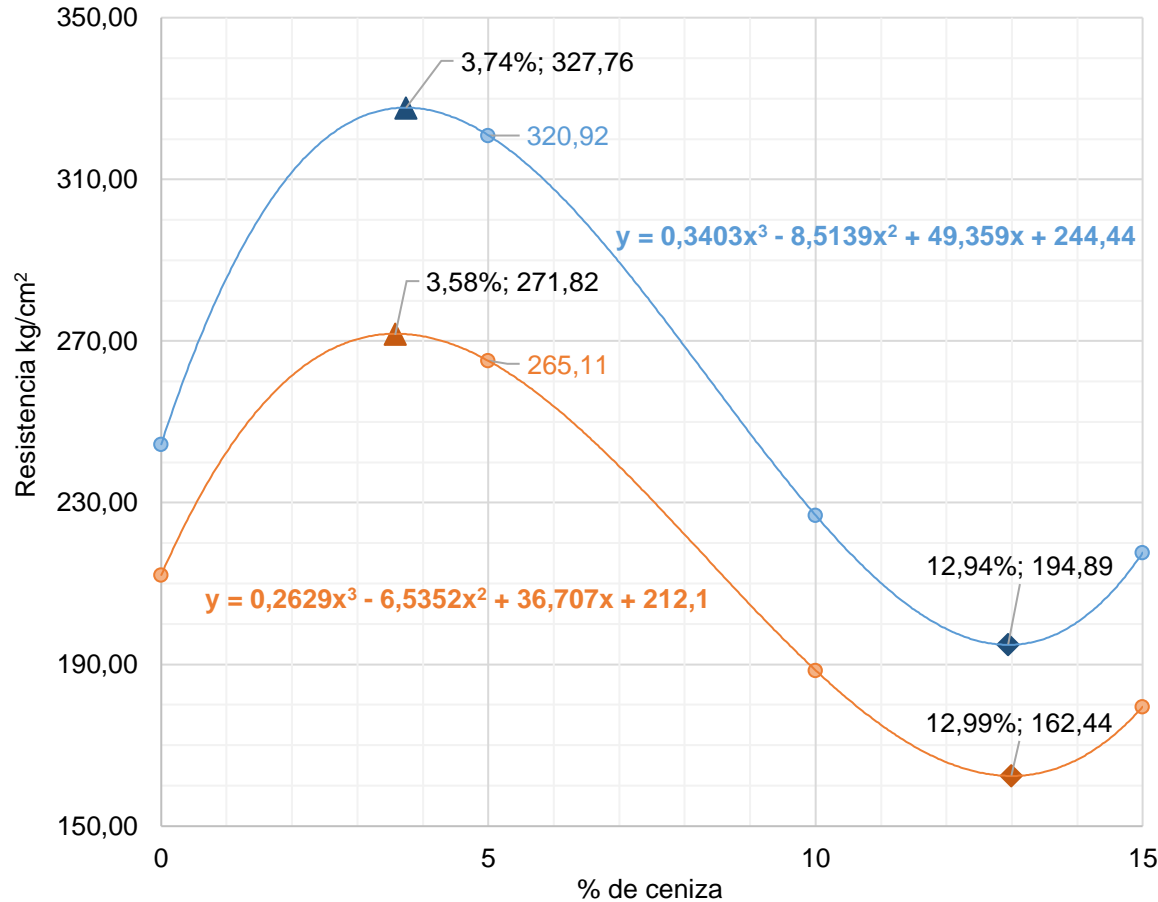
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

Líneas de tendencia en la resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  y  $f'c=240\text{kg/cm}^2$



- Resistencias  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- ▲ Máx. Resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- ◆ Mín. Resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- Resistencias  $f'c=240\text{kg/cm}^2$
- ▲ Máx. Resistencia  $f'c=240\text{kg/cm}^2$
- ◆ Mín. Resistencia  $f'c=240\text{kg/cm}^2$
- Polinómica (Resistencias  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ )
- Polinómica (Resistencias  $f'c=240\text{kg/cm}^2$ )

% de ceniza	Resistencias para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Resistencias para $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$
0	212,10	244,44
5	265,11	320,92
10	188,53	226,91
15	179,50	217,62

Resistencia Inicial $\text{kg/cm}^2$	Parámetro	% óptimo	Resistencia $\text{kg/cm}^2$
210	Máximos	3,58	271,82
	Mínimos	12,99	162,44
240	Máximos	3,74	327,76
	Mínimos	12,94	194,89

Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

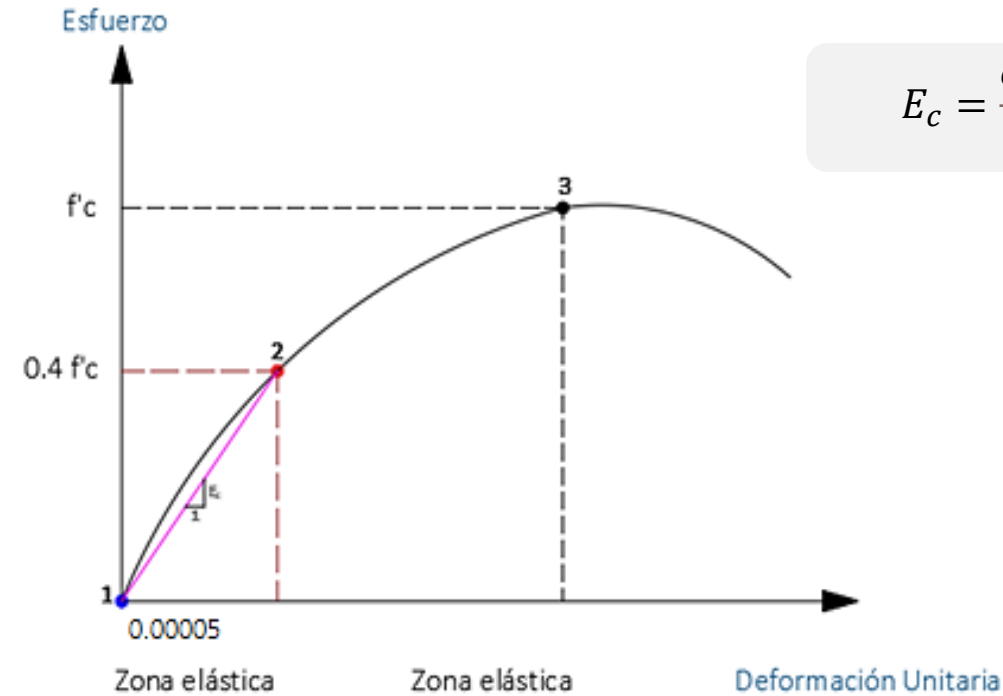
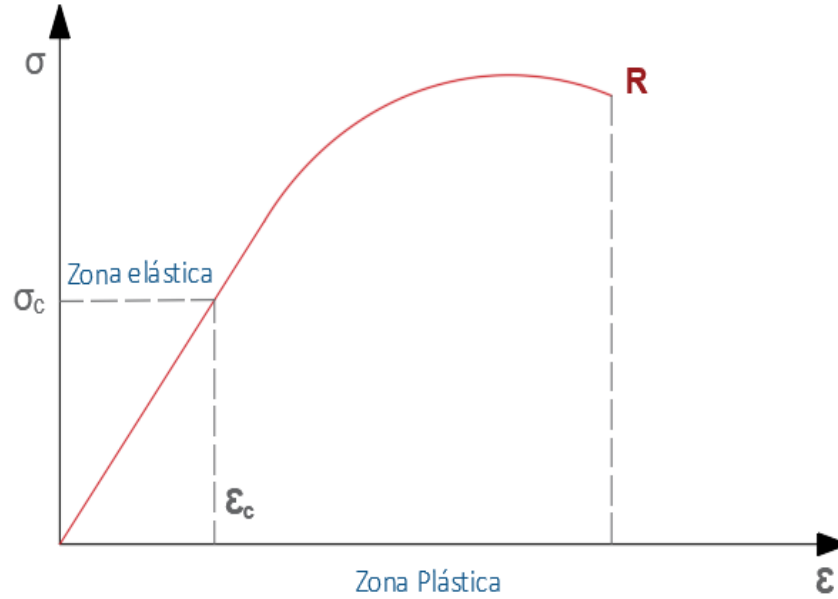
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

