

Tabla 53: Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	
Pem	2.59
PeSSS	2.64
Pea	2.73
% de Absorción	1.98

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.2. Análisis del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso

Con los datos obtenidos en el ensayo:

A: Peso de la muestra seca en el aire = 6080,0 gr.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire = 6133,4 gr.

C: Peso en el agua de la muestra saturada = 3819,3 gr.

Para hallar el peso específico aparente (Pea) se usó la siguiente fórmula:

$$Pea = \frac{A}{(A - C)}$$

$$Pea = \frac{6080.0gr}{(6080.0gr - 3819.3gr)}$$

$$Pea = 2.69$$

Para conocer el valor del peso específico de masa (Pem):

$$Pem = \frac{A}{(B - C)}$$

$$Pem = \frac{6080.0gr}{(6133.4gr - 3819.3gr)}$$

$$Pem = 2.63$$

El peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) se halló mediante la siguiente fórmula:

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)}$$

$$PeSSS = \frac{6133.4gr}{(6133.4gr - 3819.3gr)}$$

$$PeSSS = 2.65$$

El porcentaje de absorción del agregado fino se determinó con la siguiente fórmula:

$$Ab (\%) = 100 \times \frac{S - A}{A}$$

$$Ab (\%) = 100 \times \frac{6133.4gr - 6080.0gr}{6080.0gr}$$

$$Ab (\%) = 0.88$$

Tabla 54: Resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	
Pea	2.69
Pem	2.63
PeSSS	2.65
% de Absorción	0.88

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4. Peso unitario

Los datos tomados de las dimensiones y el peso del molde utilizado en el ensayo son los mismos para los pesos unitarios sueltos y compactados de agregados fino y grueso.

Altura del molde (h): 16.7 cm

Diámetro del molde (D): 15.1 cm

Peso del molde: 7515 gr

Para hallar el volumen del molde usaremos la siguiente fórmula:

$$Vol. del molde = \pi r^2 \times h$$

Sabemos que $D = 2r$, entonces $r = 7.55 \text{ cm}$

Por lo tanto:

$$\text{Vol. del molde} = \pi(7.55 \text{ cm})^2 \times 16.7 \text{ cm}$$

$$\text{Vol. del molde} = 2990.61 \text{ cm}^3$$

Seguidamente para hallar el peso unitario seguimos con el procedimiento:

PM: Peso del Molde = 7515 gr

VM: Volumen del Molde = 2990.61 gr

PT: Peso de (Molde + Agregado)

Para hallar el peso del agregado (PA) = PT-PM

Por ejemplo utilizando el primer dato del ensayo de peso unitario suelto (12210.0 gr) del agregado fino tenemos:

$$\text{PA} = 12210.0\text{gr} - 7515.0\text{gr}$$

$$\text{PA} = 4695.0 \text{ gr}$$

Ya que para cada ensayo tenemos 3 valores para PA, los promediaremos para obtener un solo valor del peso del agregado, para luego hallar el peso unitario con la siguiente fórmula:

$$\text{PU: Peso unitario del agregado} = \text{PA/VM}$$

3.6.4.1. Peso unitario del agregado fino

3.6.4.1.1. Análisis del peso unitario suelto del agregado fino

Tabla 55: Promedio del peso del agregado fino suelto

Ensayo	PT: Peso del molde + agregado (gr)	PM: Peso del molde (gr)	PA: Peso del agregado (gr)
1	12210.00	7515.00	4695.00
2	12160.00	7515.00	4645.00
3	12160.00	7515.00	4645.00
Promedio de PA			4661.67

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el peso unitario (PU) usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{PU} = \text{PA/VM}$$

$$PU = 4661.67\text{gr}/2990.61 \text{ cm}^3$$

$$PU = 1.558766 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$PU = 1558.77 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3.6.4.1.2. Análisis del peso unitario compactado del agregado fino

Tabla 56: Promedio del peso del agregado fino compactado

Ensayo	PT: Peso del molde + agregado (gr)	PM: Peso del molde (gr)	PA: Peso del agregado (gr)
1	12550.00	7515.00	5035.00
2	12520.00	7515.00	5005.00
3	12550.00	7515.00	5035.00
Promedio de PA			5025.00

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el peso unitario (PU) usaremos la siguiente fórmula:

$$PU = PA/VM$$

$$PU = 5025.00\text{gr}/2990.61 \text{ cm}^3$$

$$PU = 1.680257 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$PU = 1680.26 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3.6.4.2. Peso unitario del agregado grueso

3.6.4.2.1. Análisis peso unitario suelto del agregado grueso

Tabla 57: Promedio del peso del agregado grueso suelto

Ensayo	PT: Peso del molde + agregado (gr)	PM: Peso del molde (gr)	PA: Peso del agregado (gr)
1	11420.00	7515.00	3905.00
2	11450.00	7515.00	3935.00
3	11440.00	7515.00	3925.00
Promedio de PA			3921.67

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el peso unitario (PU) usaremos la siguiente fórmula:

$$PU = PA/VM$$

$$PU = 3921.67\text{gr}/2990.61 \text{ cm}^3$$

$$PU = 1.31132527 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$PU = 1311.33 \text{ kg}/\text{m}^3$$

3.6.4.2.2. Análisis peso unitario compactado del agregado grueso

Tabla 58: Promedio del peso del agregado grueso compactado

Ensayo	PT: Peso del molde + agregado (gr)	PM: Peso del molde (gr)	PA: Peso del agregado (gr)
1	11890.00	7515.00	4375.00
2	11900.00	7515.00	4385.00
3	11920.00	7515.00	4405.00
Promedio de PA			4388.33

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el peso unitario (PU) usaremos la siguiente fórmula:

$$PU = PA/VM$$

$$PU = 4388.33\text{gr}/2990.61 \text{ cm}^3$$

$$= 1.467369 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

$$PU = 1467.37 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Tabla 59: Resultados de los pesos unitarios de los agregados finos y gruesos

Peso unitario	
Agregado fino	
PU suelto	1558.77 kg/m ³
PU compactado	1680.26 kg/m ³
Agregado grueso	
PU suelto	1311.33 kg/m ³
PU compactado	1467.37 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5. Porcentaje de vacíos

Para determinar el porcentaje de vacíos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S * W) - PU)}{(S * W)}$$



Dónde:

PU: Peso unitario del agregado en Kg/m³

S: Peso específico de masa

W: Densidad del agua, 1000 kg/m³

3.6.5.1. Análisis del porcentaje de vacíos del agregado fino

Tenemos los siguientes datos:

PU: Peso unitario del agregado fino suelto en Kg/m³: 1558.77

PU: Peso unitario del agregado fino compactado en Kg/m³: 1680.26

S: Peso específico de masa = 2.59

W: Densidad del agua = 1000 kg/m³

Porcentaje de vacíos para agregado fino suelto:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S * W) - PU)}{(S * W)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((2.59 * 1000Kg/m^3) - 1558.77Kg/m^3)}{(2.59 * 1000Kg/m^3)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = 39.82\%$$

Porcentaje de vacíos para agregado fino compactado:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S * W) - PU)}{(S * W)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((2.59 * 1000Kg/m^3) - 1680.26Kg/m^3)}{(2.59 * 1000Kg/m^3)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = 35.13\%$$

3.6.5.2. Análisis del porcentaje de vacíos del agregado grueso

Tenemos los siguientes datos:



PU: Peso unitario del agregado grueso suelto en Kg/m3: 1311.33

PU: Peso unitario del agregado grueso compactado en Kg/m3: 1467.37

S: Peso específico de masa = 2.63

W: Densidad del agua = 1000 kg/m3

Porcentaje de vacíos para agregado grueso suelto:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S * W) - PU)}{(S * W)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((2.63 * 1000Kg/m3) - 1311.33Kg/m3)}{(2.63 * 1000Kg/m3)} = 50.14\%$$

Porcentaje de vacíos para agregado grueso compactado:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S * W) - PU)}{(S * W)}$$

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((2.63 * 1000Kg/m3) - 1467.37Kg/m3)}{(2.63 * 1000Kg/m3)} = 44.21\%$$

Tabla 60: Resultados del porcentaje de vacíos en agregados finos y gruesos

Porcentaje de vacíos	
Agregado fino	
% Vacíos para agregado suelto	39.82%
% Vacíos para agregado compactado	35.13%
Agregado grueso	
% Vacíos para agregado suelto	50.14%
% Vacíos para agregado compactado	44.21%

Fuente: Elaboración propia.

3.6.6. Contenido de humedad

Tenemos los siguientes datos:

P1: Peso de muestra húmeda con recipiente

P2: Peso de muestra seca con recipiente

PV: Peso de recipiente



Entonces para conocer el contenido de humedad de los agregados, utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso agua (P agua)} = P1 - P2$$

$$\text{Peso de muestra seca (P ms)} = P2 - PV$$

Para finalmente conocer el contenido de humedad:

$$\text{Contenido de humedad (W)} = \frac{P \text{ agua}}{P \text{ ms}} \times 100$$

3.6.6.1. Análisis del contenido de humedad de agregado fino

Tenemos los siguientes datos:

$$P1 = 7565.3 \text{ gr.}$$

$$P2 = 7514.2 \text{ gr.}$$

$$PV = 652.2 \text{ gr.}$$

Usamos las siguientes fórmulas:

$$P \text{ agua} = P1 - P2$$

$$P \text{ agua} = 7565.3 \text{ gr} - 7514.2 \text{ gr}$$

$$P \text{ agua} = 51.1 \text{ gr}$$

$$P \text{ ms} = P2 - PV$$

$$P \text{ ms} = 7514.2 \text{ gr} - 652.2 \text{ gr}$$

$$P \text{ ms} = 6862.0 \text{ gr}$$

Finalmente:

$$\text{Contenido de humedad (W)} = \frac{P \text{ agua}}{P \text{ ms}} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad (W)} = \frac{51.1 \text{ gr}}{6862.0 \text{ gr}} \times 100 = 0.74\%$$

3.6.6.2. Análisis del contenido de humedad del agregado grueso

Tenemos los siguientes datos:

$$P1=6912.3 \text{ gr.}$$

$$P2=6897.1 \text{ gr.}$$

$$PV=614.3 \text{ gr.}$$

Usamos las siguientes fórmulas:

$$P \text{ agua} = P1 - P2$$

$$P \text{ agua} = 6912.3 \text{ gr} - 6897.1 \text{ gr}$$

$$P \text{ agua} = 15.2 \text{ gr}$$

$$P \text{ ms} = P2 - PV$$

$$P \text{ ms} = 6897.1 \text{ gr} - 614.3 \text{ gr}$$

$$P \text{ ms} = 6282.8 \text{ gr.}$$

Finalmente:

$$\text{Contenido de humedad } (W) = \frac{P \text{ agua}}{P \text{ ms}} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad } (W) = \frac{15.2 \text{ gr}}{6282.8} \times 100 = 0.24\%$$

Tabla 61: Resultados de contenido de humedad en agregados finos y gruesos

Contenido de humedad	
Agregado fino	0.74%
Agregado grueso	0.24%

Fuente: Elaboración propia.

3.6.7. Diseño de mezcla según el ACI 211.1

Para realizar el diseño de mezcla según el método ACI 211.1, necesitaremos los datos obtenidos de los ensayos realizados al agregado fino y grueso.

Tabla 62: Datos de los agregados para el diseño de mezcla según el método ACI 211.1

Datos para el diseño de mezcla		
	Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza	2.52	6.50
Peso específico	2.59	2.63
Peso unitario compactado (Kg/m3)	1680.26	1467.37
% Absorción	1.98	0.88
% Humedad	0.74	0.24

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.1. Análisis del Diseño de mezcla según el ACI 211.1

Para elaborar el diseño de mezcla se realizaron los siguientes pasos:

1.- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada.

Ya que no se contaba con registros de ensayos previos de concretos similares, se usó la siguiente tabla para obtener la resistencia promedio requerida (f'_{cr}), considerando que la resistencia a compresión del concreto es de 210 kg/cm²:

Tabla 63: Selección de la resistencia a compresión requerida cuando no se tienen datos disponibles para establecer la desviación estándar

Resistencia a compresión especificada, $f'c$, kg/cm ²	Resistencia a compresión media requerida, kg/cm ²
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
Más de 350	$1,1f'c + 50$

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.060, Concreto Armado (2009).

Entonces:

$$f'_{cr} = f'c + 85$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85$$

$$f'_{cr} = 295 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

2.- Selección de tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo nominal del agregado es de $\frac{1}{2}$ " ya que no es mayor que el quinto del diámetro de las briqueteras de 10cm de diámetro x 20cm de altura.

$$\frac{1}{2} \text{ pulgada} = 1.27 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm} < 2 \text{ cm}$$

3.- Selección del asentamiento

Se eligió el asentamiento de acuerdo a la consistencia requerida, de acuerdo a la tabla 9, el adecuado para vigas y losas es de:

Tabla 64: Selección del asentamiento

Tipo de construcción	Máxima	Mínima
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

Entonces, según la tabla 8, tendríamos una mezcla de concreto con consistencia plástica.

Tabla 65: Selección de la consistencia y asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	$\geq 5"$ (125 mm)

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

El asentamiento de la mezcla seleccionado es de 3".

4.- Selección de volumen unitario del agua de diseño

Al seleccionar el volumen unitario de agua se consideraron las recomendaciones del Comité 211 del ACI, se utilizó la tabla 10 para obtener la cantidad de agua a incorporarse a la mezcladora por unidad cúbica de concreto

Tabla 66: Selección del volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, en l/m^3 , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

5.- Selección del contenido de aire

Para la selección del contenido de aire atrapado se utilizó la tabla 11 ya que la mezcla no contiene aire incorporado, obteniendo el siguiente dato:

Tabla 67: Selección del contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

6.- Selección de la relación agua cemento por resistencia y por durabilidad

/

Para obtener la relación agua/cemento cuando el agregado está en condición saturado superficialmente seco, se tomaron en cuenta los criterios de selección por resistencia, usando la tabla 13, considerando que la resistencia a compresión media del concreto es 295 kg/cm² y que no tiene aire incorporado.

Tabla 68: Selección de la relación agua/cemento por resistencia

f'_{cr} (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	...
450	0,38	...

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

Con los dos valores obtenidos, se realizó una interpolación con la siguiente fórmula:

$$\frac{y_2 - y_1}{y_3 - y_1} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$$

$$y_2 - y_1 = \left(\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}\right) \times (y_3 - y_1)$$

$$y_2 = y_1 + \left(\left(\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}\right) \times (y_3 - y_1)\right)$$

Dónde:

Tabla 69: Valores para interpolación

$x_1 = 300$	$y_1 = 0.55$
$x_2 = 295$	$y_2 = \text{Relación } \frac{A}{C} \text{ para } f'_{cr} 295 \frac{kg}{cm^2}$
$x_3 = 250$	$y_3 = 0.62$

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ para } f'_{cr} 295 \frac{kg}{cm^2} = 0.55 + \left(\frac{295 - 300}{250 - 300} \right) \times (0.62 - 0.55)$$

$$\text{Relación } \frac{A}{C} \text{ para } f'_{cr} 295 \frac{kg}{cm^2} = 0.56$$

7.- Determinación del Factor Cemento

Para la determinación del factor cemento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relación agua/cemento}}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{216 \text{ lt/m}^3}{0.56}$$

$$\text{Factor cemento} = 385.71 \text{ kg/m}^3$$

8.- Determinación del contenido de agregado grueso

Para determinar el contenido del agregado grueso se utilizó la tabla 15 con los datos del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, obteniendo un coeficiente b/b_0 , el que fue multiplicado por el peso unitario seco varillado del agregado grueso. Obteniendo el peso seco del agregado grueso.

Tabla 70: Selección del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/b_0)			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,82	0,80	0,78	0,76
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Rivva López, Diseño de Mezclas (2014)

Para obtener el b/b_0 para el módulo de fineza de 2.52, interpolamos:

Tabla 71: Valores para interpolación

$x_1 = 2.40$	$y_1 = 0.59$
$x_2 = 2.52$	$y_2 = \frac{b}{b_0}$
$x_3 = 2.60$	$y_3 = 0.57$

Fuente: Elaboración propia.

$$\frac{b}{b_0} = 0.59 + \left(\frac{2.52 - 2.40}{2.60 - 2.40} \right) \times (0.57 - 0.59)$$

$$\frac{b}{b_0} = 0.58$$

Entonces multiplicamos el valor obtenido por el peso unitario del agregado grueso:

$$\text{Peso seco del agregado grueso } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = b/b_0 \times \text{Peso unitario compactado del A. G.}$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = 0.58 \times 1467.37 kg/m^3$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = 851.07 kg/m^3$$

9.- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso

Se utilizaron la siguiente formula:

$$\text{Vol. agregado grueso } (m^3) = \frac{\text{Peso seco del A. Grueso}}{\text{Peso específico del A. Grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado grueso } (m^3) = \frac{851.07 kg/m^3}{(2.63 * 1000 kg/m^3)}$$

$$\text{Vol. agregado grueso } (m^3) = 0.3236 m^3$$

Para el cemento:

$$\text{Vol. cemento } (m^3) = \frac{385.71 kg/m^3}{(2.85 * 1000 kg/m^3)}$$

$$\text{Vol. cemento } (m^3) = 0.1353 m^3$$

Para el aire:

$$\text{Vol. aire (m}^3\text{)} = 2.5\% = 0.025 \text{ m}^3$$

Para el agua:

$$\text{Vol. agua (m}^3\text{)} = \frac{216 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Vol. agua (m}^3\text{)} = 0.216 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. agregado grueso})$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (0.216 \text{ m}^3 + 0.025 \text{ m}^3 + 0.135 \text{ m}^3 + 0.324 \text{ m}^3)$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 0.300 \text{ m}^3$$

10.- Determinación del peso seco del agregado fino

$$\text{Peso agregado fino } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \text{Vol. A. fino} \times \text{Peso específico A. Fino}$$

$$\text{Peso agregado fino } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 0.300 \text{ m}^3 \times (2.59 \times 1000 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso agregado fino } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 777.00 \text{ kg/m}^3$$

11.- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado

Tenemos:

$\%W_g$: Contenido de humedad del agregado grueso

$\%W_f$: Contenido de humedad del agregado fino

$\%a_g$: Porcentaje de absorción del agregado grueso

$\%a_f$: Porcentaje de absorción del agregado fino

Para corregir las proporciones de los materiales en función a las condiciones de humedad de los agregados, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) \times \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (851.07 \text{ kg}) \times \left(1 + \frac{0.24}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. grueso húmedo} = 853.11 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) \times \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (777.0 \text{ Kg}) \times \left(1 + \frac{0.74}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. fino húmedo} = 782.75 \text{ Kg/m}^3$$

Humedad superficial del agregado:

$$\text{Humedad superficial del agregado \%} = +(\%W - \%a)$$

$$\text{Humedad superficial del agregado fino \%} = +(0.74 - 1.98) = -1.24\%$$

$$\text{Humedad superficial del agregado grueso \%} = +(0.24 - 0.88) = -0.64\%$$

Aporte de humedad:

$$\text{A. H Agregado grueso} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = (\text{Peso de A. grueso seco}) \times \left(\frac{\%Wg - \%ag}{100}\right) = X$$

$$\text{A. H Agregado grueso} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = (851.07 \text{ kg}) \times \left(\frac{0.24 - 0.88}{100}\right) = X$$

$$\text{A. H Agregado grueso} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = -5.45 = X$$

$$\text{A. H Agregado fino} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = (\text{Peso de A. fino seco}) \times \left(\frac{\%Wf - \%af}{100}\right) = Y$$

$$\text{A. H Agregado fino} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = (777.00 \text{ Kg}) \times \left(\frac{0.74 - 1.98}{100}\right) = Y$$

$$\text{A. H Agregado fino} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = -9.63 = Y$$

El agua efectiva se determinó restando del volumen unitario de agua, la suma de los aportes de humedad de los agregados finos y gruesos.

$$\text{Agua efectiva} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

$$\text{Agua efectiva} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = 216 \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) - (-5.45 - 9.63)$$

$$\text{Agua efectiva} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}\right) = 231.08 \text{ lt/m}^3$$

Entonces los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Tabla 72: Pesos de los materiales ya corregidos del diseño de mezcla

Cemento	385.71 kg/m ³
Agua efectiva	231.8 lt/m ³
Agregado fino húmedo	782.75 kg/m ³
Agregado grueso húmedo	853.11 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

12.- Determinación de la proporción en peso de diseño

Para determinar la proporción de los materiales dividimos los pesos de los materiales entre el peso del cemento.