### Módulo de Elasticidad



$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

### Coefficiente de Poisson



Módulo de Elasticidad



Coefficiente de Poisson



Ductilidad

$$\mu = \frac{(\epsilon_{t1} - \epsilon_{t2})}{(\epsilon_2 - 0.00005)}$$



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

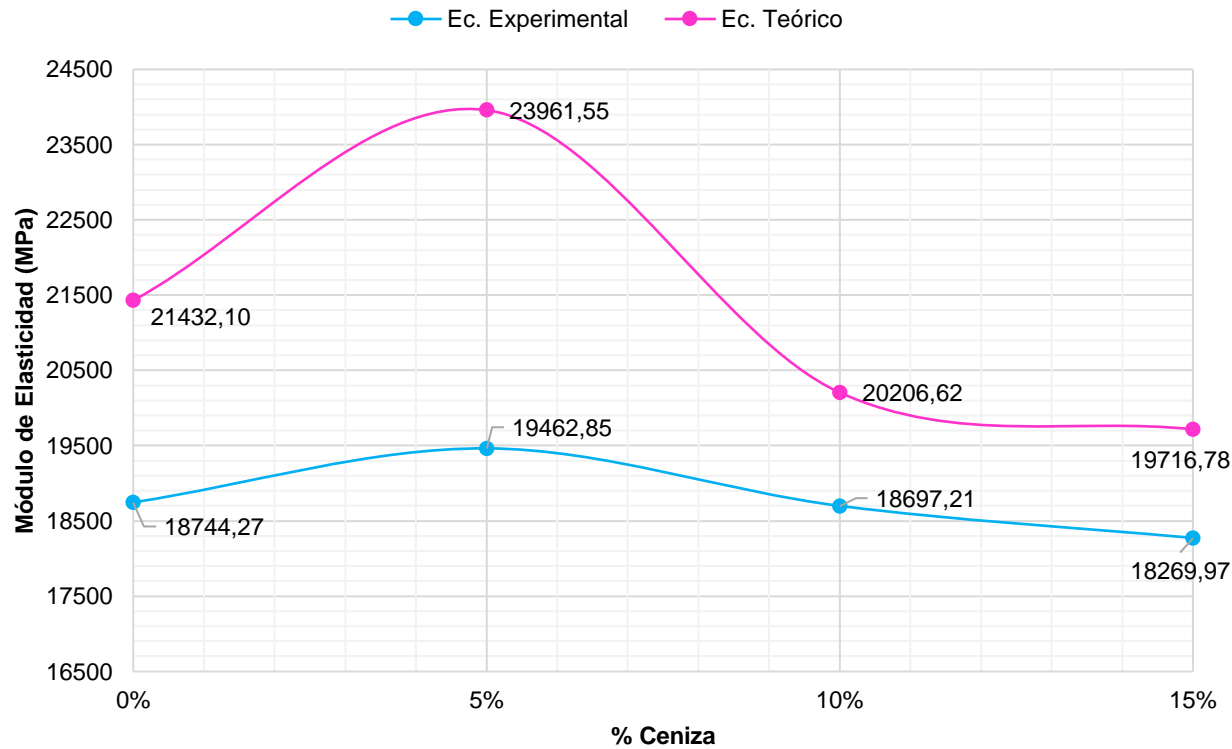
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

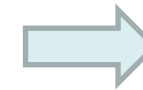
Costo - Beneficio

Módulo de elasticidad vs % ceniza para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Ceniza	Resistencia		Ec. Experimental (MPa)	Ec. Teórica (MPa)
	kg/cm <sup>2</sup>	MPa		
-	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	MPa	MPa
0%	212,10	20,79	18744,27	21432,10
5%	265,12	25,99	19462,85	23961,55
10%	188,54	18,48	18697,21	20206,62
15%	179,51	17,60	18269,97	19716,78

$Ec. teórica: 4700\sqrt{f'c}$



ACI 318

Coeficiente de Poisson: 0,16



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

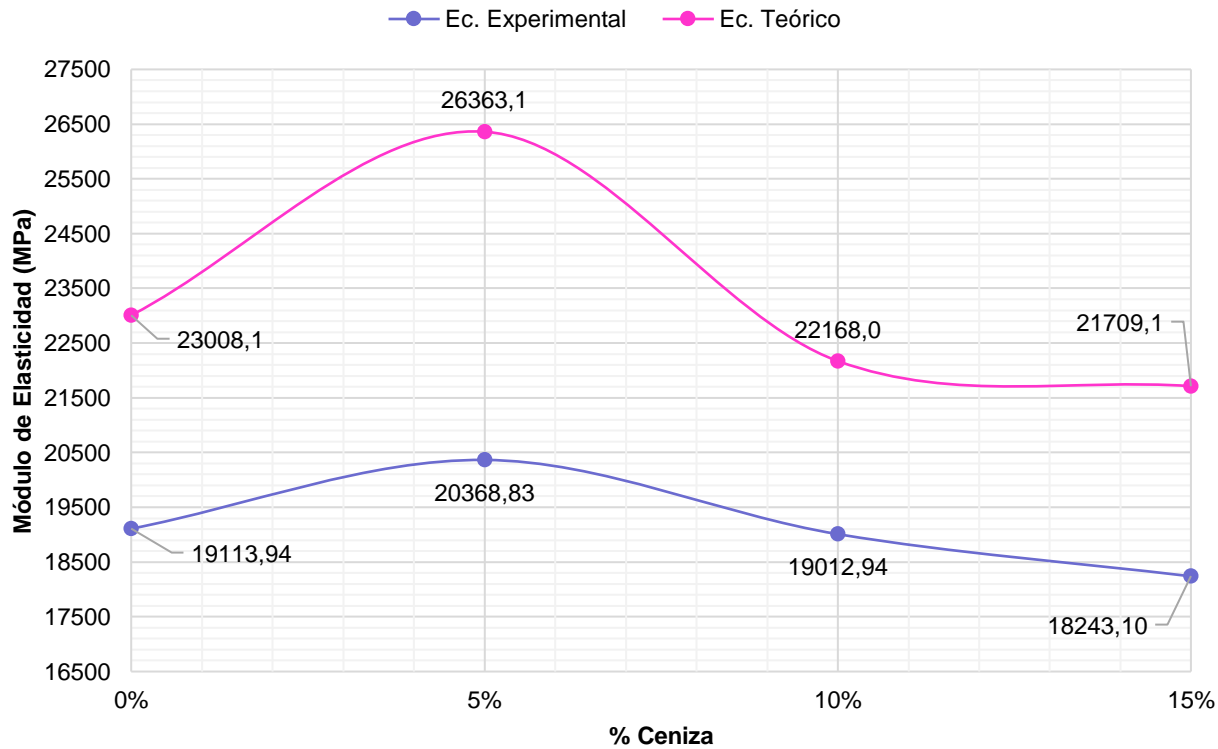
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

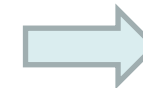
Costo - Beneficio

Módulo de elasticidad vs % Ceniza para  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$



Ceniza	Resistencia		Ec. Experimental	Ec. Teórico
	Kg/cm2	MPa		
-	Kg/cm2	MPa	Mpa	MPa
0%	244,44	23,96	19113,94	23008,1
5%	320,92	31,46	20368,83	26363,1
10%	226,91	22,25	19012,94	22168,0
15%	217,62	21,33	18243,10	21709,1

$Ec. teórica: 4700\sqrt{f'c}$



ACI 318

Coeficiente de Poisson: 0,18



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

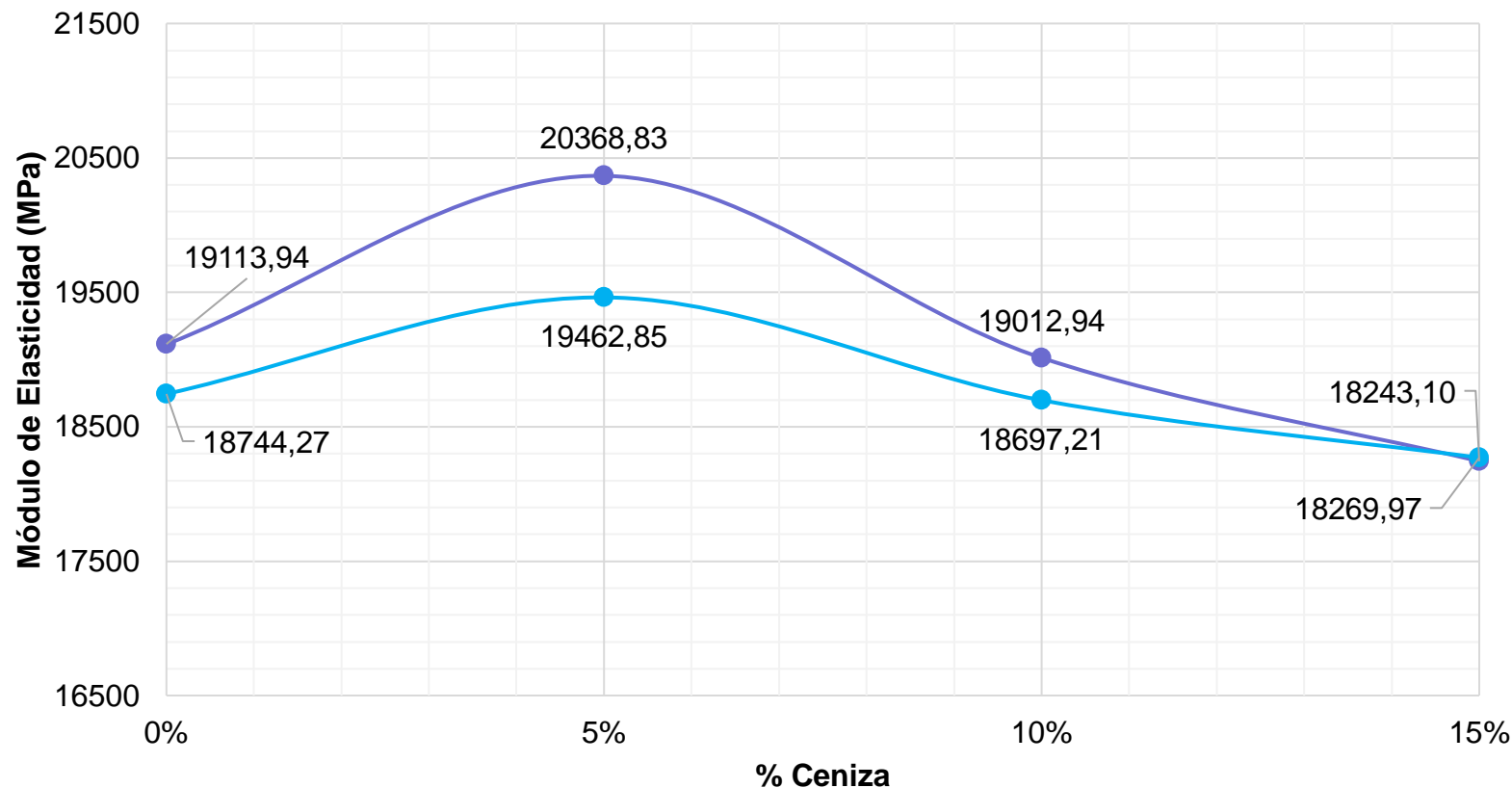
M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