Cemento : agregado fino : agregado grueso / agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{peso cemento}} : \frac{\text{Peso A.fino húmedo}}{\text{peso cemento}} : \frac{\text{Peso A.grueso húmedo}}{\text{peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\frac{\text{peso de cemento}}{42.5 \text{ kg}}} \left(\frac{\text{lt}}{\text{bolsa}} \right)$$

$$\frac{385.71 \text{ kg/m}^3}{385.71 \text{ kg/m}^3} : \frac{782.75 \text{ kg/m}^3}{385.71 \text{ kg/m}^3} : \frac{853.11 \text{ kg/m}^3}{385.71 \text{ kg/m}^3} / \frac{231.5 \text{ lt/m}^3}{\frac{385.71 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg}}} \left(\frac{\text{lt}}{\text{bolsa}} \right)$$

$$1 : 2,0 : 2,2 / 25.5 \left(\frac{\text{lt}}{\text{bolsa}} \right)$$

13.- Determinación de la proporción de los materiales para los vaciados

Inicialmente se tenía programado elaborar 18 briquetas para el concreto patrón y los concretos con junta fría. Pero se elaboró una briqueta más en caso se tenga una muestra defectuosa. Teniendo un total de 19 briquetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de largo para el concreto patrón y para las muestras con junta fría de diferentes tiempos de formación, teniendo un total de 114 unidades.

Con las dimensiones de las briquetas, se halló el volumen de concreto a utilizar.

$$\text{Volúmen de briqueta} = \left(\frac{\text{diámetro}}{2} \right)^2 \times \pi \times \text{altura}$$

$$\text{Volúmen de briqueta} = \left(\frac{0.10 \text{ m}}{2} \right)^2 \times \pi \times 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Volúmen de briqueta} = 0.002 \text{ m}^3$$



También se tomó en cuenta el volumen del cono de Abrams, ya que se realizó un ensayo con este cono por cada tanda de concreto. Sus dimensiones son las siguientes:

Diámetro de base inferior: 20 cm

Diámetro de parte superior: 10 cm

Altura de cono: 30 cm

Para hallar el volumen del cono usamos la siguiente fórmula:

$$Vol. cono = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr)$$

Dónde:

R: Radio del diámetro de base inferior = 0.10 m

r: Radio de parte superior = 0.05 m

h: Altura de cono = 0.30 m

Reemplazando se tiene:

$$Vol. cono = \frac{1}{3} \pi (0.30 \text{ cm}) ((0.10 \text{ cm})^2 + (0.05 \text{ cm})^2 + (0.10 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm}))$$

$$Vol. cono = 0.005 \text{ m}^3$$

$$Vol. concreto = ((Vol. Briqueta * Nro de briquetas) + Vol. cono) * 1.10$$

El volumen del concreto es multiplicado por 1.10 debido a que se consideró que se podría usar un 10% más de concreto en todos los vaciados.

Volumen para el vaciado del concreto patrón:

$$Vol. concreto = ((0.002 \text{ m}^3 * 19) + 0.005 \text{ m}^3) * 1.10$$

$$Vol. concreto = 0.05 \text{ m}^3$$

Volumen para el vaciado de testigos con junta fría:

Para realizar los testigos con junta fría diagonal, se realizaron dos vaciados, el primero llenando la mitad de la briqueta y el segundo completando la misma, usando una nueva tanda de concreto fresco. Para ambos se realizó un ensayo del cono de Abrams, por lo tanto usamos la fórmula a continuación:

$$Vol. concreto = \left(\left(\frac{Vol. Briqueta * Nro de briquetas}{2} \right) + Vol. cono \right) * 1.10$$

$$Vol. concreto = \left(\left(\frac{0.002 m^3 * 19}{2} \right) + 0.005 m^3 \right) * 1.10$$

$$Vol. concreto = 0.026 m^3$$

Entonces en el vaciado de la primera tanda de concreto se usaron 0.026 m³ y en la segunda otros 0.026 m³. Usando un total de 0.052 m³ para las briquetas con junta fría.

El volumen de concreto obtenido es multiplicado por los valores del diseño de mezcla final que se encuentran en kg/m³ o lt/m³, para obtener los pesos de los materiales necesarios.

Tabla 73: Peso de materiales para el vaciado de testigos de concreto patrón.

Material	Valores de diseño de mezcla	Valores para concreto patrón
Cemento	385.71 kg/m ³	19.29kg
Agua efectiva	231.5 lt/m ³	11.58 lt
Agregado fino húmedo	782.75 kg/m ³	39.14 kg
Agregado grueso húmedo	853.11 kg/m ³	42.66 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74: Peso de materiales para vaciado de 1° o 2° tanda de concreto en testigos con junta fría.

Material	Valores de diseño de mezcla	Valores para la 1° o 2° tanda de concreto
Cemento	385.71 kg/m ³	10.03kg
Agua efectiva	231.5 lt/m ³	6.02 lt
Agregado fino húmedo	816.67 kg/m ³	20.35 kg
Agregado grueso húmedo	853.11 kg/m ³	22.18 kg

Fuente: Elaboración propia.

3.6.8. Consistencia de la mezcla con el cono de Abrams

3.6.8.1. Análisis de la consistencia de la mezcla con el cono de Abrams

Ya que en el diseño de mezcla en la tabla 9 se consideró el revenimiento de 3” Se compararon estos valores con los datos obtenidos durante el ensayo.

Tabla 75: Análisis de la consistencia de la mezcla con el cono de Abrams

Tiempo de formación de junta fría diagonal	Vaciado	SLUMP (Pulg.)			Cumple
		Obtenido en campo	Mínimo	Máximo	
Sin junta fría (concreto patrón)	Continuo	2.7	1”	4”	SI
1 hora	1° vaciado	2.8	1”	4”	SI
	2° vaciado	3.0	1”	4”	SI
1 ½ horas	1° vaciado	3.2	1”	4”	SI
	2° vaciado	2.8	1”	4”	SI
2 horas	1° vaciado	2.5	1”	4”	SI
	2° vaciado	3.3	1”	4”	SI
3 horas	1° vaciado	3.2	1”	4”	SI
	2° vaciado	3.5	1”	4”	SI
4 horas	1° vaciado	2.6	1”	4”	SI
	2° vaciado	3.3	1”	4”	SI

Fuente: Elaboración propia

3.6.9. Resistencia a la compresión

Relación L/D:

Para determinar la resistencia a la compresión, primeramente, se determinó la relación L/D, de ser menor a 1.75, se debía aplicar un factor de corrección.

Como ejemplo usaremos los valores de la muestra C-P-A-7, de 7 días de edad de concreto patrón de la tabla 38. Primero se promediaron los valores tomados del diámetro y largo de la briqueta.

Diámetro promedio:

$$\frac{10.26\text{cm} + 10.25\text{cm} + 10.12\text{cm} + 10.12\text{cm}}{4} = 10.19\text{ cm}$$

Altura:

$$\frac{20.80\text{cm} + 20.90\text{cm}}{2} = 20.85\text{ cm}$$

Luego se determinó la relación L/D:

$$\frac{L}{D} = \frac{20.85\text{cm}}{10.19\text{cm}} = 2.05$$

Entonces:

$$2.05 > 1.75 \quad \text{No se aplica el factor de corrección}$$

En caso que el valor de la relación L/D sea menor o igual a 1.75, entonces se utiliza la tabla 5.

Variación de diámetros de la muestra:

La norma ASTM C 39 señala que las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2%.

Entonces, usando los valores del ejemplo anterior, le sacamos el 2% a cada diámetro tomado:

Tabla 76: 2% del diámetro de la briqueta

	A	B	C	D
Diámetro (cm)	10.26	10.25	10.12	10.12
2% del diámetro (cm)	0.21	0.21	0.20	0.20

Fuente: Elaboración propia

Se promediaron los valores obteniendo 0.20 cm.

Seguidamente hallamos el valor absoluto de la resta de todos los valores de los diámetros entre sí.

Tabla 77: Valor absoluto de la resta de diámetros

	a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d
Resta de diámetros (cm)	0.01	0.14	0.14	0.13	0.13	0.00

Fuente: Elaboración propia

Si alguno de estos valores es mayor que el promedio del 2% de los diámetros obtenidos, entonces la muestra no es ensayada a compresión. Para este ejemplo, todos los valores son menores a 0.20 cm, entonces la muestra si es considerada.

Cálculo de la resistencia a compresión y densidad:

Para calcular la resistencia a compresión en kg/cm², utilizamos la siguiente fórmula:

$$F'c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

Dónde:

F'c: Resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm²

G: Es la carga máxima de rotura, en Kg.

D: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en cm

Con el ejemplo usado anteriormente tenemos:



$$G=14610 \text{ kg}$$

$$D \text{ (promedio de los diámetros)} = 10.19 \text{ cm.}$$

Reemplazando los valores:

$$F'c = \frac{4(14610 \text{ kg})}{\pi(10.19 \text{ cm})^2}$$

$$F'c = 179.24 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular la densidad de la muestra utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Volúmen (m}^3\text{)}}$$

Utilizamos como ejemplo los datos C-P-A-7-, de 7 días de edad de concreto patrón de la tabla 38, donde tenemos:

$$\text{Peso} = 3936 \text{ gr}$$

$$\text{Diámetro promedio} = 10.19 \text{ cm}$$

$$\text{Altura promedio} = 20.85 \text{ cm}$$

El volumen de la muestra se halla con la siguiente formula:

$$\text{Volumen} = \pi \frac{D^2}{4} H$$

Reemplazando en la fórmula de densidad:

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Peso}}{\left(\pi \frac{(D)^2}{4} H \right)}$$

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{3936 \text{ gr} \times 1000}{\left(\pi \frac{(10.19 \text{ cm})^2}{4} 20.85 \text{ cm} \right)}$$

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 2315.92$$

Rango aceptable en fuerza individual de cilindros:

La norma ASTM C 39 nos indica el rango aceptable en fuerza individual de cilindros.

Tabla 78: Rango aceptable en fuerza individual de cilindros

	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	RANGO ACEPTABLE EN FUERZA INDIVIDUAL DE CILINDROS	
6x12 pulg. (150X300mm)		2 cilindros	3 cilindros
Condiciones de laboratorio	2,40%	6,60%	7,80%
Condiciones de campo	2,90%	8,00%	9,50%
4X8 pulg. (100X200mm) Condiciones de laboratorio	3,20%	9%	10,60%

Fuente: Norma ASTM C-39

De acuerdo a la tabla, para 3 cilindros de 4X8 pulgadas, el promedio de la resistencia de la misma muestra no debe variar más de 10.60%.

Como ejemplo utilizaremos los siguientes valores de resistencia a compresión:

$$f'c_1 = 179.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 231.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 161.95 \text{ kg/cm}^2$$

El promedio de estos valores es 190.98 kg/cm²

Entonces hallamos el porcentaje de variación de la resistencia de la muestra, considerando el valor absoluto:

$$\%f'c_1 = 100\% \left(\frac{Rc \text{ prom.} - Rc}{Rc \text{ prom.}} \right)$$

Tenemos:

$$\%f'c_1 = 6.15\%$$

$$\%f'c_2 = 21.35\%$$

$$\%f'c_3 = 15.20\%$$

En el ejemplo se observa que el porcentaje de variación de $f'c_2$ y $f'c_3$ es mayor a 10.6%, entonces estos resultados no serán considerados, tomándose en cuenta solo la resistencia a compresión $f'c_1$.

Determinación del porcentaje de disminución de resistencia a compresión respecto al concreto patrón:

Obtenemos el porcentaje de la siguiente forma:

$$\% \text{ de disminución de } f'c = 100\% \left(\frac{f'c \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón} - f'c \text{ prom. de } C^\circ \text{ con junta fría}}{f'c \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón}} \right)$$

Como ejemplo utilizamos los siguientes datos:

$$f'c \text{ prom. de } C^\circ \text{ con junta fría con tiempo de formación de } 3h = 173.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón} = 184.91 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$\% \text{ de disminución de } f'c = 100\% \left(\frac{184.91 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} - 173.78 \text{ kg/cm}^2}{184.91 \text{ kg/cm}^2} \right)$$

$$\% \text{ de disminución de } f'c = 6.02\%$$

3.6.9.1. Análisis de la resistencia a compresión

Análisis de la relación L/D

Tabla 79: Relación L/D de muestras sometidas a compresión a los 7 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	Diámetro (cm)				Diámetro promedio	Altura (cm)		Altura promedio (cm)	Factor L/D	
					a	b	c	d		a	b			
C	P	A	7	Patrón	10.26	10.25	10.12	10.12	10.19	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	P	B	7	Patrón	10.17	10.20	10.10	10.15	10.16	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	P	C	7	Patrón	10.26	10.23	10.12	10.21	10.21	21.00	20.90	20.95	2.05	No corregir
C	1	A	7	1	10.14	10.13	10.26	10.26	10.20	20.80	20.80	20.80	2.04	No corregir
C	1	B	7	1	10.12	10.15	10.23	10.24	10.19	20.80	20.80	20.80	2.04	No corregir
C	1	C	7	1	10.15	10.15	10.26	10.20	10.19	20.90	20.80	20.85	2.05	No corregir
C	1 1/2	A	7	1 1/2	10.14	10.13	10.21	10.26	10.19	20.90	20.90	20.90	2.05	No corregir
C	1 1/2	B	7	1 1/2	10.13	10.13	10.16	10.24	10.17	20.90	20.80	20.85	2.05	No corregir
C	1 1/2	C	7	1 1/2	10.13	10.08	10.23	10.21	10.16	20.80	20.80	20.80	2.05	No corregir
C	2	A	7	2	10.12	10.13	10.17	10.21	10.16	21.00	21.00	21.00	2.07	No corregir
C	2	B	7	2	10.13	10.10	10.20	10.23	10.17	20.90	21.00	20.95	2.06	No corregir
C	2	C	7	2	10.12	10.09	10.18	10.22	10.15	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	3	A	7	3	10.29	10.29	10.16	10.14	10.22	20.90	20.90	20.90	2.05	No corregir
C	3	B	7	3	10.22	10.19	10.19	10.13	10.18	20.90	21.00	20.95	2.06	No corregir
C	3	C	7	3	10.17	10.22	10.15	10.12	10.17	21.00	20.90	20.95	2.06	No corregir
C	4	A	7	4	10.11	10.25	10.10	10.06	10.13	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	4	B	7	4	10.18	10.20	10.09	10.12	10.15	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	4	C	7	4	10.21	10.15	10.12	10.12	10.15	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80: Relación L/D de muestras sometidas a compresión a los 14 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	Diámetro (cm)				Diámetro promedio	Altura (cm)		Altura promedio (cm)	Factor L/D	
					a	b	c	d		a	b			
C	P	A	14	Patrón	10.23	10.30	10.10	10.13	10.19	20.90	20.90	20.90	2.05	No corregir
C	P	B	14	Patrón	10.23	10.26	10.17	10.22	10.22	20.90	21.00	20.95	2.05	No corregir
C	P	C	14	Patrón	10.27	10.30	10.10	10.12	10.20	20.80	20.90	20.85	2.04	No corregir
C	1	A	14	1	10.22	10.17	10.13	10.08	10.15	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	1	B	14	1	10.13	10.12	10.16	10.14	10.14	20.80	20.80	20.80	2.05	No corregir
C	1	C	14	1	10.13	10.12	10.22	10.20	10.17	20.90	21.00	20.95	2.06	No corregir
C	1 1/2	A	14	1 1/2	10.10	10.10	10.20	10.22	10.16	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	1 1/2	B	14	1 1/2	10.10	10.10	10.24	10.22	10.17	21.00	20.90	20.95	2.06	No corregir
C	1 1/2	C	14	1 1/2	10.10	10.09	10.20	10.23	10.16	20.90	20.80	20.85	2.05	No corregir
C	2	A	14	2	10.09	10.04	10.18	10.22	10.13	21.00	20.90	20.95	2.07	No corregir
C	2	B	14	2	10.10	10.09	10.19	10.20	10.15	20.90	20.80	20.85	2.06	No corregir
C	2	C	14	2	10.10	10.09	10.20	10.10	10.12	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	3	A	14	3	10.27	10.19	10.12	10.13	10.18	20.80	20.80	20.80	2.04	No corregir
C	3	B	14	3	10.23	10.23	10.10	10.10	10.17	21.00	21.00	21.00	2.07	No corregir
C	3	C	14	3	10.25	10.21	10.08	10.13	10.17	21.00	21.00	21.00	2.07	No corregir
C	4	A	14	4	10.17	10.23	10.14	10.14	10.17	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	4	B	14	4	10.24	10.20	10.14	10.09	10.17	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	4	C	14	4	10.24	10.21	10.11	10.13	10.17	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81: Relación L/D de muestras sometidas a compresión a los 28 días

Nombre de la muestra			Tiempo de formación de junta (horas)	Patrón	Diámetro (cm)				Diámetro promedio	Altura (cm)		Altura promedio (cm)	Factor L/D	
					a	b	c	d		a	b			
C	P	A	28	Patrón	10.21	10.22	10.13	10.10	10.17	20.90	21.00	20.95	2.06	No corregir
C	P	B	28	Patrón	10.24	10.20	10.14	10.18	10.19	21.00	20.90	20.95	2.06	No corregir
C	P	C	28	Patrón	10.25	10.20	10.10	10.13	10.17	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	1	A	28	1	10.11	10.10	10.23	10.20	10.16	20.70	20.80	20.75	2.04	No corregir
C	1	B	28	1	10.10	10.07	10.23	10.18	10.15	20.80	20.80	20.80	2.05	No corregir
C	1	C	28	1	10.13	10.14	10.17	10.21	10.16	20.70	20.70	20.70	2.04	No corregir
C	1 1/2	A	28	1 1/2	10.10	10.12	10.24	10.20	10.17	20.90	20.80	20.85	2.05	No corregir
C	1 1/2	B	28	1 1/2	10.13	10.14	10.20	10.23	10.18	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	1 1/2	C	28	1 1/2	10.13	10.14	10.18	10.23	10.17	21.00	20.90	20.95	2.06	No corregir
C	2	A	28	2	10.12	10.11	10.19	10.25	10.17	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	2	B	28	2	10.10	10.13	10.22	10.23	10.17	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	2	C	28	2	10.12	10.06	10.20	10.21	10.15	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	3	A	28	3	10.20	10.21	10.11	10.09	10.15	20.80	20.80	20.80	2.05	No corregir
C	3	B	28	3	10.22	10.23	10.10	10.14	10.17	20.90	21.00	20.95	2.06	No corregir
C	3	C	28	3	10.20	10.19	10.14	10.10	10.16	20.90	20.90	20.90	2.06	No corregir
C	4	A	28	4	10.18	10.25	10.13	10.09	10.16	20.80	20.80	20.80	2.05	No corregir
C	4	B	28	4	10.20	10.23	10.14	10.12	10.17	20.80	20.90	20.85	2.05	No corregir
C	4	C	28	4	10.21	10.20	10.11	10.14	10.17	20.90	20.80	20.85	2.05	No corregir

Fuente: Elaboración propia

Ninguna muestra tiene un factor L/D menor o igual a 1.75, por lo que no se aplica ningún factor de corrección.