Ec. 210 kg/cm2 vs Ec. 240 kg/cm2

● Ec. 240 kg/cm2 ● Ec. 210 kg/cm2



Ceniza	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	210	240
	Módulo de Elasticidad	
-	Mpa	Mpa
0%	18744,27	19113,94
5%	19462,85	20368,83
10%	18697,21	19012,94
15%	18269,97	18243,10



Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

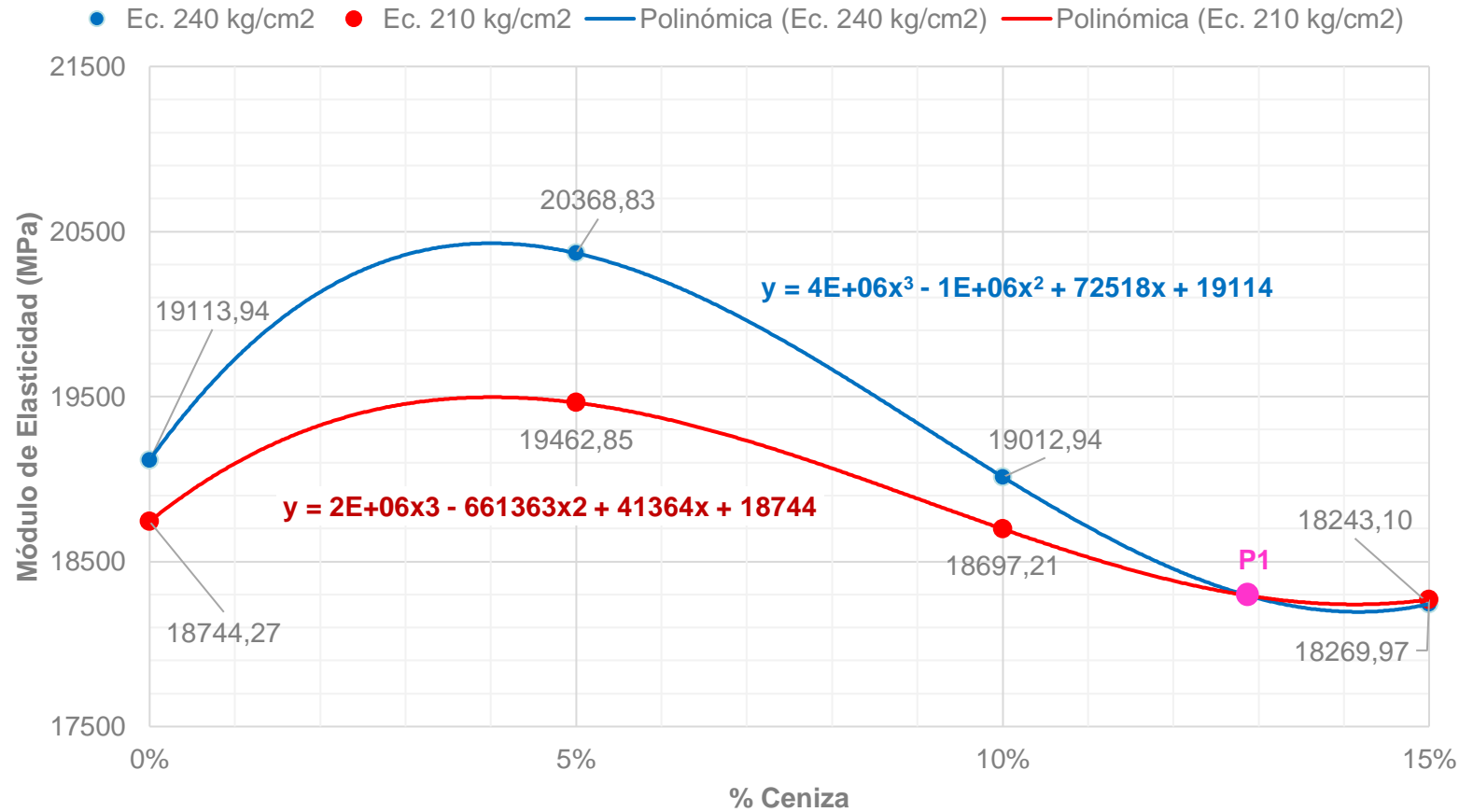
M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

Ec. 210 kg/cm<sup>2</sup> vs Ec. 240 kg/cm<sup>2</sup>



Ceniza	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	210	240
	Módulo de Elasticidad	
-	Mpa	Mpa
0%	18744,27	19113,94
5%	19462,85	20368,83
10%	18697,21	19012,94
15%	18269,97	18243,10
12,97%	18398,54	



Generalidades

Objetivos

Marco Teórico

Metodología

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Datos Fundición

M. De Elasticidad f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Resis. Compresión f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