Variación de diámetros de la muestra

Tabla 82: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a compresión a los 7 días

Nombre de la muestra				Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí
				a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d	
C	P	A	7	10.26	10.25	10.12	10.12	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.01	0.14	0.14	0.13	0.13	0.00	si cumple
C	P	B	7	10.17	10.20	10.10	10.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.07	0.02	0.10	0.05	0.05	si cumple
C	P	C	7	10.26	10.23	10.12	10.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.14	0.05	0.11	0.02	0.09	si cumple
C	1	A	7	10.14	10.13	10.26	10.26	0.20	0.20	0.21	0.21	0.20	0.01	0.12	0.12	0.13	0.13	0.00	si cumple
C	1	B	7	10.12	10.15	10.23	10.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.11	0.12	0.08	0.09	0.01	si cumple
C	1	C	7	10.15	10.15	10.26	10.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.00	0.11	0.05	0.11	0.05	0.06	si cumple
C	1 1/2	A	7	10.14	10.13	10.21	10.26	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.01	0.07	0.12	0.08	0.13	0.05	si cumple
C	1 1/2	B	7	10.13	10.13	10.16	10.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.03	0.11	0.03	0.11	0.08	si cumple
C	1 1/2	C	7	10.13	10.08	10.23	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.10	0.08	0.15	0.13	0.02	si cumple
C	2	A	7	10.12	10.13	10.17	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.05	0.09	0.04	0.08	0.04	si cumple
C	2	B	7	10.13	10.10	10.20	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.07	0.10	0.10	0.13	0.03	si cumple
C	2	C	7	10.12	10.09	10.18	10.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.06	0.10	0.09	0.13	0.04	si cumple
C	3	A	7	10.29	10.29	10.16	10.14	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.00	0.13	0.15	0.13	0.15	0.02	si cumple
C	3	B	7	10.22	10.19	10.19	10.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.03	0.09	0.00	0.06	0.06	si cumple
C	3	C	7	10.17	10.22	10.15	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.02	0.05	0.07	0.10	0.03	si cumple
C	4	A	7	10.11	10.25	10.10	10.06	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.14	0.01	0.05	0.15	0.19	0.04	si cumple
C	4	B	7	10.18	10.20	10.09	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.09	0.06	0.11	0.08	0.03	si cumple
C	4	C	7	10.21	10.15	10.12	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.06	0.09	0.09	0.03	0.03	0.00	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a compresión a los 14 días

Nombre de la muestra				Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí
				a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d	
C	P	A	14	10.23	10.30	10.10	10.13	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.07	0.13	0.10	0.20	0.17	0.03	si cumple
C	P	B	14	10.23	10.26	10.17	10.22	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.03	0.06	0.01	0.09	0.04	0.05	si cumple
C	P	C	14	10.27	10.30	10.10	10.12	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.03	0.17	0.15	0.20	0.18	0.02	si cumple
C	1	A	14	10.22	10.17	10.13	10.08	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.09	0.14	0.04	0.09	0.05	si cumple
C	1	B	14	10.13	10.12	10.16	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	0.02	si cumple
C	1	C	14	10.13	10.12	10.22	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.09	0.07	0.10	0.08	0.02	si cumple
C	1 1/2	A	14	10.10	10.10	10.20	10.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.10	0.12	0.10	0.12	0.02	si cumple
C	1 1/2	B	14	10.10	10.10	10.24	10.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.14	0.12	0.14	0.12	0.02	si cumple
C	1 1/2	C	14	10.10	10.09	10.20	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.13	0.11	0.14	0.03	si cumple
C	2	A	14	10.09	10.04	10.18	10.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.09	0.13	0.14	0.18	0.04	si cumple
C	2	B	14	10.10	10.09	10.19	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.09	0.10	0.10	0.11	0.01	si cumple
C	2	C	14	10.10	10.09	10.20	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.00	0.11	0.01	0.10	si cumple
C	3	A	14	10.27	10.19	10.12	10.13	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.08	0.15	0.14	0.07	0.06	0.01	si cumple
C	3	B	14	10.23	10.23	10.10	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00	si cumple
C	3	C	14	10.25	10.21	10.08	10.13	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.17	0.12	0.13	0.08	0.05	si cumple
C	4	A	14	10.17	10.23	10.14	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.06	0.03	0.03	0.09	0.09	0.00	si cumple
C	4	B	14	10.24	10.20	10.14	10.09	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.10	0.15	0.06	0.11	0.05	si cumple
C	4	C	14	10.24	10.21	10.11	10.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.13	0.11	0.10	0.08	0.02	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a compresión a los 28 días

Nombre de la muestra				Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí
				a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d	
C	P	A	28	10.21	10.22	10.13	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.08	0.11	0.09	0.12	0.03	si cumple
C	P	B	28	10.24	10.20	10.14	10.18	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.10	0.06	0.06	0.02	0.04	si cumple
C	P	C	28	10.25	10.20	10.10	10.13	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.15	0.12	0.10	0.07	0.03	si cumple
C	1	A	28	10.11	10.10	10.23	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.12	0.09	0.13	0.10	0.03	si cumple
C	1	B	28	10.10	10.07	10.23	10.18	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.13	0.08	0.16	0.11	0.05	si cumple
C	1	C	28	10.13	10.14	10.17	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.04	0.08	0.03	0.07	0.04	si cumple
C	1 1/2	A	28	10.10	10.12	10.24	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.14	0.10	0.12	0.08	0.04	si cumple
C	1 1/2	B	28	10.13	10.14	10.20	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.07	0.10	0.06	0.09	0.03	si cumple
C	1 1/2	C	28	10.13	10.14	10.18	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.05	0.10	0.04	0.09	0.05	si cumple
C	2	A	28	10.12	10.11	10.19	10.25	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.01	0.07	0.13	0.08	0.14	0.06	si cumple
C	2	B	28	10.10	10.13	10.22	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.12	0.13	0.09	0.10	0.01	si cumple
C	2	C	28	10.12	10.06	10.20	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.06	0.08	0.09	0.14	0.15	0.01	si cumple
C	3	A	28	10.20	10.21	10.11	10.09	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.09	0.11	0.10	0.12	0.02	si cumple
C	3	B	28	10.22	10.23	10.10	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.12	0.08	0.13	0.09	0.04	si cumple
C	3	C	28	10.20	10.19	10.14	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.06	0.10	0.05	0.09	0.04	si cumple
C	4	A	28	10.18	10.25	10.13	10.09	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.07	0.05	0.09	0.12	0.16	0.04	si cumple
C	4	B	28	10.20	10.23	10.14	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.06	0.08	0.09	0.11	0.02	si cumple
C	4	C	28	10.21	10.20	10.11	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.07	0.09	0.06	0.03	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los diámetros de todas las muestras no varían en más de 2% entre sí, por lo cual todas las briquetas fueron aptas para realizar el ensayo de compresión.

Cálculo de la resistencia a compresión y densidad:

Tabla 85: Cálculo de la densidad y la resistencia a compresión de muestras a los 7 días

Nombre de la muestra				Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)
C	P	A	7	10.19	20.85	3936.00	2315.92	14610	179.24	184.91
C	P	B	7	10.16	20.85	3932.30	2328.58	15480	191.13	
C	P	C	7	10.21	20.95	3955.40	2308.29	15080	184.37	
C	1	A	7	10.20	20.80	3923.90	2309.82	13140	160.89	179.09
C	1	B	7	10.19	20.80	3918.70	2312.42	15070	184.97	
C	1	C	7	10.19	20.85	3928.60	2310.43	15610	191.41	
C	1 1/2	A	7	10.19	20.90	3875.00	2275.69	13780	169.14	179.14
C	1 1/2	B	7	10.17	20.85	3891.40	2299.83	15510	191.12	
C	1 1/2	C	7	10.16	20.80	3906.80	2315.62	14370	177.16	
C	2	A	7	10.16	21.00	3940.20	2315.45	13140	162.16	174.72
C	2	B	7	10.17	20.95	3937.60	2316.02	14210	175.10	
C	2	C	7	10.15	20.85	3922.80	2324.10	15130	186.90	
C	3	A	7	10.22	20.90	3922.20	2287.66	15590	190.04	173.78
C	3	B	7	10.18	20.95	3930.50	2303.91	13250	162.71	
C	3	C	7	10.17	20.95	3907.80	2298.50	13680	168.57	
C	4	A	7	10.13	20.90	3914.30	2323.80	14790	183.51	172.76
C	4	B	7	10.15	20.90	3872.80	2291.24	14280	176.57	
C	4	C	7	10.15	20.85	3868.20	2292.88	12800	158.19	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86: Cálculo de la densidad y la resistencia a compresión de muestras a los 14 días

Nombre de la muestra				Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m3)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)
C	P	A	14	10.19	20.90	3903.80	2290.36	16530	202.69	210.33
C	P	B	14	10.22	20.95	3912.90	2276.79	18110	220.76	
C	P	C	14	10.20	20.85	3871.70	2273.62	16950	207.54	
C	1	A	14	10.15	20.85	3955.70	2344.74	16270	201.08	207.63
C	1	B	14	10.14	20.80	3913.70	2331.16	18090	224.12	
C	1	C	14	10.17	20.95	3951.70	2323.17	16050	197.68	
C	1 1/2	A	14	10.16	20.90	3890.50	2298.31	17680	218.29	207.67
C	1 1/2	B	14	10.17	20.95	3913.30	2301.73	15880	195.68	
C	1 1/2	C	14	10.16	20.85	3871.10	2292.34	16930	209.03	
C	2	A	14	10.13	20.95	3927.20	2324.75	16550	205.25	202.42
C	2	B	14	10.15	20.85	3929.00	2331.21	17590	217.61	
C	2	C	14	10.12	20.90	3929.00	2335.99	14840	184.40	
C	3	A	14	10.18	20.80	3896.20	2302.53	15680	192.74	202.26
C	3	B	14	10.17	21.00	3943.70	2314.09	16380	201.84	
C	3	C	14	10.17	21.00	3960.70	2322.92	17230	212.21	
C	4	A	14	10.17	20.85	3903.50	2304.71	15680	193.03	197.21
C	4	B	14	10.17	20.90	3934.40	2318.54	15470	190.53	
C	4	C	14	10.17	20.85	3904.80	2304.34	16910	208.06	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87: Cálculo de la densidad y la resistencia a compresión de muestras a los 28 días

Nombre de la muestra				Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)
C	P	A	28	10.17	20.95	3902.00	2295.08	21680	267.15	258.60
C	P	B	28	10.19	20.95	3896.20	2280.44	20910	256.40	
C	P	C	28	10.17	20.90	3951.80	2327.65	20490	252.24	
C	1	A	28	10.16	20.75	3920.80	2330.66	21170	261.12	252.98
C	1	B	28	10.15	20.80	3882.50	2309.16	20190	249.77	
C	1	C	28	10.16	20.70	3896.80	2320.85	20120	248.05	
C	1 1/2	A	28	10.17	20.85	3788.10	2238.78	21280	262.22	253.10
C	1 1/2	B	28	10.18	20.85	3875.20	2285.75	20010	246.09	
C	1 1/2	C	28	10.17	20.95	3850.30	2262.45	20390	251.01	
C	2	A	28	10.17	20.85	3865.00	2283.10	20980	258.40	248.94
C	2	B	28	10.17	20.85	3850.30	2273.30	19960	245.71	
C	2	C	28	10.15	20.90	3885.00	2298.46	19630	242.72	
C	3	A	28	10.15	20.80	3813.00	2264.48	19170	236.80	246.68
C	3	B	28	10.17	20.95	3869.80	2272.79	20390	250.88	
C	3	C	28	10.16	20.90	3830.80	2261.93	20450	252.37	
C	4	A	28	10.16	20.80	3840.90	2276.56	19960	246.08	246.21
C	4	B	28	10.17	20.85	3844.00	2268.46	19420	238.95	
C	4	C	28	10.17	20.85	3835.10	2266.55	20580	253.60	

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a compresión de los testigos de concreto disminuye a medida que el tiempo de formación de junta fría se incrementa.

Rango aceptable en fuerza individual de cilindros

Tabla 88: Rango aceptable en fuerza individual en muestras ensayadas a los 7 días

Nombre de la muestra				Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)	% de variación de F'c	F'c no varía en más del 10.6% de f'c promedio
C	P	A	7	14610	179.24	184.91	3.07	si cumple
C	P	B	7	15480	191.13		3.36	si cumple
C	P	C	7	15080	184.37		0.29	si cumple
C	1	A	7	13140	160.89	179.09	10.16	si cumple
C	1	B	7	15070	184.97		3.28	si cumple
C	1	C	7	15610	191.41		6.88	si cumple
C	1 1/2	A	7	13780	169.14	179.14	5.58	si cumple
C	1 1/2	B	7	15510	191.12		6.69	si cumple
C	1 1/2	C	7	14370	177.16		1.10	si cumple
C	2	A	7	13140	162.16	174.72	7.19	si cumple
C	2	B	7	14210	175.10		0.22	si cumple
C	2	C	7	15130	186.90		6.97	si cumple
C	3	A	7	15590	190.04	173.78	9.36	si cumple
C	3	B	7	13250	162.71		6.37	si cumple
C	3	C	7	13680	168.57		3.00	si cumple
C	4	A	7	14790	183.51	172.76	6.22	si cumple
C	4	B	7	14280	176.57		2.21	si cumple
C	4	C	7	12800	158.19		8.43	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89: Rango aceptable en fuerza individual en muestras ensayadas a los 14 días

Nombre de la muestra				Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)	% de variación de F'c	F'c no varía en más del 10.6% de f'c promedio
C	P	A	14	16530	202.69	210.33	3.63	si cumple
C	P	B	14	18110	220.76		4.96	si cumple
C	P	C	14	16950	207.54		1.33	si cumple
C	1	A	14	16270	201.08	207.63	3.15	si cumple
C	1	B	14	18090	224.12		7.95	si cumple
C	1	C	14	16050	197.68		4.79	si cumple
C	1 1/2	A	14	17680	218.29	207.67	5.12	si cumple
C	1 1/2	B	14	15880	195.68		5.77	si cumple
C	1 1/2	C	14	16930	209.03		0.66	si cumple
C	2	A	14	16550	205.25	202.42	1.40	si cumple
C	2	B	14	17590	217.61		7.50	si cumple
C	2	C	14	14840	184.40		8.90	si cumple
C	3	A	14	15680	192.74	202.26	4.71	si cumple
C	3	B	14	16380	201.84		0.21	si cumple
C	3	C	14	17230	212.21		4.92	si cumple
C	4	A	14	15680	193.03	197.21	2.12	si cumple
C	4	B	14	15470	190.53		3.38	si cumple
C	4	C	14	16910	208.06		5.51	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90: Rango aceptable en fuerza individual en muestras ensayadas a los 28 días

Nombre de la muestra				Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)	% de variación de F'c	F'c no varía en más del 10.6% de f'c promedio
C	P	A	28	21680	267.15	258.60	3.31	si cumple
C	P	B	28	20910	256.40		0.85	si cumple
C	P	C	28	20490	252.24		2.46	si cumple
C	1	A	28	21170	261.12	252.98	3.22	si cumple
C	1	B	28	20190	249.77		1.27	si cumple
C	1	C	28	20120	248.05		1.95	si cumple
C	1 1/2	A	28	21280	262.22	253.10	3.60	si cumple
C	1 1/2	B	28	20010	246.09		2.77	si cumple
C	1 1/2	C	28	20390	251.01		0.83	si cumple
C	2	A	28	20980	258.40	248.94	3.80	si cumple
C	2	B	28	19960	245.71		1.30	si cumple
C	2	C	28	19630	242.72		2.50	si cumple
C	3	A	28	19170	236.80	246.68	4.01	si cumple
C	3	B	28	20390	250.88		1.70	si cumple
C	3	C	28	20450	252.37		2.30	si cumple
C	4	A	28	19960	246.08	246.21	0.05	si cumple
C	4	B	28	19420	238.95		2.95	si cumple
C	4	C	28	20580	253.60		3.00	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la resistencia a compresión de los testigos no varía en más de 10.6% de la resistencia a compresión promedio, por lo que todos los valores obtenidos serán tomados en consideración.



Determinación del porcentaje de disminución de resistencia a compresión respecto al concreto patrón

Tabla 91: Porcentaje de disminución de $F'c$ de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	$F'c$ (kg/cm ²)	$F'c$ promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
C	P	A	7	Patrón	179.24	184.91	
C	P	B	7	Patrón	191.13		
C	P	C	7	Patrón	184.37		
C	1	A	7	1	160.89	179.09	3.15
C	1	B	7	1	184.97		
C	1	C	7	1	191.41		
C	1 1/2	A	7	1 1/2	169.14	179.14	3.12
C	1 1/2	B	7	1 1/2	191.12		
C	1 1/2	C	7	1 1/2	177.16		
C	2	A	7	2	162.16	174.72	5.51
C	2	B	7	2	175.10		
C	2	C	7	2	186.90		
C	3	A	7	3	190.04	173.78	6.02
C	3	B	7	3	162.71		
C	3	C	7	3	168.57		
C	4	A	7	4	183.51	172.76	6.57
C	4	B	7	4	176.57		
C	4	C	7	4	158.19		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92: Porcentaje de disminución de F'c de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	F'c (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
C	P	A	14	Patrón	202.69	210.33	
C	P	B	14	Patrón	220.76		
C	P	C	14	Patrón	207.54		
C	1	A	14	1	201.08	207.63	1.29
C	1	B	14	1	224.12		
C	1	C	14	1	197.68		
C	1 1/2	A	14	1 1/2	218.29	207.67	1.27
C	1 1/2	B	14	1 1/2	195.68		
C	1 1/2	C	14	1 1/2	209.03		
C	2	A	14	2	205.25	202.42	3.76
C	2	B	14	2	217.61		
C	2	C	14	2	184.40		
C	3	A	14	3	192.74	202.26	3.83
C	3	B	14	3	201.84		
C	3	C	14	3	212.21		
C	4	A	14	4	193.03	197.21	6.24
C	4	B	14	4	190.53		
C	4	C	14	4	208.06		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93: Porcentaje de disminución de F'c de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	F'c (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
C	P	A	28	Patrón	267.15	258.60	
C	P	B	28	Patrón	256.40		
C	P	C	28	Patrón	252.24		
C	1	A	28	1	261.12	252.98	2.17
C	1	B	28	1	249.77		
C	1	C	28	1	248.05		
C	1 1/2	A	28	1 1/2	262.22	253.10	2.12
C	1 1/2	B	28	1 1/2	246.09		
C	1 1/2	C	28	1 1/2	251.01		
C	2	A	28	2	258.40	248.94	3.73
C	2	B	28	2	245.71		
C	2	C	28	2	242.72		
C	3	A	28	3	236.80	246.68	4.61
C	3	B	28	3	250.88		
C	3	C	28	3	252.37		
C	4	A	28	4	246.08	246.21	4.79
C	4	B	28	4	238.95		
C	4	C	28	4	253.60		

Fuente: Elaboración propia

Es posible percibir que la disminución de la resistencia a compresión es menor a medida que aumenta la edad del concreto. Por ejemplo, las muestras de concreto con junta fría con tiempo de formación de 4 horas a 7 días de edad, presentan un porcentaje de disminución de su F'c respecto al concreto patrón de 6.57%. En cambio, las muestras ensayadas a 28 días, presentan una disminución de 4.79% de su F'c respecto al concreto patrón.

3.6.10. Resistencia a tracción indirecta con el ensayo brasilero

Los especímenes ensayados cumplieron con los requisitos de tamaño, modelado y curado establecido en la norma ASTM C 192.