M. De Elasticidad f'c=240 kg/cm<sup>2</sup>

Resis. Compresión f'c=240 kg/cm<sup>2</sup>

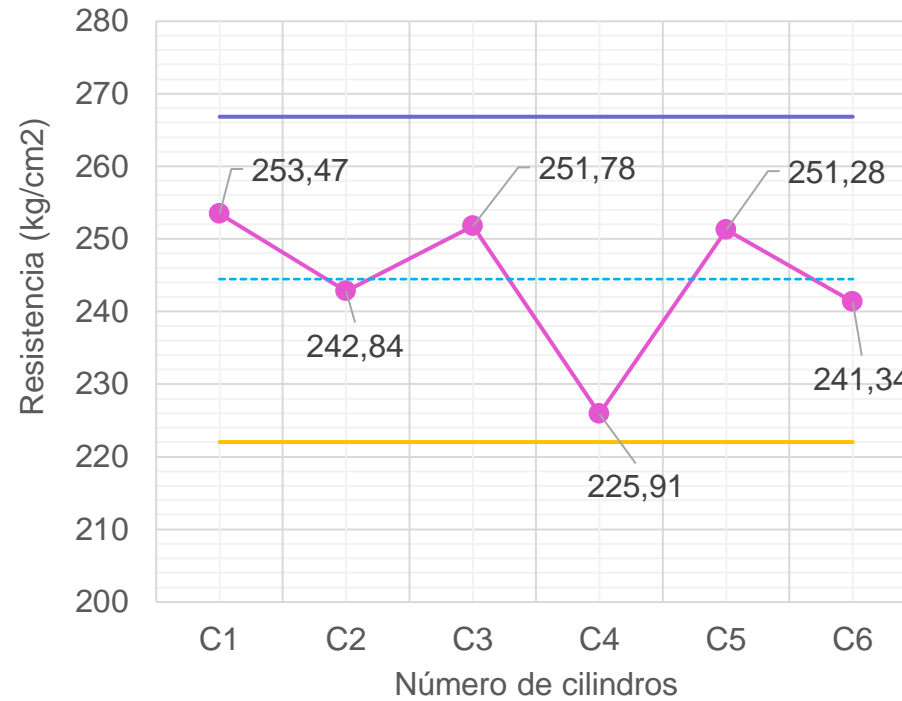
Comparación M. De Elasticidad

Línea de Tendencia

Costo - Beneficio

DOSIFICACIÓN - 0% DE CENIZA		
Resistencia 28 días		
kg/cm <sup>2</sup>		
Muestra	Valor	Observación
C1	253,47	Dentro rango
C2	242,84	Dentro rango
C3	251,78	Dentro rango
C4	225,91	Dentro rango
C5	251,28	Dentro rango
C6	241,34	Dentro rango
Media , xb	244,44	9,16%
Coef. Var.	0,02	
SDb	<b>10,37</b>	
Nb	6,00	
MND	<b>22,39</b>	
Máximo	266,83	
Mínimo	222,04	
Prom. Real	244,44	Kg/cm <sup>2</sup>

Dosificación 240 kg/cm<sup>2</sup> - 0% de ceniza



● Resistencia  
 --- Resis. Media  
 — Límite mínimo  
 — Límite máximo

Coef. de variación:  $V\% = 2,4\%$  (NTE INEN 1573)

$$\text{Desviación estándar: } SDb = \sqrt{\frac{\sum(x - xb)^2}{Nb - 1}}$$

Desviación máxima normal: MND  
 = "DISTR. NORM. INV(Coef. Var.; xb; SDb)"

Muestra	Resistencia	Resis. Media	Límite mínimo	Límite máximo
-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>C1</b>	253,47	244,44	222,04	266,83
<b>C2</b>	242,84	244,44	222,04	266,83
<b>C3</b>	251,78	244,44	222,04	266,83
<b>C4</b>	225,91	244,44	222,04	266,83
<b>C5</b>	251,28	244,44	222,04	266,83
<b>C6</b>	241,34	244,44	222,04	266,83

**SDf:** Desviación estándar  
**MND:** Desviación máxima normal



Generalidades

Objetivos

Marco Teórico

Metodología

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Datos Fundición

M. De Elasticidad f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Resis. Compresión f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