Las normas ASTM C 496 y la NTG 41017-h15 no mencionan nada sobre la variación de diámetros de la muestra, por lo cual se adoptó lo señalado por la

norma ASTM C 39 del método de ensayo normalizado para la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos para la variación de diámetros de la muestra.

Variación de diámetros de la muestra:

La norma ASTM C 39 señala que las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2%.

El procedimiento es el mismo que se realizó para determinar la variación de diámetros de la muestra para la resistencia a compresión.

Cálculo de la resistencia a tracción y densidad:

Para calcular la resistencia a tracción en kg/cm², utilizamos la siguiente fórmula:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dónde:

T: Resistencia a la tracción por compresión diametral, psi (kPa).

P: Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, lbf (kN).

L: Longitud, pulg, (mm).

D: Diámetro, pulg, (mm).

Utilizaremos los datos del testigo T-P-A-7, de 7 días de edad de concreto patrón de la tabla 41. Primero se promediaron los valores tomados del diámetro y largo de la briqueta.

Diámetro promedio:

$$\frac{10.18cm + 10.22cm + 10.14cm + 10.14cm}{4} = 10.17 \text{ cm}$$

Altura:

$$\frac{20.90cm + 21.00cm}{2} = 20.95 \text{ cm}$$

La fuerza puntual del ejemplo es 7930 Kg.

Seguidamente utilizamos la fórmula de resistencia a tracción:

$$T = \frac{2(7930 \text{ Kg})}{\pi(20.95 \text{ cm})(10.17 \text{ cm})}$$

Entonces:

$$T = 23.69 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular la densidad de la muestra utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Volúmen (m}^3\text{)}}$$

Utilizamos como ejemplo los datos T-P-A-7, de 7 días de edad de concreto patrón de la tabla 41, donde tenemos:

Peso = 3909.30 gr

Diámetro promedio = 10.17 cm

Altura promedio = 20.95 cm

El volumen de la muestra se halla con la siguiente formula:

$$\text{Volumen} = \pi \frac{D^2}{4} H$$

Reemplazando en la fórmula de densidad:

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Peso}}{\left(\pi \frac{(D)^2}{4} H \right)}$$

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{3909.3 \text{ gr} \times 1000}{\left(\pi \frac{(10.17 \text{ cm})^2}{4} 20.95 \text{ cm} \right)}$$

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 2297.12$$

Determinación del porcentaje de disminución de resistencia a tracción respecto al concreto patrón:

Obtenemos el porcentaje de la siguiente forma:

$$\% \text{ de disminución de } T = 100\% \left(\frac{T \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón} - T \text{ prom. de } C^\circ \text{ con junta fría}}{T \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón}} \right)$$

Como ejemplo utilizamos los siguientes datos:

$$T \text{ prom. de } C^\circ \text{ con junta fría con tiempo de formación de } 3h = 19.83 \text{ kg/cm}^2$$

$$T \text{ prom. de } C^\circ \text{ patrón} = 21.87 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando:

$$\% \text{ de disminución de } T = 100\% \left(\frac{21.87 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} - 19.83 \text{ kg/cm}^2}{21.87 \text{ kg/cm}^2} \right)$$

$$\% \text{ de disminución de } T = 9.33\%$$

Determinación del porcentaje que representa la resistencia a tracción indirecta respecto a la resistencia a compresión:

Se obtiene el porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ que representa } T \text{ respecto a } f'c = 100x \left(\frac{T \text{ prom. de muestra}}{F'c \text{ prom. de muestra}} \right)$$

Como ejemplo utilizamos los siguientes datos:

$$T \text{ prom. de muestra} = 21.87 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'c \text{ prom. de muestra} = 184.91 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces reemplazamos:

$$\% \text{ que representa } T \text{ respecto a } f'c = 100x \left(\frac{21.87 \text{ kg/cm}^2}{184.91 \text{ kg/cm}^2} \right)$$

$$\% \text{ que representa } T \text{ respecto a } f'c = 11.83\%$$

La resistencia a tracción indirecta no debe ser menor que el 8%, ni mayor al 15% de la resistencia a compresión. Esto se cumple en el ejemplo.

3.6.10.1. Análisis de la resistencia a tracción indirecta con el ensayo brasilero de los testigos con vaciado ininterrumpido y con junta fría

Variación de diámetros de la muestra

Tabla 94: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a tracción indirecta a los 7 días

Nombre de la muestra				Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí
				a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d	
T	P	A	7	10.18	10.22	10.14	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.00	si cumple
T	P	B	7	10.21	10.29	10.14	10.18	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.08	0.07	0.03	0.15	0.11	0.04	si cumple
T	P	C	7	10.26	10.22	10.14	10.14	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.12	0.12	0.08	0.08	0.00	si cumple
T	1	A	7	10.11	10.13	10.26	10.22	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.02	0.15	0.11	0.13	0.09	0.04	si cumple
T	1	B	7	10.14	10.11	10.27	10.22	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.03	0.13	0.08	0.16	0.11	0.05	si cumple
T	1	C	7	10.23	10.22	10.13	10.04	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.19	0.09	0.18	0.09	si cumple
T	1 1/2	A	7	10.13	10.13	10.20	10.27	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.00	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	si cumple
T	1 1/2	B	7	10.14	10.10	10.23	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.09	0.07	0.13	0.11	0.02	si cumple
T	1 1/2	C	7	10.14	10.11	10.24	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.10	0.06	0.13	0.09	0.04	si cumple
T	2	A	7	10.20	10.07	10.20	10.18	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.13	0.00	0.02	0.13	0.11	0.02	si cumple
T	2	B	7	10.08	10.14	10.24	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.06	0.16	0.13	0.10	0.07	0.03	si cumple
T	2	C	7	10.13	10.09	10.23	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.10	0.07	0.14	0.11	0.03	si cumple
T	3	A	7	10.25	10.25	10.16	10.14	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.00	0.09	0.11	0.09	0.11	0.02	si cumple
T	3	B	7	10.26	10.27	10.14	10.15	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.01	0.12	0.11	0.13	0.12	0.01	si cumple
T	3	C	7	10.24	10.23	10.13	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.11	0.10	0.10	0.09	0.01	si cumple
T	4	A	7	10.15	10.22	10.12	10.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.07	0.03	0.02	0.10	0.09	0.01	si cumple
T	4	B	7	10.22	10.19	10.12	10.11	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.10	0.11	0.07	0.08	0.01	si cumple
T	4	C	7	10.20	10.22	10.12	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.08	0.10	0.10	0.12	0.02	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a tracción indirecta a los 14 días

Nombre de la muestra				Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí	
				a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d		
T	P	A	14	10.19	10.30	10.11	10.12	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.11	0.08	0.07	0.19	0.18	0.01	si cumple	
T	P	B	14	10.24	10.22	10.18	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.06	0.14	0.04	0.12	0.08	si cumple	
T	P	C	14	10.28	10.24	10.13	10.08	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.15	0.20	0.11	0.16	0.05	si cumple	
T	1	A	14	10.12	10.14	10.19	10.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.07	0.10	0.05	0.08	0.03	si cumple	
T	1	B	14	10.19	10.23	10.13	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.06	0.09	0.10	0.13	0.03	si cumple	
T	1	C	14	10.13	10.12	10.20	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.07	0.10	0.08	0.11	0.03	si cumple	
T	1 1/2	A	14	10.11	10.09	10.18	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.07	0.09	0.09	0.11	0.02	si cumple	
T	1 1/2	B	14	10.10	10.09	10.20	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.11	0.11	0.12	0.01	si cumple	
T	1 1/2	C	14	10.10	10.12	10.22	10.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.12	0.03	0.10	0.01	0.09	si cumple	
T	2	A	14	10.09	10.10	10.21	10.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.12	0.15	0.11	0.14	0.03	si cumple	
T	2	B	14	10.10	10.09	10.20	10.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.01	0.10	0.15	0.11	0.16	0.05	si cumple
T	2	C	14	10.10	10.06	10.20	10.17	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.10	0.07	0.14	0.11	0.03	si cumple	
T	3	A	14	10.24	10.20	10.09	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.04	0.15	0.14	0.11	0.10	0.01	si cumple	
T	3	B	14	10.23	10.20	10.13	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.10	0.11	0.07	0.08	0.01	si cumple	
T	3	C	14	10.23	10.25	10.12	10.12	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.02	0.11	0.11	0.13	0.13	0.00	si cumple	
T	4	A	14	10.25	10.20	10.13	10.14	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.12	0.11	0.07	0.06	0.01	si cumple	
T	4	B	14	10.21	10.20	10.14	10.13	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.07	0.08	0.06	0.07	0.01	si cumple	
T	4	C	14	10.23	10.20	10.14	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.09	0.09	0.06	0.06	0.00	si cumple	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96: Variación de diámetros de las muestras ensayadas a tracción indirecta a los 28 días

Nombre de la muestra			Diámetro (cm)				2% de diámetro				Prom. del 2% del Diam.	Resta de los diámetros						Los diámetros no varían en más de 2% entre sí	
			a	b	c	d	a	b	c	d		a-b	a-c	a-d	b-c	b-d	c-d		
T	P	A	28	10.25	10.23	10.11	10.10	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.14	0.15	0.12	0.13	0.01	si cumple
T	P	B	28	10.25	10.15	10.12	10.09	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.13	0.16	0.03	0.06	0.03	si cumple
T	P	C	28	10.13	10.12	10.23	10.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.07	0.11	0.08	0.03	si cumple
T	1	A	28	10.12	10.11	10.23	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.11	0.09	0.12	0.10	0.02	si cumple
T	1	B	28	10.13	10.13	10.23	10.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.10	0.06	0.10	0.06	0.04	si cumple
T	1	C	28	10.12	10.13	10.22	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.10	0.11	0.09	0.10	0.01	si cumple
T	1 1/2	A	28	10.11	10.12	10.24	10.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.13	0.08	0.12	0.07	0.05	si cumple
T	1 1/2	B	28	10.11	10.13	10.21	10.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.10	0.13	0.08	0.11	0.03	si cumple
T	1 1/2	C	28	10.10	10.12	10.21	10.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.11	0.13	0.09	0.11	0.02	si cumple
T	2	A	28	10.14	10.06	10.20	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.08	0.06	0.07	0.14	0.15	0.01	si cumple
T	2	B	28	10.12	10.06	10.16	10.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.06	0.04	0.09	0.10	0.15	0.05	si cumple
T	2	C	28	10.11	10.10	10.19	10.24	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.08	0.13	0.09	0.14	0.05	si cumple
T	3	A	28	10.24	10.23	10.09	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.01	0.15	0.14	0.14	0.13	0.01	si cumple
T	3	B	28	10.14	10.24	10.10	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.04	0.00	0.14	0.10	0.04	si cumple
T	3	C	28	10.20	10.20	10.10	10.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	si cumple
T	4	A	28	10.20	10.23	10.13	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.07	0.06	0.10	0.09	0.01	si cumple
T	4	B	28	10.19	10.22	10.14	10.14	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.03	0.05	0.05	0.08	0.08	0.00	si cumple
T	4	C	28	10.22	10.20	10.13	10.12	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02	0.09	0.10	0.07	0.08	0.01	si cumple

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los diámetros de todas las muestras no varían en más de 2% entre sí, por lo cual todas las briquetas fueron aptas para realizar el ensayo de tracción.

Cálculo de la resistencia a tracción y densidad

Tabla 97: Cálculo de la densidad y la resistencia a tracción indirecta de muestras a los 7 días según las normas NTG 41017-h15 y ASTM C 496

Nombre de la muestra				Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	7	10.17	20.95	3909.30	2297.12	7930	23.69	21.87
T	P	B	7	10.21	20.95	3923.80	2289.85	7670	22.84	
T	P	C	7	10.19	20.85	3933.90	2313.55	6370	19.09	
T	1	A	7	10.18	20.95	3956.90	2320.52	6220	18.57	20.07
T	1	B	7	10.19	20.95	3939.00	2307.76	6020	17.96	
T	1	C	7	10.16	20.85	3953.10	2340.90	7880	23.69	
T	1 1/2	A	7	10.18	20.90	3903.80	2293.73	6450	19.29	21.58
T	1 1/2	B	7	10.17	20.90	3892.20	2292.54	7820	23.42	
T	1 1/2	C	7	10.17	20.95	3914.40	2298.98	7370	22.02	
T	2	A	7	10.16	20.95	3946.80	2322.58	6850	20.48	20.53
T	2	B	7	10.17	20.85	3918.70	2314.82	6070	18.23	
T	2	C	7	10.16	20.95	3935.40	2315.87	7650	22.87	
T	3	A	7	10.20	20.95	3932.80	2297.35	5730	17.07	19.83
T	3	B	7	10.21	20.85	3907.60	2291.33	6980	20.88	
T	3	C	7	10.19	20.95	3948.10	2313.09	7220	21.54	
T	4	A	7	10.16	20.95	3880.50	2286.94	5890	17.63	19.74
T	4	B	7	10.16	20.95	3905.30	2299.29	7330	21.92	
T	4	C	7	10.16	20.95	3860.60	2272.97	6580	19.68	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98: Cálculo de la densidad y la resistencia a tracción indirecta de muestras a los 14 días según las normas NTG 41017-h15 y ASTM C 496

Nombre de la muestra				Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	14	10.18	20.85	3905.50	2301.36	8730	26.18	24.83
T	P	B	14	10.19	20.80	3904.30	2303.92	7850	23.59	
T	P	C	14	10.18	20.90	3900.00	2291.50	8260	24.71	
T	1	A	14	10.17	20.95	3957.50	2326.58	8180	24.45	23.86
T	1	B	14	10.16	20.85	3924.90	2320.77	6970	20.94	
T	1	C	14	10.17	20.75	3939.50	2337.17	8680	26.19	
T	1 1/2	A	14	10.15	20.95	3931.20	2321.38	7580	22.70	24.68
T	1 1/2	B	14	10.15	20.90	3936.70	2327.90	8830	26.50	
T	1 1/2	C	14	10.14	20.90	3927.60	2325.95	8270	24.84	
T	2	A	14	10.16	20.95	3898.20	2295.11	7940	23.75	22.95
T	2	B	14	10.16	20.90	3935.00	2322.32	8230	24.67	
T	2	C	14	10.13	20.95	3927.50	2324.93	6810	20.42	
T	3	A	14	10.16	20.95	3925.90	2312.55	8310	24.86	23.85
T	3	B	14	10.17	21.00	3960.80	2321.84	7980	23.79	
T	3	C	14	10.18	20.95	3947.70	2315.13	7670	22.90	
T	4	A	14	10.18	20.85	3904.80	2300.95	7580	22.74	22.73
T	4	B	14	10.17	20.90	3885.10	2288.36	7050	21.12	
T	4	C	14	10.18	20.85	3882.30	2288.82	8110	24.33	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99: Cálculo de la densidad y la resistencia a tracción indirecta de muestras a los 28 días según las normas NTG 41017-h15 y ASTM C 496

Nombre de la muestra				Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	28	10.17	20.90	3920.30	2307.96	9320	27.91	30.75
T	P	B	28	10.15	20.80	3926.40	2331.82	10520	31.71	
T	P	C	28	10.17	20.90	3926.30	2312.63	10890	32.62	
T	1	A	28	10.17	20.90	3865.20	2277.76	9690	29.03	29.48
T	1	B	28	10.17	20.85	3865.50	2282.27	8730	26.21	
T	1	C	28	10.18	20.85	3835.10	2262.10	11060	33.19	
T	1 1/2	A	28	10.17	20.95	3850.10	2264.56	9180	27.44	30.42
T	1 1/2	B	28	10.17	20.95	3875.20	2275.96	11030	32.95	
T	1 1/2	C	28	10.17	20.95	3860.10	2270.44	10330	30.88	
T	2	A	28	10.15	20.85	3845.50	2278.30	10460	31.46	29.34
T	2	B	28	10.14	20.80	3855.10	2296.26	9850	29.74	
T	2	C	28	10.16	20.85	3830.00	2265.77	8930	26.84	
T	3	A	28	10.17	20.95	3887.40	2286.50	9460	28.28	26.49
T	3	B	28	10.16	20.95	3885.60	2289.94	8950	26.78	
T	3	C	28	10.15	21.00	3894.60	2292.04	8170	24.40	
T	4	A	28	10.18	20.85	3909.00	2305.69	8680	26.05	28.25
T	4	B	28	10.17	20.85	3842.70	2267.70	9580	28.75	
T	4	C	28	10.17	20.80	3882.10	2298.72	9950	29.95	

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la resistencia a tracción de los testigos de concreto no tiene una relación lineal con el tiempo de formación de la junta fría, es decir no aumenta ni disminuye. Estas variables no están fuertemente relacionadas linealmente.

Determinación del porcentaje de disminución de resistencia a tracción respecto al concreto patrón

Tabla 100: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
T	P	A	7	Patrón	7930	23.69	21.87	
T	P	B	7	Patrón	7670	22.84		
T	P	C	7	Patrón	6370	19.09		
T	1	A	7	1	6220	18.57	20.07	8.23
T	1	B	7	1	6020	17.96		
T	1	C	7	1	7880	23.69		
T	1 1/2	A	7	1 1/2	6450	19.29	21.58	1.35
T	1 1/2	B	7	1 1/2	7820	23.42		
T	1 1/2	C	7	1 1/2	7370	22.02		
T	2	A	7	2	6850	20.48	20.53	6.15
T	2	B	7	2	6070	18.23		
T	2	C	7	2	7650	22.87		
T	3	A	7	3	5730	17.07	19.83	9.33
T	3	B	7	3	6980	20.88		
T	3	C	7	3	7220	21.54		
T	4	A	7	4	5890	17.63	19.74	9.74
T	4	B	7	4	7330	21.92		
T	4	C	7	4	6580	19.68		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
T	P	A	14	Patrón	8730	26.18	24.83	
T	P	B	14	Patrón	7850	23.59		
T	P	C	14	Patrón	8260	24.71		
T	1	A	14	1	8180	24.45	23.86	3.91
T	1	B	14	1	6970	20.94		
T	1	C	14	1	8680	26.19		
T	1 1/2	A	14	1 1/2	7580	22.70	24.68	0.59
T	1 1/2	B	14	1 1/2	8830	26.50		
T	1 1/2	C	14	1 1/2	8270	24.84		
T	2	A	14	2	7940	23.75	22.95	7.57
T	2	B	14	2	8230	24.67		
T	2	C	14	2	6810	20.42		
T	3	A	14	3	8310	24.86	23.85	3.95
T	3	B	14	3	7980	23.79		
T	3	C	14	3	7670	22.90		
T	4	A	14	4	7580	22.74	22.73	8.46
T	4	B	14	4	7050	21.12		
T	4	C	14	4	8110	24.33		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta de muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
T	P	A	28	Patrón	9320	27.91	30.75	
T	P	B	28	Patrón	10520	31.71		
T	P	C	28	Patrón	10890	32.62		
T	1	A	28	1	9690	29.03	29.48	4.13
T	1	B	28	1	8730	26.21		
T	1	C	28	1	11060	33.19		
T	1 1/2	A	28	1 1/2	9180	27.44	30.42	1.05
T	1 1/2	B	28	1 1/2	11030	32.95		
T	1 1/2	C	28	1 1/2	10330	30.88		
T	2	A	28	2	10460	31.46	29.34	4.56
T	2	B	28	2	9850	29.74		
T	2	C	28	2	8930	26.84		
T	3	A	28	3	9460	28.28	26.49	13.85
T	3	B	28	3	8950	26.78		
T	3	C	28	3	8170	24.40		
T	4	A	28	4	8680	26.05	28.25	8.11
T	4	B	28	4	9580	28.75		
T	4	C	28	4	9950	29.95		

Fuente: Elaboración propia

Es posible percibir que la resistencia a compresión indirecta no está fuertemente relacionada linealmente con el tiempo de formación de junta fría. Por ejemplo, las muestras de concreto con junta fría con tiempo de formación de 4 horas a 28 días de edad, presentan un porcentaje de disminución de su T respecto al concreto patrón de 8.11%. En cambio, las muestras con junta fría con tiempo de formación de 3 hora a 28 días, presentan una disminución de 13.85% de la resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón.

Determinación del porcentaje que representa la resistencia a tracción indirecta respecto a la resistencia a compresión

Tabla 103: Determinación del porcentaje que representa T respecto a F'c

Tiempo de formación de junta (horas)	Edad (días)	T promedio (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)	Porcentaje que representa T respecto a f'c	
Patrón	7	21.87	184.91	11.83	Si cumple
Patrón	14	24.83	210.33	11.80	Si cumple
Patrón	28	30.75	258.60	11.89	Si cumple
1	7	20.07	179.09	11.21	Si cumple
1	14	23.86	207.63	11.49	Si cumple
1	28	29.48	252.98	11.65	Si cumple
1.5	7	21.58	179.14	12.05	Si cumple
1.5	14	24.68	207.67	11.88	Si cumple
1.5	28	30.42	253.10	12.02	Si cumple
2	7	20.53	174.72	11.75	Si cumple
2	14	22.95	202.42	11.34	Si cumple
2	28	29.34	248.94	11.79	Si cumple
3	7	19.83	173.78	11.41	Si cumple
3	14	23.85	202.26	11.79	Si cumple
3	28	26.49	246.68	10.74	Si cumple
4	7	19.74	172.76	11.43	Si cumple
4	14	22.73	197.21	11.52	Si cumple
4	28	28.25	246.21	11.47	Si cumple

Fuente: Elaboración propia

Las resistencias a tracción indirecta obtenidas por las muestras de concreto con junta fría constituyen aproximadamente un 11.61 % de la resistencia a compresión. Este porcentaje se encuentra entre los límites indicados por Harmsem (8% a 15%).

3.6.11. Coeficiente de correlación lineal de Pearson

Para determinar el coeficiente de Pearson se utiliza la siguiente expresión:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_Y}{N}$$

Esta fórmula puede expresarse en forma más sencilla de la siguiente forma:

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \bar{X}\bar{Y}}{S_x S_y}$$

Dónde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y}{N}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2}$$

3.6.11.1. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 7 días.

Para determinar el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras de concreto con vaciado ininterrumpido y con junta fría de 1, 1 ½, 2, 3 y 4 horas. Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 7 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 104: Datos de resistencia a tracción indirecta y compresión de las muestras de concreto a los 7 días de edad.

Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm ²)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)
X	Y
21.87	184.91
20.07	179.09
21.58	179.14
20.53	174.72
19.83	173.78
19.74	172.76

Fuente: Elaboración propia

Para aplicar la fórmula del coeficiente de correlación lineal de Pearson, fue necesario hallar la suma de X^2 , Y^2 y XY .

Tabla 105: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 7 días.

	Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm ²)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	21.87	184.91	478.45	34191.77	4044.64
2	20.07	179.09	402.95	32072.74	3594.96
3	21.58	179.14	465.59	32090.78	3865.36
4	20.53	174.72	421.42	30526.40	3586.72
5	19.83	173.78	393.31	30197.83	3446.32
6	19.74	172.76	389.78	29845.38	3410.74
SUMA	123.63	1064.39	2551.50	188924.90	21948.74

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{123.63}{6} = 20.60$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = \frac{1064.39}{6} = 177.40$$

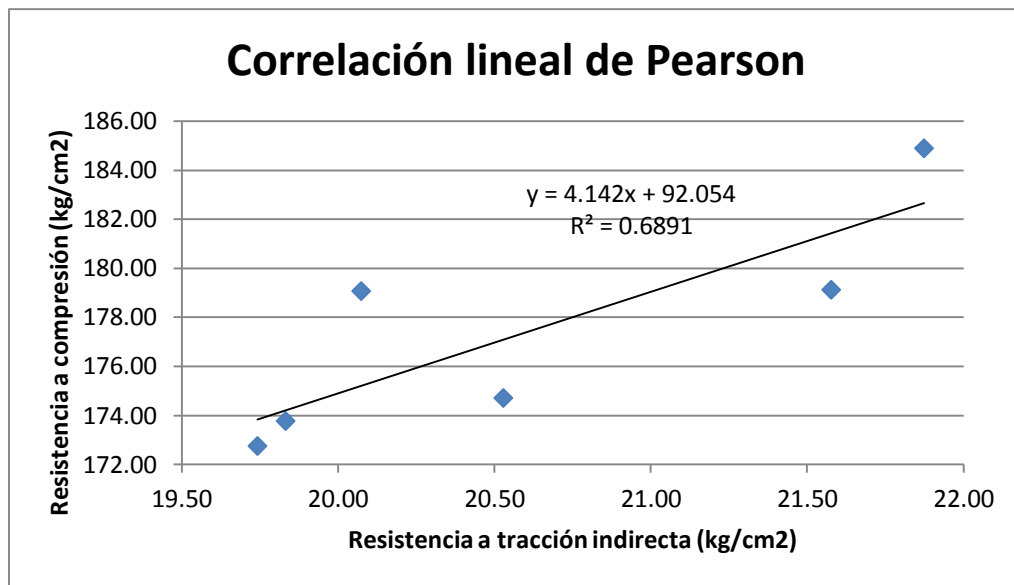
$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{2551.50}{6} - 20.60^2} = 0.84$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2}{N} - \bar{Y}^2} = \sqrt{\frac{188924.90}{6} - 177.40^2} = 4.17$$

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \bar{X}\bar{Y}}{S_x S_y} = \frac{\frac{21948.74}{6} - (20.60 \times 177.40)}{(0.84 \times 4.17)} = 0.83$$

$$r_{xy} = 0.83$$

Figura 112: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 7 días de edad



Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.83, Se tiene una correlación efectiva y positiva.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.69$ y puede interpretarse como que la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 69% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

3.6.11.2. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 14 días.

Tabla 106: Datos de resistencia a tracción indirecta y compresión de las muestras de concreto a los 14 días de edad.

Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm2)	Resistencia a compresión (Kg/cm2)
X	Y
24.83	210.33
23.86	207.63
24.68	207.67
22.95	202.42
23.85	202.26
22.73	197.21

Fuente: Elaboración propia

Para aplicar la fórmula del coeficiente de correlación lineal de Pearson, fue necesario hallar la suma de X^2 , Y^2 y XY .

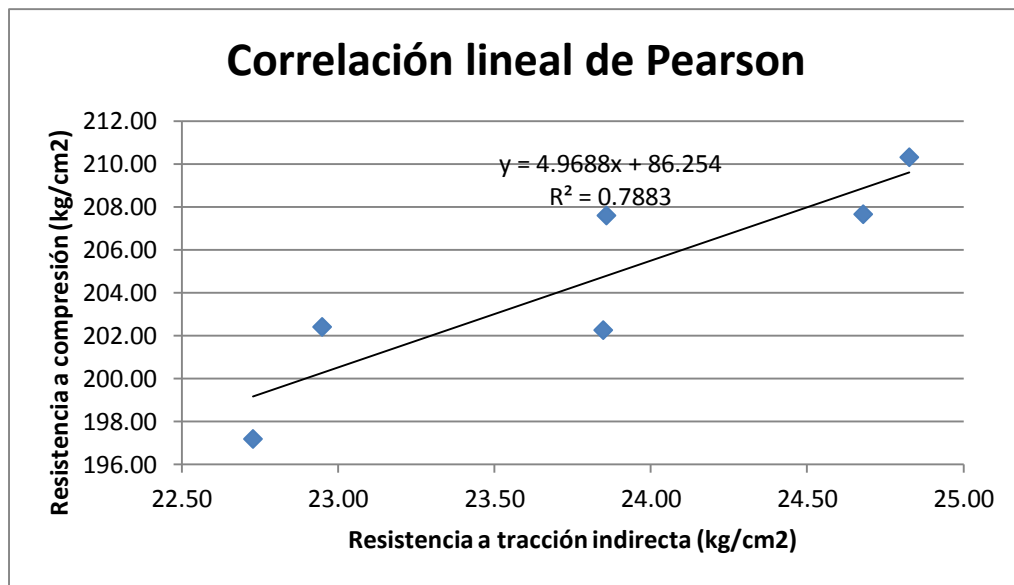
Tabla 107: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 14 días.

	Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm2)	Resistencia a compresión (Kg/cm2)			
Nro.	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	24.83	210.33	616.42	44238.68	5222.03
2	23.86	207.63	569.21	43108.70	4953.58
3	24.68	207.67	609.11	43125.22	5125.21
4	22.95	202.42	526.63	40973.29	4645.18
5	23.85	202.26	568.71	40910.79	4823.52
6	22.73	197.21	516.52	38890.97	4481.96
SUMA	142.89	1227.51	3406.59	251247.65	29251.47

Fuente: Elaboración propia

$$r_{xy} = 0.89$$

Figura 113: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 14 días de edad



Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.89, Se tiene una correlación efectiva y positiva.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.79$ y puede interpretarse como que la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 79% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

3.6.11.3. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 28 días.

. Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 28 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 108: Datos de resistencia a tracción indirecta y compresión de las muestras de concreto a los 28 días de edad.

Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm ²)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)
X	Y
30.75	258.60
29.48	252.98
30.42	253.10
29.34	248.94
26.49	246.68
28.25	246.21

Fuente: Elaboración propia

Para aplicar la fórmula del coeficiente de correlación lineal de Pearson, fue necesario hallar la suma de X^2 , Y^2 y XY .

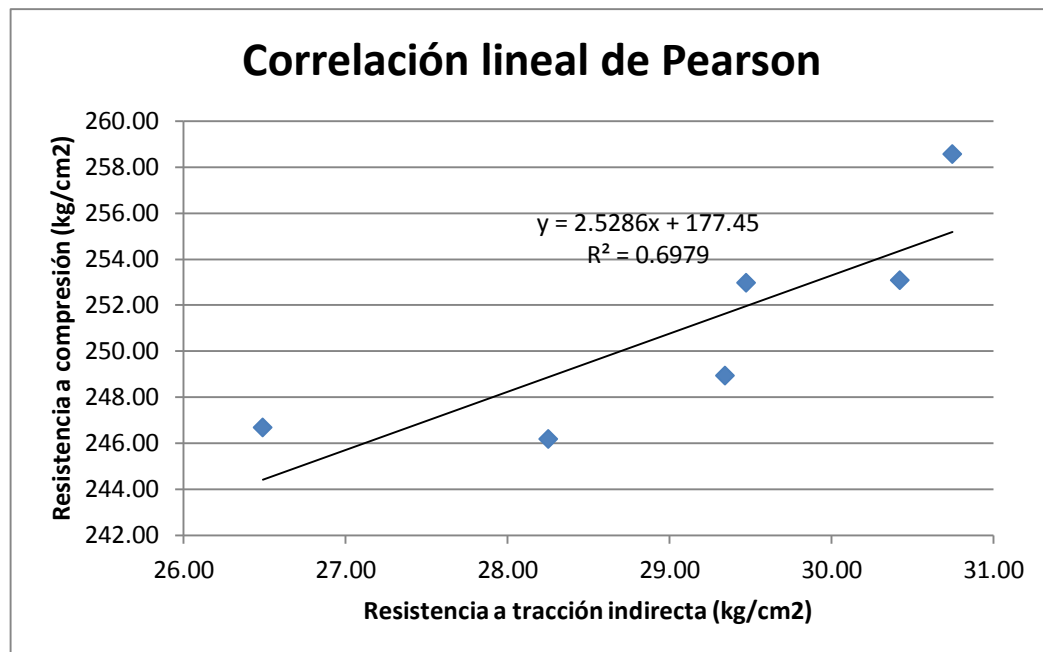
Tabla 109: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 28 días.

	Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm ²)	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)			
Nro.	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	30.75	258.60	945.34	66871.57	7950.85
2	29.48	252.98	868.85	63999.21	7456.92
3	30.42	253.10	925.64	64062.02	7700.54
4	29.34	248.94	861.10	61973.44	7305.17
5	26.49	246.68	701.60	60852.87	6534.10
6	28.25	246.21	798.14	60617.64	6955.66
SUMA	174.73	1506.52	5100.66	378376.76	43903.24

Fuente: Elaboración propia

$$r_{xy} = 0.84$$

Figura 114: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 28 días de edad



Fuente: Elaboración propia

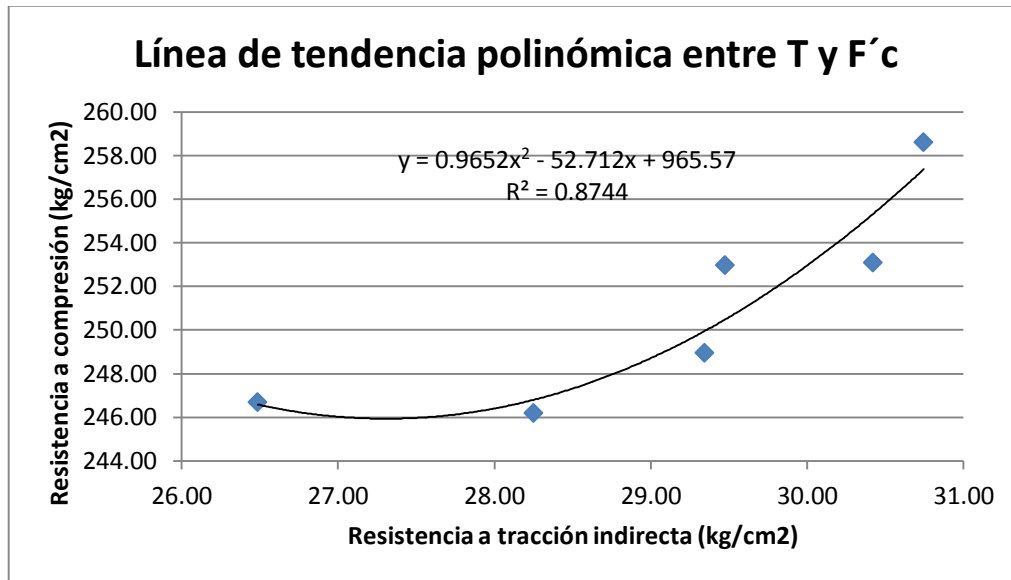
El gráfico nos muestra una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.84, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

“El coeficiente de determinación se define como el cuadrado del coeficiente de correlación; esto es, dada dos variables X y Y, hace referencia a r_{xy}^2 y se entiende como una proporción de variabilidades” (Camacho Martínez)

El valor de $r_{xy}^2 = 0.70$ y puede interpretarse como que la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 70% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

3.6.11.4. Análisis de la línea de tendencia polinómica entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 28 días.

Figura 115: Línea de tendencia polinómica entre T y F'c a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

El valor de $r_{xy}^2 = 0.87$ puede interpretarse como que la ecuación de la línea de tendencia polinómica de la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión, tiene un 87% de confiabilidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 0.9652X^2 - 52.712X + 965.57$$

Donde "X" representa la resistencia a tracción indirecta (kg/cm²) y "Y" representa la resistencia a compresión del concreto con junta fría (kg/cm²).

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado de resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto a la resistencia a tracción indirecta.

Tabla 110: Valor aproximado de la resistencia a compresión respecto a la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría diagonal

X (kg/cm ²)	Y (kg/cm ²)
30.75	257.31
29.48	250.43
30.42	255.27
29.34	249.90
26.49	246.53

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto a los 28 días (kg/cm²)

Y = Resistencia a compresión de las muestras de concreto a los 28 días (kg/cm²)

3.6.11.5. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 7 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 111: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto a los 7 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F _c respecto al concreto patrón (%)
0	0.00
1	3.15
1.5	3.12
2	5.51
3	6.02
4	6.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 112: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 7 días.

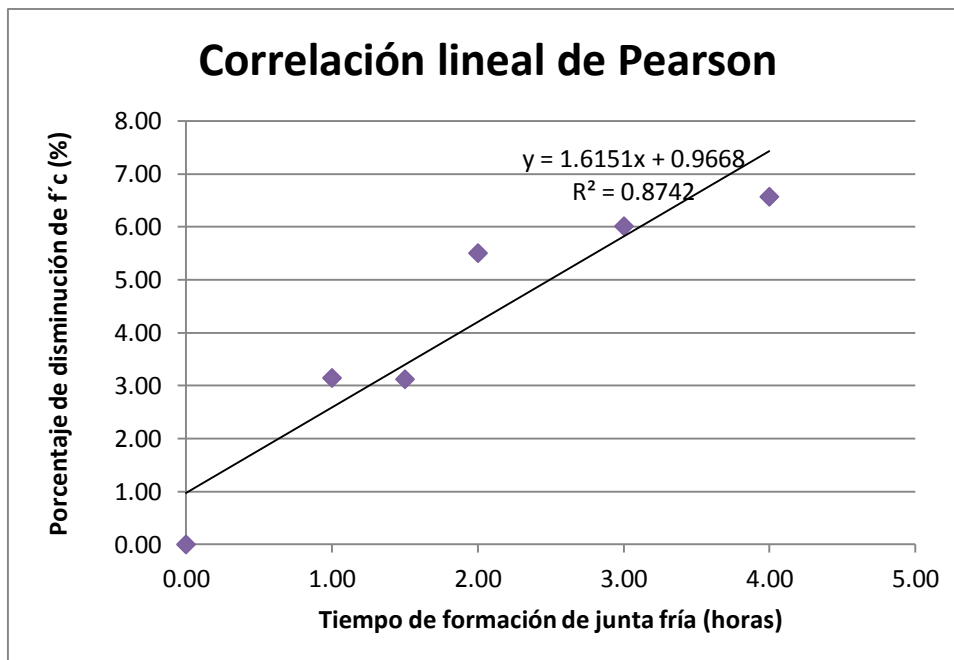
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	3.15	1.00	9.91	3.15
3	1.50	3.12	2.25	9.74	4.68
4	2.00	5.51	4.00	30.38	11.02
5	3.00	6.02	9.00	36.26	18.07
6	4.00	6.57	16.00	43.19	26.29
SUMA	11.50	24.37	32.25	129.49	63.21

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.93$$

Figura 116: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 7 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.93, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.87$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 87% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 1.6151X + 0.9668$$

Donde “X” representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y “Y” representa el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación a la edad de 7 días.

Tabla 113: Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.6151X+0.9668$
1	2.58
1.5	3.39
2	4.20
3	5.81
4	7.43

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 7 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 7 días respecto al concreto patrón (%)

3.6.11.6. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Tabla 114: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto a los 14 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
0	0.00
1	1.29
1.5	1.27
2	3.76
3	3.83
4	6.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 115: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 14 días.