M. De Elasticidad f'c=240 kg/cm<sup>2</sup>

Resis. Compresión f'c=240 kg/cm<sup>2</sup>

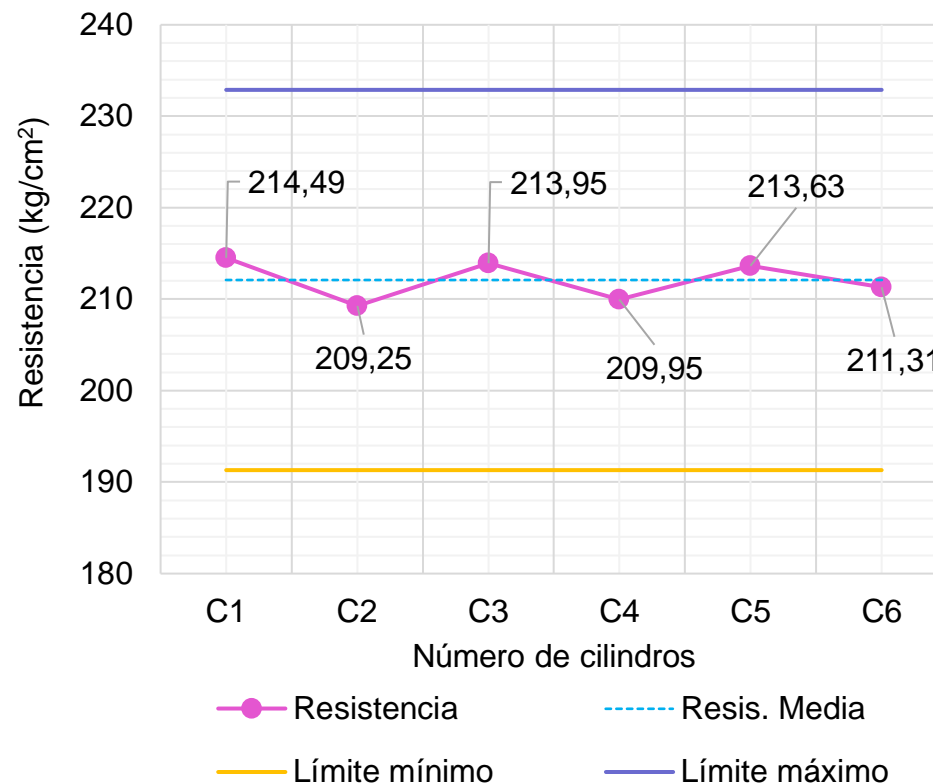
Comparación M. De Elasticidad

Línea de Tendencia

Costo - Beneficio

DOSIFICACIÓN - 0% DE CENIZA		
Resistencia 28 días		
kg/cm <sup>2</sup>		
Muestra	Valor	Observación
C1	214,49	Dentro rango
C2	209,25	Dentro rango
C3	213,95	Dentro rango
C4	209,95	Dentro rango
C5	213,63	Dentro rango
C6	211,31	Dentro rango
Media , xb	212,10	9,82%
Coef. Var.	0,024	
SDb	<b>2,23</b>	
Nb	6,00	
MND	<b>20,77</b>	
Máximo	232,87	
Mínimo	191,33	
Prom. Real	212,10	Kg/cm <sup>2</sup>

Dosificación 210 kg/cm<sup>2</sup> - 0% de ceniza



Coef. de variación:  $V\% = 2,4\%$  (NTE INEN 1573)

$$Desviación\ estándar: SDb = \sqrt{\frac{\sum(x - xb)^2}{Nb - 1}}$$

Desviación máxima normal:  $MND = "DISTR.NORM.INV(Coef.Var.; xb; SDb)"$

Muestra	Resistencia	Resis. Media	Límite mínimo	Límite máximo
-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>C1</b>	214,49	212,10	191,33	232,87
<b>C2</b>	209,25	212,10	191,33	232,87
<b>C3</b>	213,95	212,10	191,33	232,87
<b>C4</b>	209,95	212,10	191,33	232,87
<b>C5</b>	213,63	212,10	191,33	232,87
<b>C6</b>	211,31	212,10	191,33	232,87

**SDf:** Desviación estándar

**MND:** Desviación máxima normal

Generalidades

Objetivos

Marco Teórico

Metodología

Resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Datos Fundición

Resis. Compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resis. Compresión  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Línea de Tendencia

M. De Elasticidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

M. De Elasticidad  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

Comparación M. De Elasticidad

Costo - Beneficio

**Costo indicado para 1 m<sup>3</sup> de hormigón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Tipo de hormigón	Costo	Ahorro	Ahorro	Resistencia a la compresión obtenida
-	\$	\$	%	$\text{kg/cm}^2$
Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	\$ 96,01	\$ -		212,10
5% de adición de ceniza	\$ 97,54	\$ -1,54	-1,60%	265,12
10% de adición de ceniza	\$ 99,08	\$ -3,07	-1,57%	188,54
15% de adición de ceniza	\$ 100,61	\$ -4,61	-1,55%	179,51

**Costo indicado para 1 m<sup>3</sup> de hormigón de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$**

Tipo de hormigón	Costo	Ahorro	Ahorro	Resistencia a la compresión obtenida
-	\$	\$	%	$\text{kg/cm}^2$
Hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	\$ 106,68	\$ -		244,44
5% de adición de ceniza	\$ 108,49	\$ -1,81	-1,70%	320,92
10% de adición de ceniza	\$ 110,31	\$ -3,63	-1,67%	226,91
15% de adición de ceniza	\$ 112,12	\$ -5,44	-1,65%	217,62