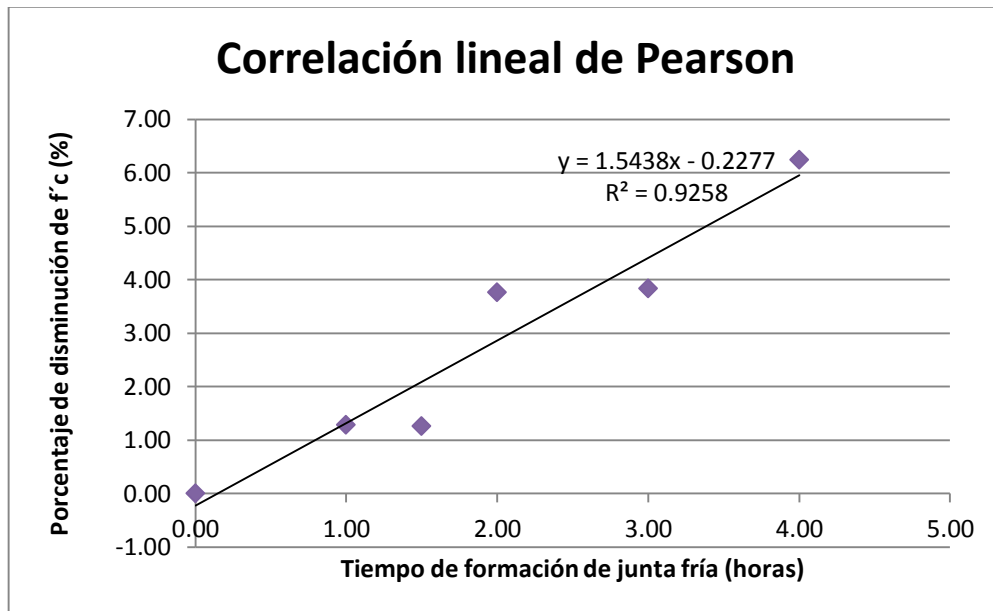
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.29	1.00	1.65	1.29
3	1.50	1.27	2.25	1.60	1.90
4	2.00	3.76	4.00	14.15	7.52
5	3.00	3.83	9.00	14.71	11.50
6	4.00	6.24	16.00	38.92	24.96
SUMA	11.50	16.39	32.25	71.03	47.17

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.96$$

Figura 117: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 14 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.96, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.93$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 93% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 1.5438X - 0.2277$$

Donde "X" representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y "Y" representa el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación a la edad de 14 días.

Tabla 116: Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.5438X-0.2277$
1	1.32
1.5	2.09
2	2.86
3	4.40
4	5.95

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 14 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 14 días respecto al concreto patrón (%)

3.6.11.7. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Tabla 117: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto a los 28 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
X	Y
0.00	0.00
1.00	2.17
1.50	2.12
2.00	3.73
3.00	4.61
4.00	4.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 28 días.

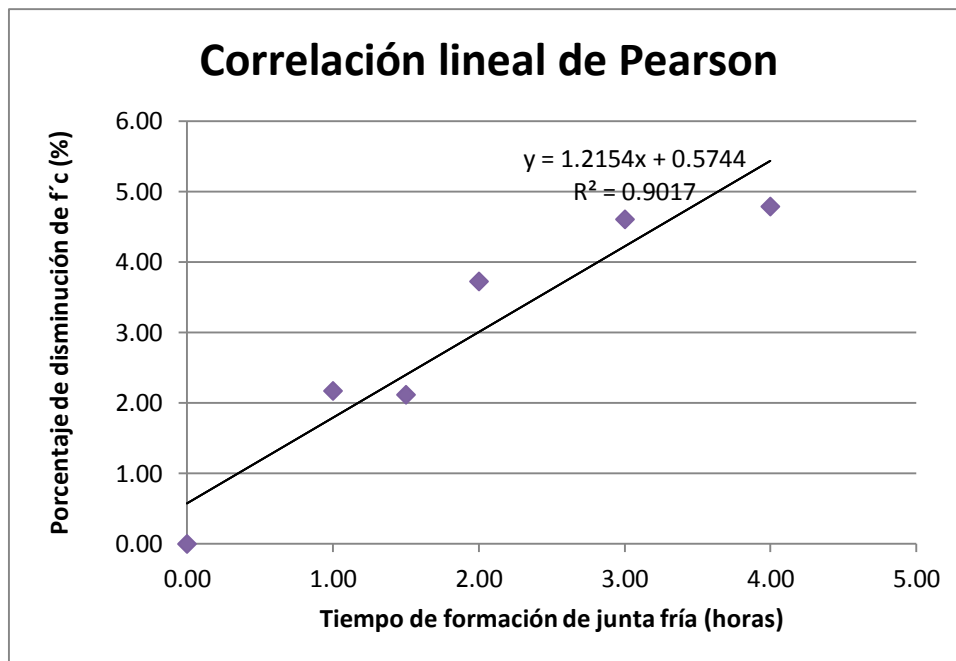
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	2.17	1.00	4.71	2.17
3	1.50	2.12	2.25	4.51	3.18
4	2.00	3.73	4.00	13.93	7.46
5	3.00	4.61	9.00	21.22	13.82
6	4.00	4.79	16.00	22.95	19.16
SUMA	11.50	17.42	32.25	67.32	45.80

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.95$$

Figura 118: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 28 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.95, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.90$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 90% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 1.2154X + 0.5744$$

Donde "X" representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y "Y" representa el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación.



Tabla 119: Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.2154X+0.5744$
1	1.79
1.5	2.40
2	3.01
3	4.22
4	5.44

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 28 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 28 días respecto al concreto patrón (%)

3.6.11.8. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 7 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 120: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto a los 7 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
0	0.00
1	8.23
1.5	1.35
2	6.15
3	9.33
4	9.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 121: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 7 días.

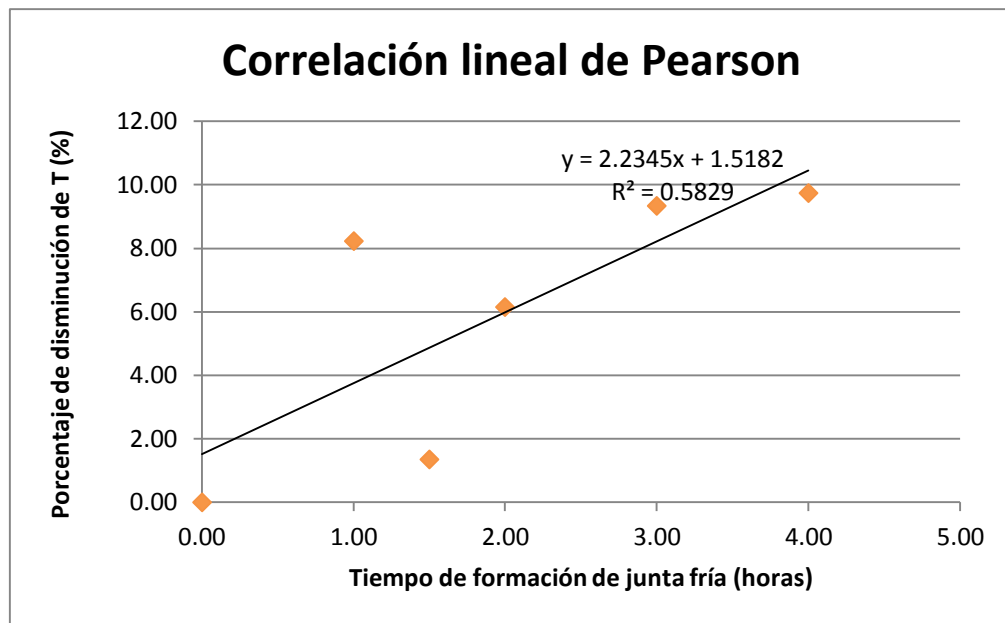
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	8.23	1.00	67.71	8.23
3	1.50	1.35	2.25	1.83	2.03
4	2.00	6.15	4.00	37.81	12.30
5	3.00	9.33	9.00	87.11	28.00
6	4.00	9.74	16.00	94.89	38.96
SUMA	11.50	34.81	32.25	289.35	89.52

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.76$$

Figura 119: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 7 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.76, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.58$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 58% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 2.2345X + 1.5182$$

Donde "X" representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y "Y" representa el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación.



Tabla 122: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	3.75
1.5	4.87
2	5.99
3	8.22
4	10.46

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 7 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 7 días respecto al concreto patrón (%)

3.6.11.9. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 14 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 123: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto a los 14 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
0	0.00
1	3.91
1.5	0.59
2	7.57
3	3.95
4	8.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 124: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 14 días.

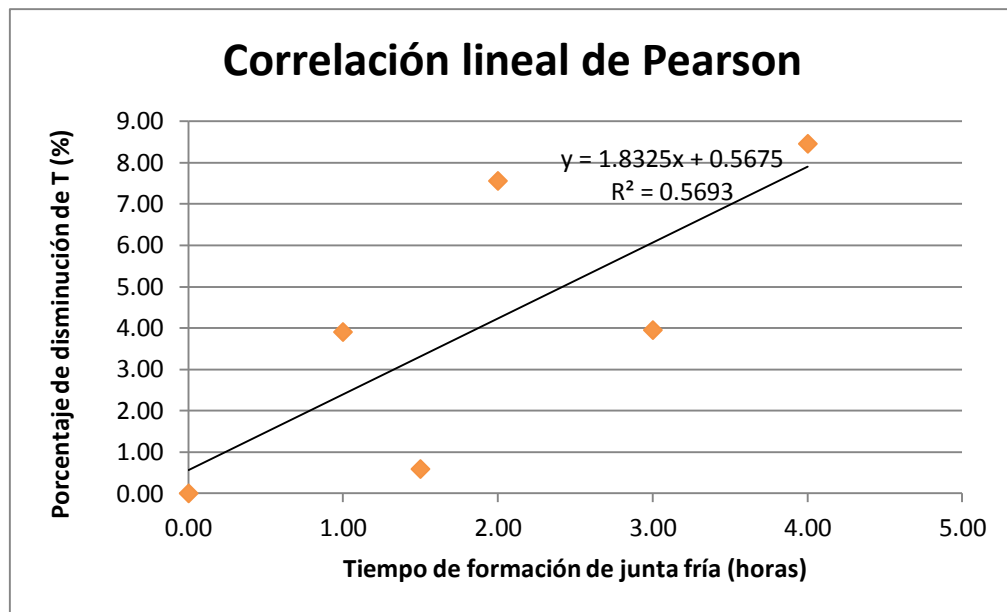
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	3.91	1.00	15.25	3.91
3	1.50	0.59	2.25	0.35	0.89
4	2.00	7.57	4.00	57.30	15.14
5	3.00	3.95	9.00	15.59	11.84
6	4.00	8.46	16.00	71.59	33.84
SUMA	11.50	24.48	32.25	160.09	65.63

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.75$$

Figura 120: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 14 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.75, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.57$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 57% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 1.8325X + 0.5675$$

Donde "X" representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y "Y" representa el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación.

Tabla 125: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	2.40
1.5	3.32
2	4.23
3	6.07
4	7.90

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 14 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 14 días respecto al concreto patrón (%)

3.6.11.10. Análisis del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Se tomaron los resultados obtenidos con las briquetas de 28 días de edad, que se muestran a continuación:

Tabla 126: Datos de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto a los 28 días de edad respecto al concreto patrón.

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
0.00	0.00
1.00	4.13
1.50	1.05
2.00	4.56
3.00	13.85
4.00	8.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 127: Determinación valores para obtener el coeficiente de correlación lineal de Pearson para muestras de concreto ensayadas a los 28 días.

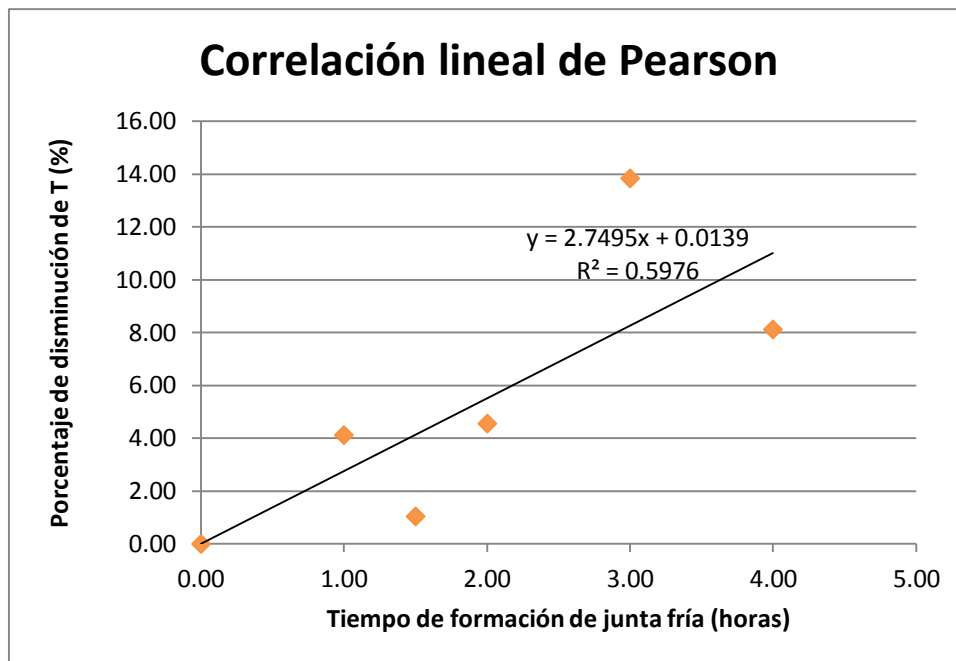
	Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)			
Nro.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	4.13	1.00	17.06	4.13
3	1.50	1.05	2.25	1.10	1.57
4	2.00	4.56	4.00	20.79	9.12
5	3.00	13.85	9.00	191.84	41.55
6	4.00	8.11	16.00	65.85	32.46
SUMA	11.50	31.70	32.25	296.63	88.83

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se aplicaron las fórmulas indicadas líneas arriba, obteniéndose:

$$r_{xy} = 0.77$$

Figura 121: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 28 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.77, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El valor de $r_{xy}^2 = 0.60$ puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de la junta fría, comparten un 60% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Se tiene la ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 2.7495X + 0.0139$$

Donde "X" representa al tiempo de formación de junta fría (horas) y "Y" representa el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón.

Utilizando la ecuación se puede obtener el valor aproximado del porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación.

Tabla 128: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	2.76
1.5	4.14
2	5.51
3	8.26
4	11.01

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 28 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 28 días respecto al concreto patrón (%)

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Resultados de las propiedades del agregado fino modificado de la cantera de Cunyac.

Tabla 129: Propiedades del agregado fino modificado de la cantera de Cunyac

AGREGADO FINO	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.59
Absorción (%)	1.98
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1558.77
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1680.26
Porcentaje de vacíos para agregado compactado (%)	35.13
Contenido de humedad (%)	0.74
Módulo de fineza	2.52

Fuente: Elaboración propia

El agregado fino utilizado cumple con lo estipulado por las normas NTP 400.012, NTP 400.022, NTP 400.017 y NTP 339.185. Por lo tanto, es adecuado para su uso en la elaboración de concreto.

4.2. Resultados de las propiedades del agregado grueso de la cantera de Pillahuara

Tabla 130: Propiedades del agregado grueso de la cantera de Pillahuara

AGREGADO GRUESO	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.63
Absorción (%)	0.88
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1311.33
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1467.37
Porcentaje de vacíos para agregado compactado (%)	44.21
Contenido de humedad (%)	0.24
Módulo de fineza	6.5

Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso utilizado cumple con lo estipulado por las normas NTP 400.012, NTP 400.021, NTP 400.017 y NTP 339.185. Por lo tanto, es adecuado para su uso en la elaboración de concreto

4.3. Observaciones del concreto fresco

Para el caso de las muestras de concreto con junta fría, durante el vaciado de la segunda capa de concreto fresco, se percibió la pérdida de consistencia de la primera capa vaciada anteriormente (concreto viejo).

Este endurecimiento fue mayor conforme el tiempo de formación de junta se incrementaba, dificultando el proceso de compactado de la segunda capa de concreto fresco.

4.4. Resultados de resistencia a la compresión de las muestras

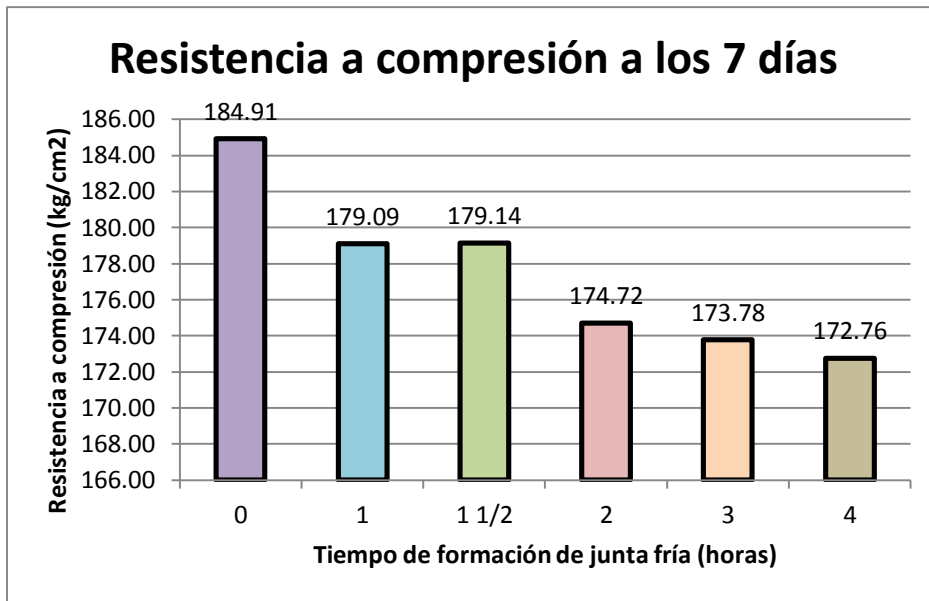
4.4.1. Resultado de ensayos de compresión en muestras de concreto con 7 días de edad.

Tabla 131: Comparación de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días de curado

Resistencia a compresión		
Edad: 7 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	F'c promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
Patrón (0)	184.91	0
1	179.09	3.15
1 ½	179.14	3.12
2	174.72	5.51
3	173.78	6.02
4	172.76	6.57

Fuente: Elaboración propia

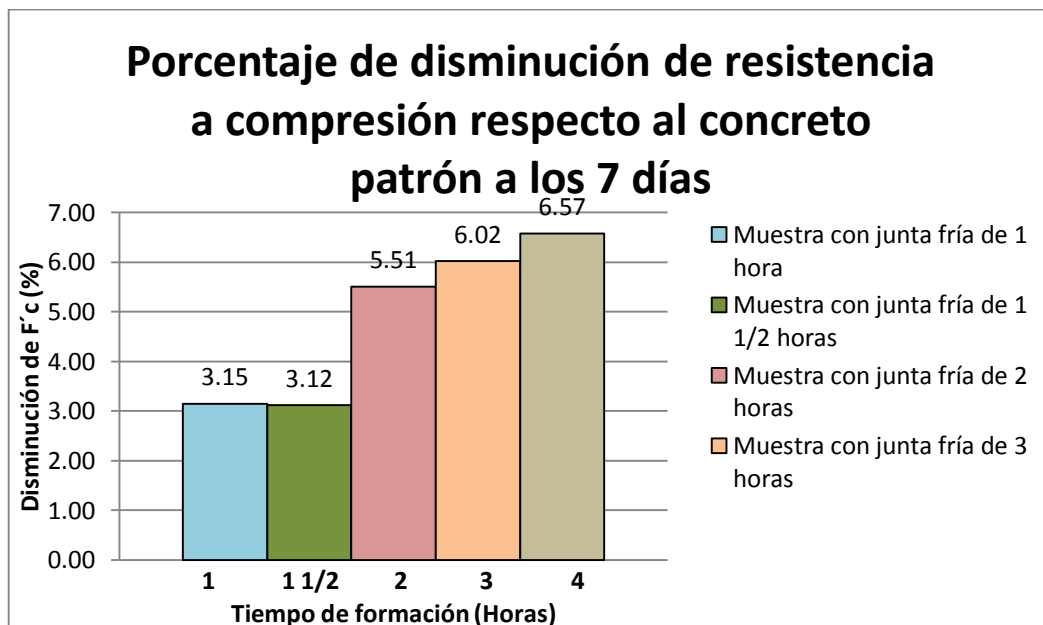
Figura 122: Resistencia a la compresión a los 7 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación



Fuente: Elaboración propia

Tanto en el cuadro como en el gráfico de barras, se observa que a los 7 días la resistencia a compresión disminuye gradualmente en las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1, 2, 3 y 4 horas. Sin embargo, la muestra de la junta de 1 ½ horas muestra que su resistencia a compresión (179.14 kg/cm²) es mayor al f'c del testigo con junta fría de 1 hora de formación (179.09 kg/cm²).

Figura 123: Porcentaje de disminución de resistencia a compresión respecto al concreto patrón a los 7 días



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de disminución de resistencia a compresión de las muestras con junta respecto al concreto patrón, presenta un incremento a medida que aumenta el tiempo de formación de la junta, con excepción de los resultados del testigo con junta fría de 1 ½ horas (3.12%), que tiene un valor inferior a los resultados obtenidos para las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1 hora (3.15%) y 2 horas (5.51%).

Esto quiere decir que la resistencia a compresión de la muestra con junta fría de 1 ½ horas es mayor que los resultados obtenidos para la junta de 1 hora, esto también es visible en el gráfico de resistencia a compresión a los 7 días.

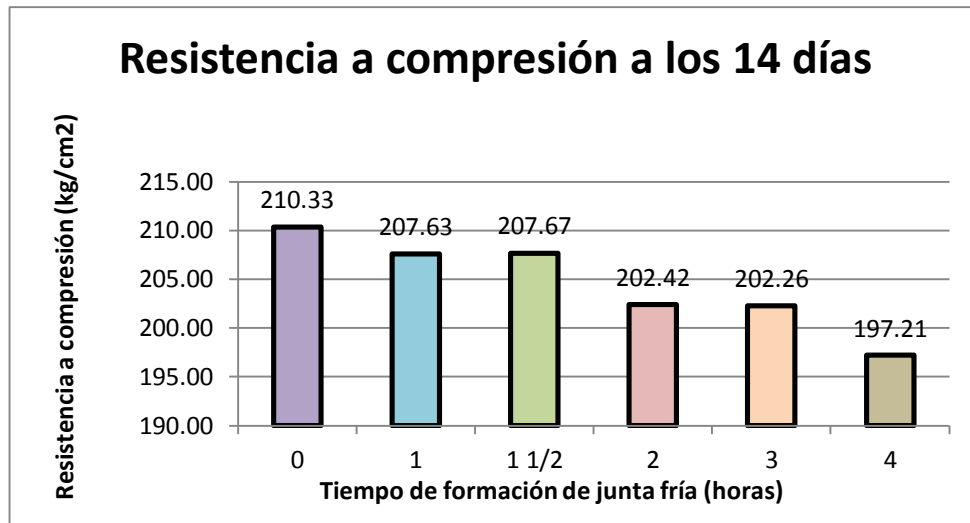
4.4.2. Resultado de ensayos de compresión en muestras de concreto con 14 días de edad.

Tabla 132: Comparación de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días de curado

Resistencia a compresión		
Edad: 14 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	F'c promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
Patrón (0)	210.33	0
1	207.63	1.29
1 1/2	207.67	1.27
2	202.42	3.76
3	202.26	3.83
4	197.21	6.24

Fuente: Elaboración propia

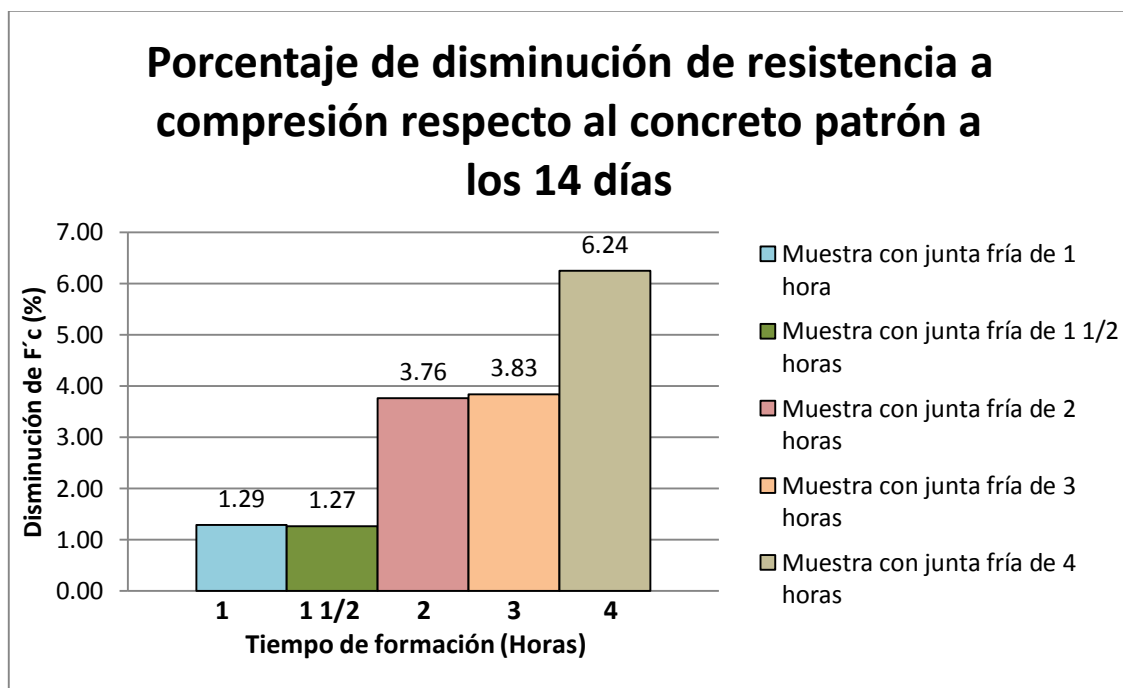
Figura 124: Resistencia a la compresión a los 14 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación



Fuente: Elaboración propia

Al igual que en los resultados de resistencia a compresión a los 7 días, se observa que a los 14 días se la resistencia a compresión disminuye gradualmente en las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1, 2, 3 y 4 horas. Sin embargo, en la muestra de la junta de 1 ½ horas se observa que su resistencia a compresión (207.67 kg/cm²) es ligeramente mayor al f'_c del testigo con junta fría de 1 hora de formación (207.63 kg/cm²).

Figura 125: Porcentaje de disminución de resistencia a compresión respecto al concreto patrón a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de disminución de resistencia a compresión de las muestras con junta respecto al concreto patrón, presenta un incremento a medida que aumenta el tiempo de formación de la junta, con excepción de los resultados del testigo con junta fría de 1 ½ horas (1.27%), que tiene un valor inferior a los resultados obtenidos para las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1 hora (1.29%) y 2 horas (3.76%).

Esto quiere decir que la resistencia a compresión de la muestra con junta fría de 1 ½ horas es mayor que los resultados obtenidos para la junta de 1 hora, esto también es visible en el gráfico de resistencia a compresión a los 7 días.

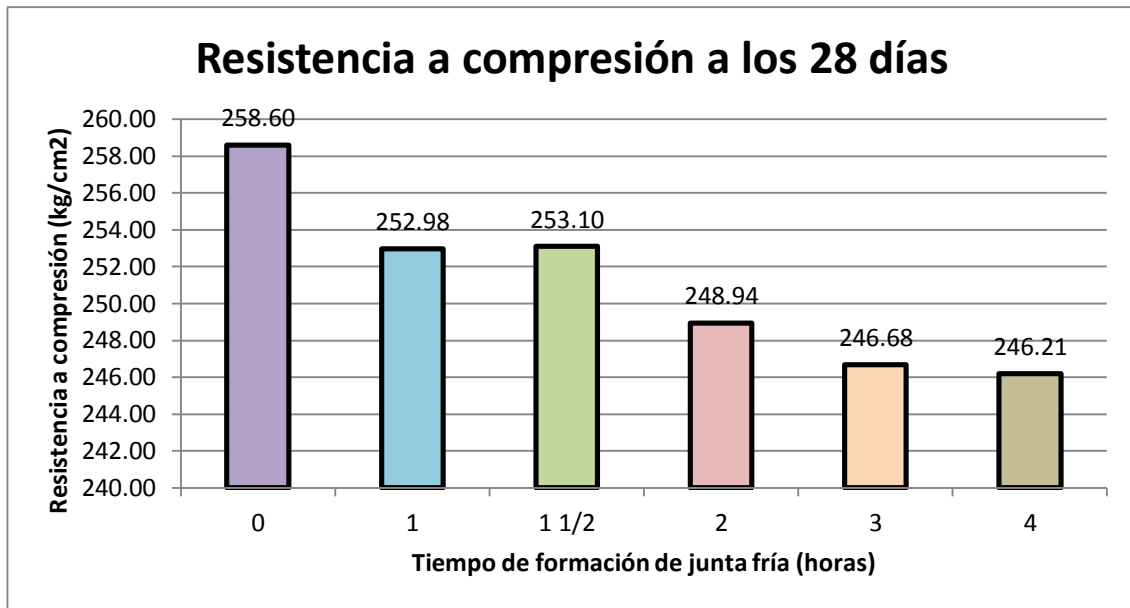
4.4.3. Resultado de ensayos de compresión en muestras de concreto con 28 días de edad.

Tabla 133: Comparación de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días de curado

Resistencia a compresión		
Edad: 28 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	F'c promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de F'c respecto al concreto patrón (%)
Patrón (0)	258.60	0
1	252.98	2.17
1 1/2	253.10	2.12
2	248.94	3.73
3	246.68	4.61
4	246.21	4.79

Fuente: Elaboración propia

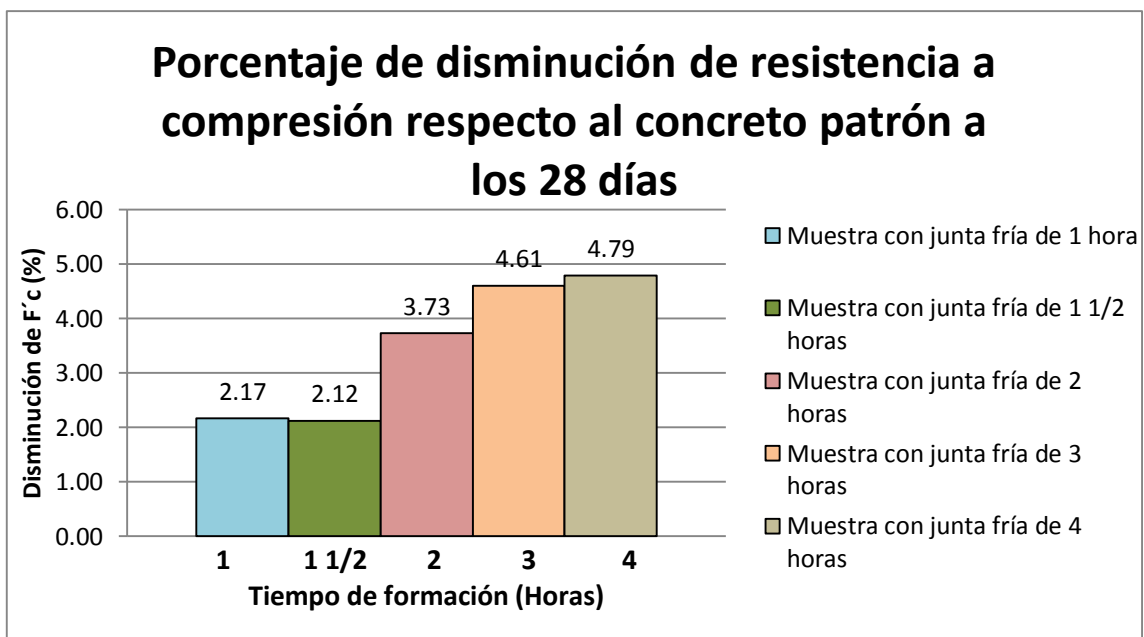
Figura 126: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación



Fuente: Elaboración propia

En la tabla y el grafico mostrados, se puede ver que la resistencia a compresión disminuye a medida que el tiempo de formación de junta fría aumenta. En el concreto patrón y las muestras con junta fría con tiempos de 1 y 1 ½ horas, esta diferencia no sobrepasa los 6 kg/cm², siendo la disminución de resistencia a compresión más evidente en las juntas de 2, 3 y 4 horas.

Figura 127: Porcentaje de disminución de resistencia a compresión respecto al concreto patrón a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

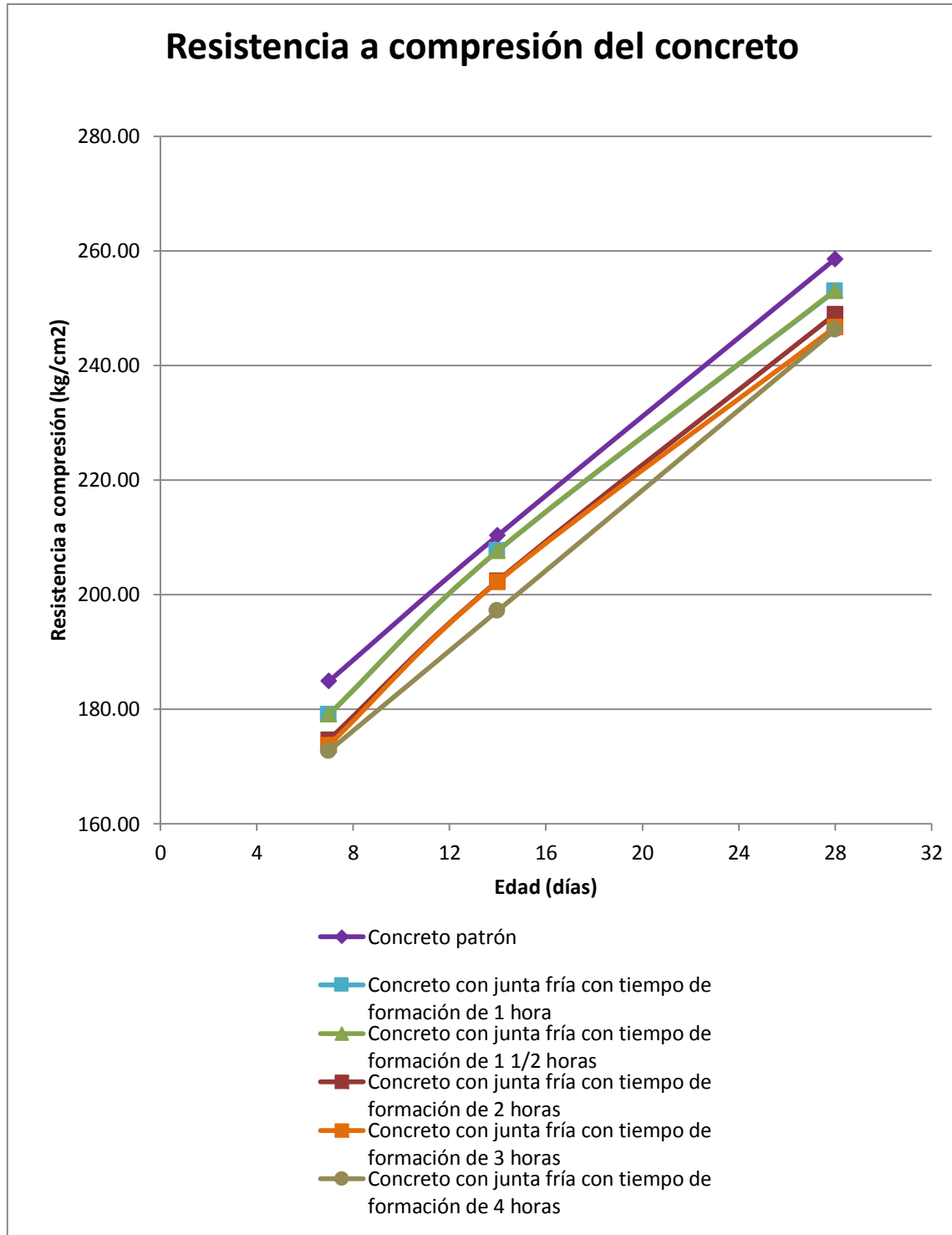


El porcentaje de disminución de resistencia a compresión de las muestras con junta respecto al concreto patrón, presenta un incremento a medida que aumenta el tiempo de formación de la junta, con excepción de los resultados del testigo con junta fría de 1 ½ horas (2.12%), que tiene un valor inferior a los resultados obtenidos para las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1 hora (2.17%) y 2 horas (3.73%).

Esto quiere decir que la resistencia a compresión de la muestra con junta fría de 1 ½ horas es mayor que los resultados obtenidos para la junta de 1 hora, esto también es visible en el gráfico de resistencia a compresión a los 7 días.

4.4.4. Resultado de ensayos de compresión en muestras de concreto con vaciado ininterrumpido y con junta fría con tiempo de formación de 1, 1 ½, 2, 3 y 4 horas a los 7, 14 y 28 días.

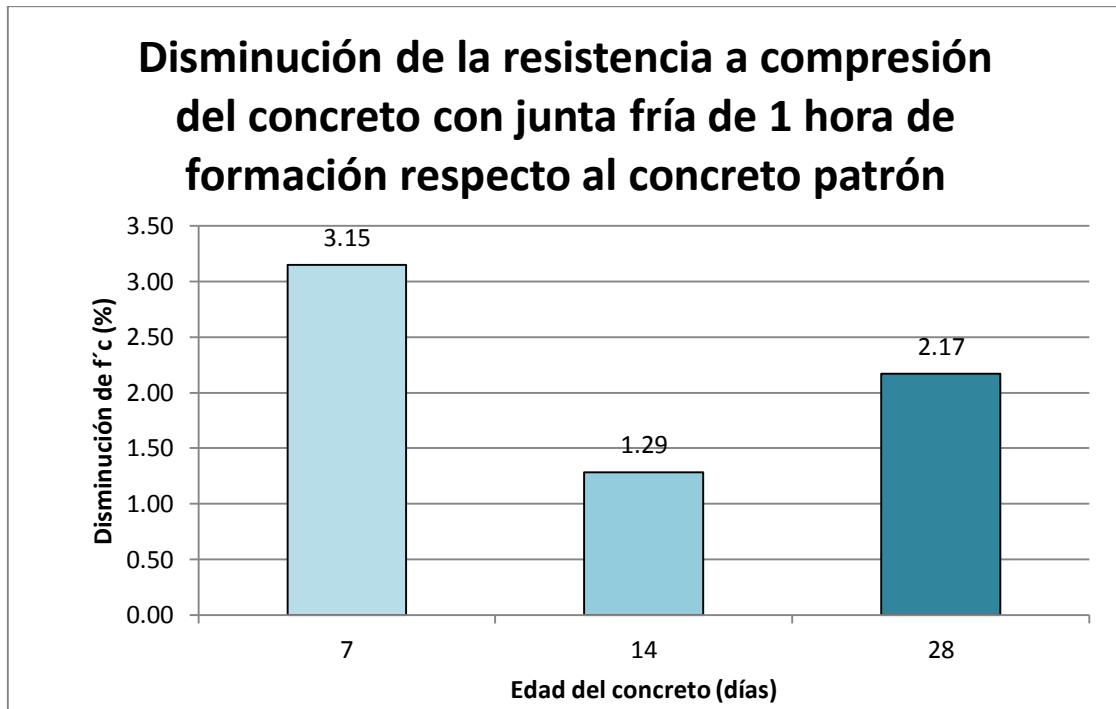
Figura 128: Resistencia a compresión de las muestras de concreto patrón y con junta fría a los 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

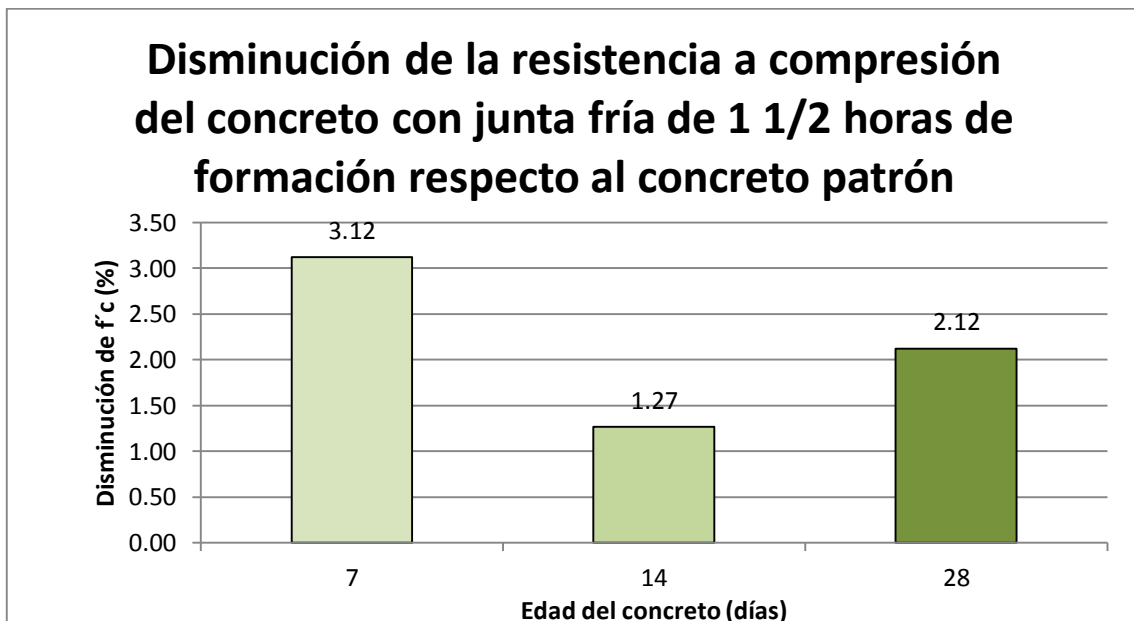
En el gráfico se puede observar que la evolución de la resistencia a compresión de la muestra patrón y las muestras con junta fría de 1, 1 1/2, 2, 3 y 4 horas es muy similar.