Análisis de Precios Unitarios

25%

31%



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



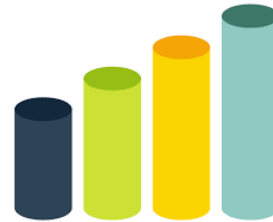
## AGREGADOS



VS



## CENIZA VOLCÁNICA

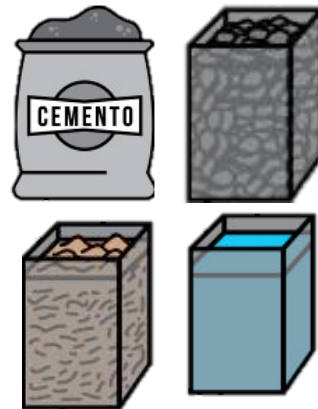


ALUMINATOS

SILICATOS



## DOSIFICACIÓN



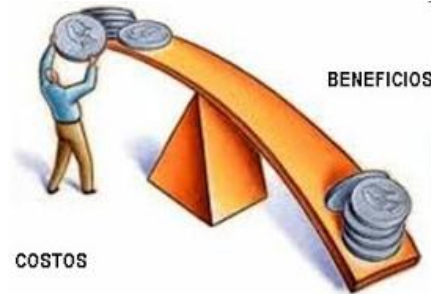
Ceniza	Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia 240 kg/cm <sup>2</sup>
-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0%	212,10	244,44

Ceniza	Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia 240 kg/cm <sup>2</sup>
-	Incremento %	Incremento %
5%	25%	31%

➤ **RESISTENCIA, ELASTICIDAD Y POISSON**



➤ **COSTO - BENEFICIO**



➤ **CONTENIDO DE AIRE**

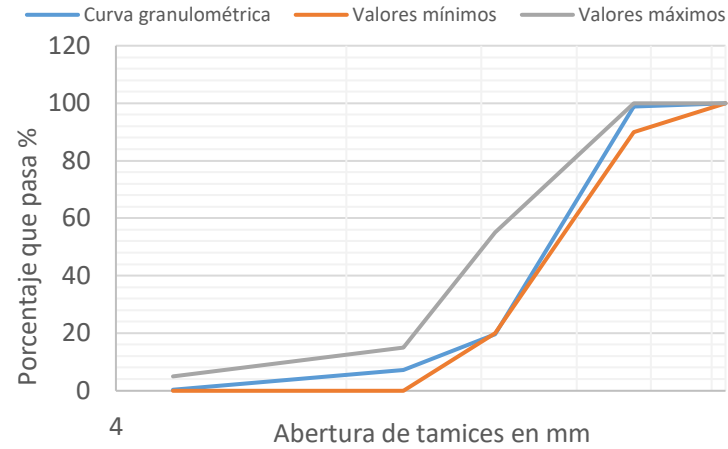




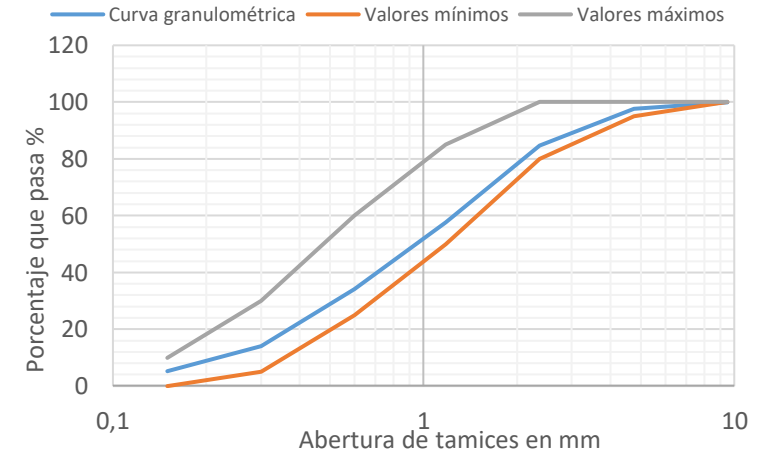
# AGREGADOS



Límites de gradación para áridos gruesos



Límites de gradación para áridos finos



## CENIZA VOLCÁNICA





## DOSIFICACIÓN



## RESISTENCIA Y MÓDULOS





# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**DOSIFICACIÓN DE UN HORMIGÓN PARA UNA RESISTENCIA DE  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  Y  $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ ,  
CON LA INCLUSIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SIN EL USO DE ADITIVOS**

AUTORES:

Cayo Toaquiza Rebeca Luzmila  
Padilla Guerrero María Fernanda  
Pantoja Santillán Santiago Gabriel  
Pinto Berrezueta Israel Fernando

TUTORES:

Ing. Durán Carillo José Ricardo, Mgs.  
Ing. Aldás Vaca Maribel Alexandra, Mgs.

Sangolquí, septiembre 2021