Figura 129: Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría de 1 hora de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



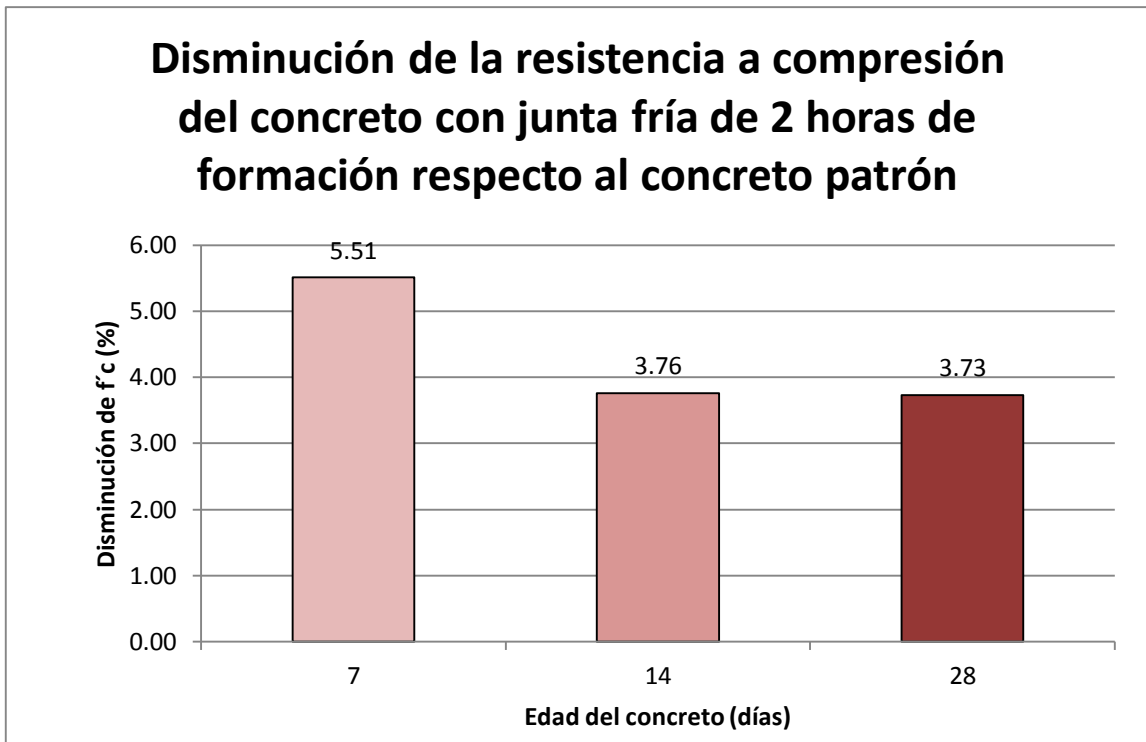
Fuente: Elaboración propia

Figura 130: Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría de 1 1/2 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



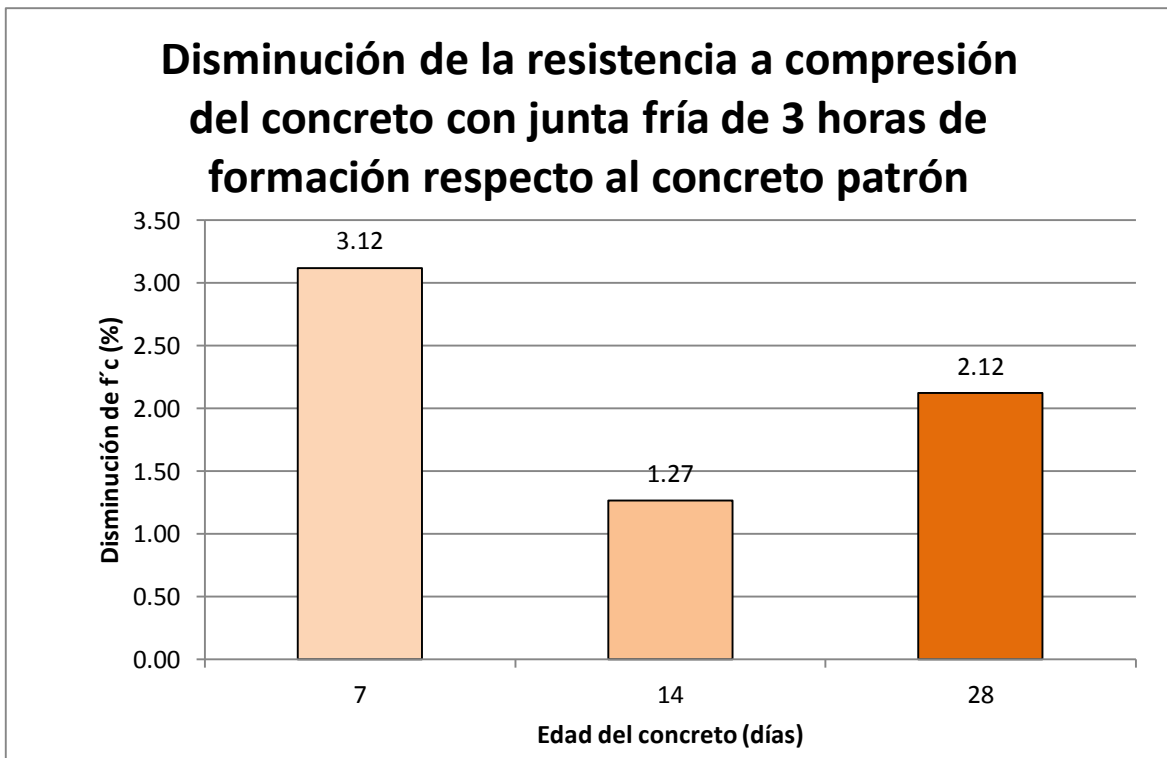
Fuente: Elaboración propia

Figura 131: Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría de 2 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



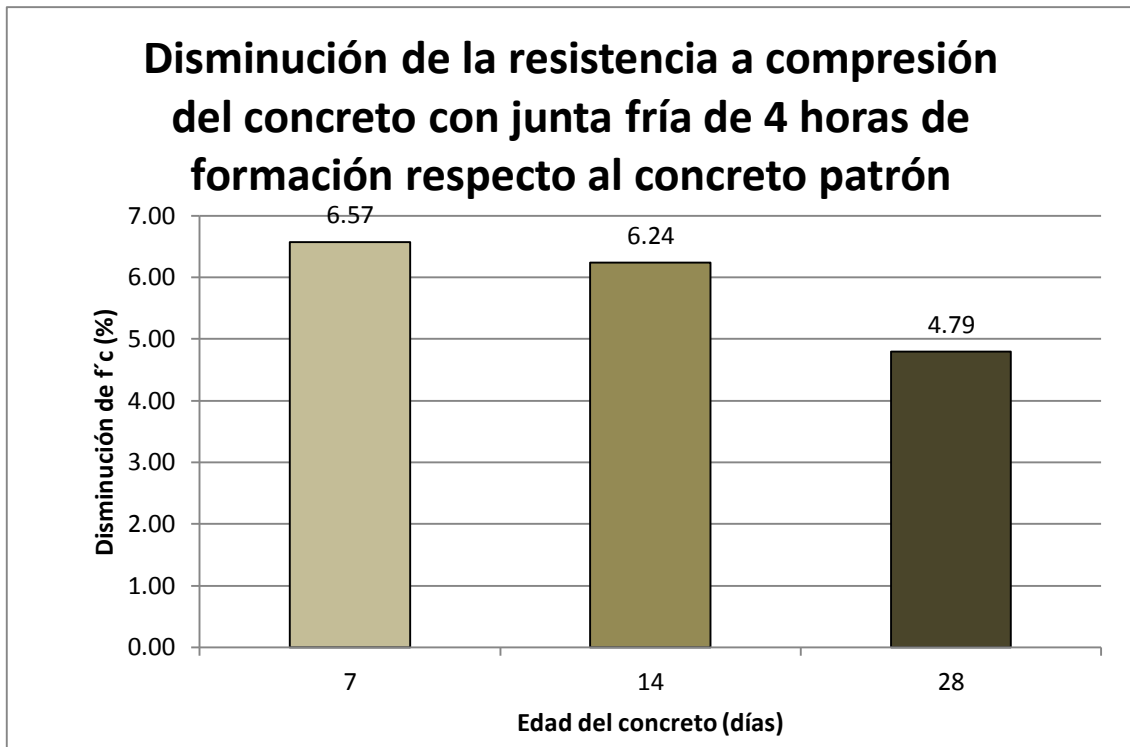
Fuente: Elaboración propia

Figura 132: Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría de 3 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 133: Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría de 4 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Según lo mostrado por los gráficos de barras, el porcentaje de disminución de resistencia a compresión se reduce a medida que aumenta la edad del concreto, es decir la diferencia entre la resistencia a compresión de las muestras con junta fría con tiempos de formación de 2 y 4 horas respecto a la resistencia del concreto patrón es menor a medida que aumenta el tiempo de curado.

Para los resultados de las muestras con junta fría con tiempo de formación de 1, 1 ½ y 3 horas, el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión respecto al concreto patrón de las muestras con 14 y 28 días de edad disminuye respecto al de 7 días.

4.5. Resultados de resistencia a tracción indirecta de las muestras

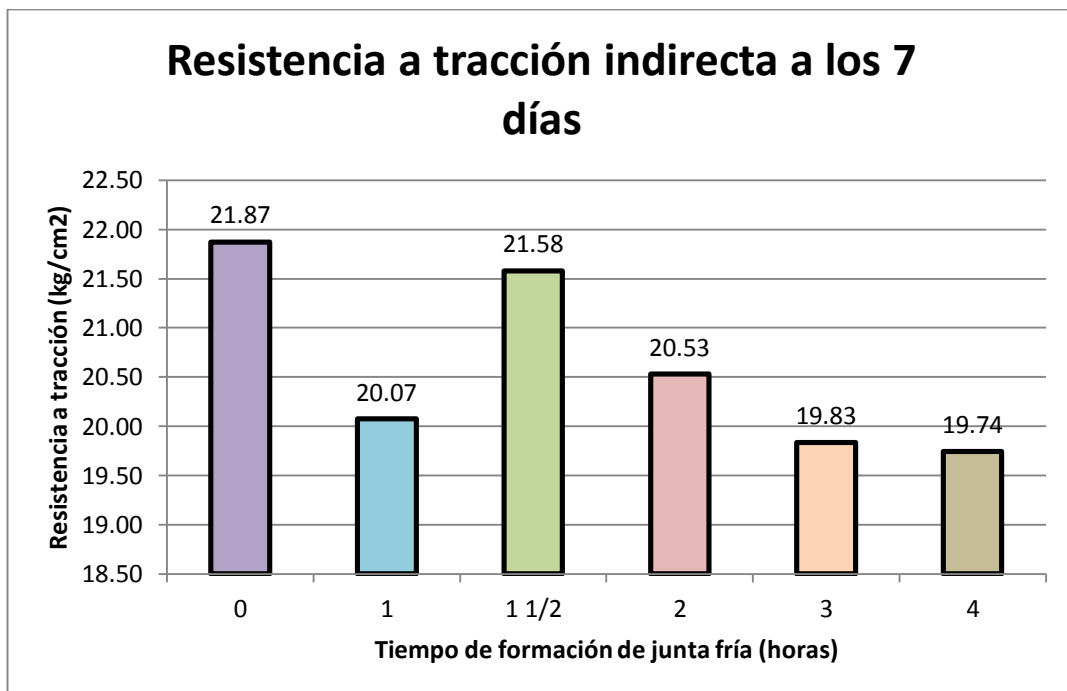
4.5.1. Resultado de ensayos de tracción indirecta en muestras de concreto con 7 días de edad.

Tabla 134: Comparación de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días de curado

Resistencia a tracción indirecta		
Edad:7 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
0	21.87	0
1	20.07	8.23
1 1/2	21.58	1.35
2	20.53	6.15
3	19.83	9.33
4	19.74	9.74

Fuente: Elaboración propia

Figura 134: Resistencia a la tracción indirecta a los 7 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación

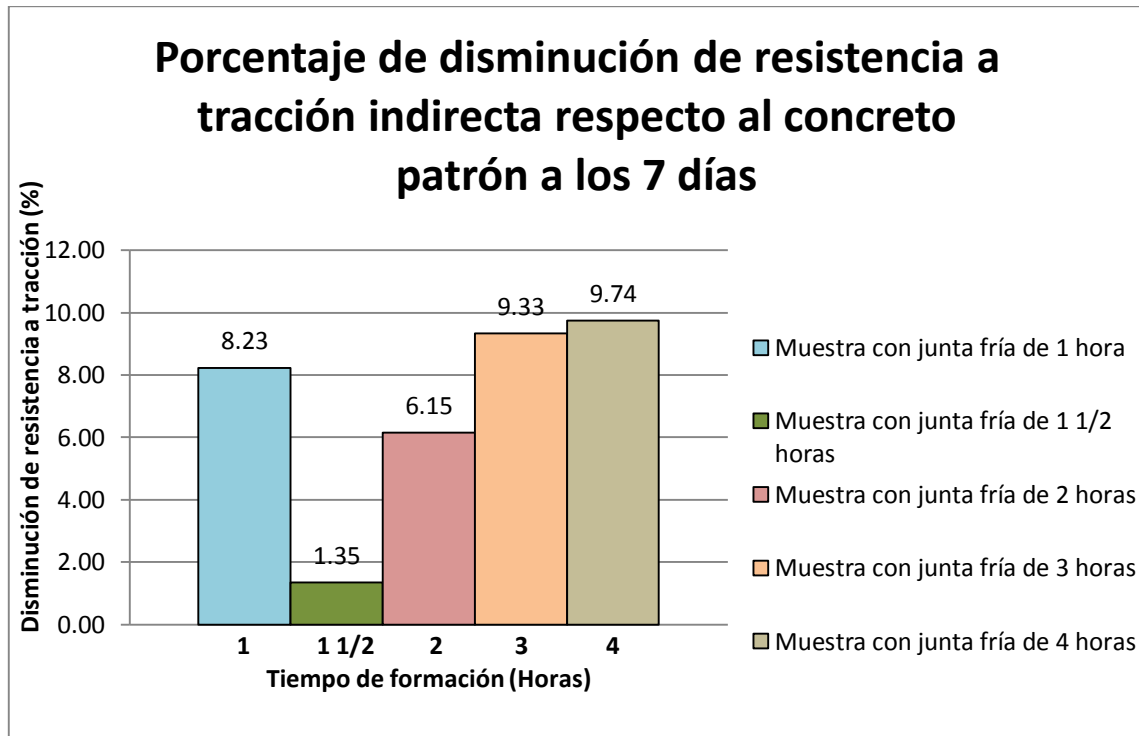


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico es posible observar que la mayor resistencia a tracción indirecta de las muestras es la que tiene el concreto patrón, seguido por la muestra con junta fría con tiempo de formación de 1 ½ horas.

No se observa una relación lineal de aumento o disminución de la resistencia a tracción indirecta respecto al tiempo de formación de junta fría.

Figura 135: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón a los 7 días



La muestra de concreto con junta fría con tiempo de formación de 4 horas tiene una mayor disminución de su resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón, mientras que la menor disminución se presenta en la muestra con 1 ½ horas de edad.

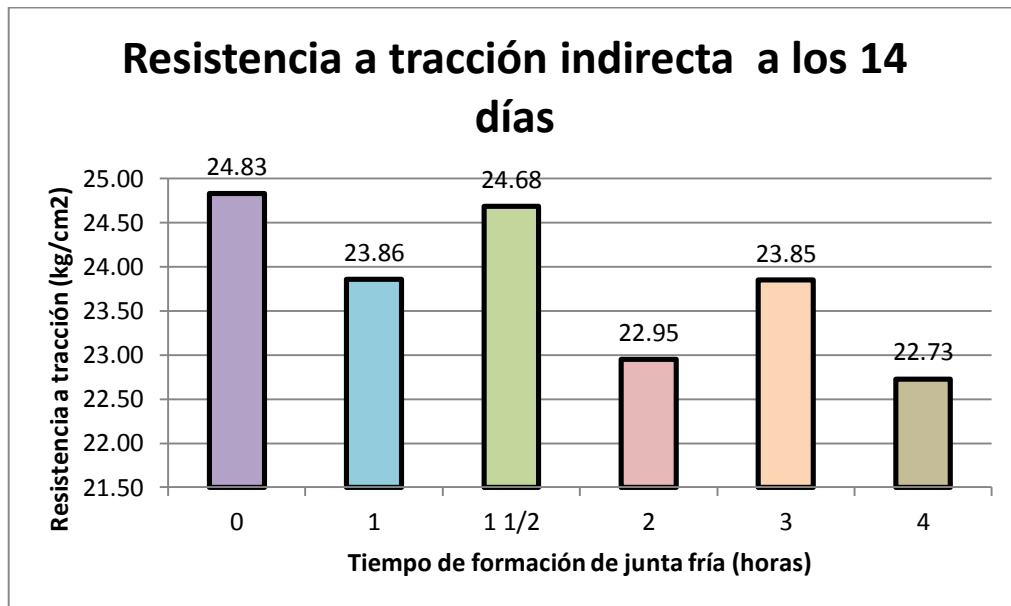
4.5.2. Resultado de ensayos de tracción indirecta en muestras de concreto con 14 días de edad.

Tabla 135: Comparación de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días de curado

Resistencia a tracción indirecta		
Edad: 14 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
0	24.83	0
1	23.86	3.91
1 1/2	24.68	0.59
2	22.95	7.57
3	23.85	3.95
4	22.73	8.46

Fuente: Elaboración propia

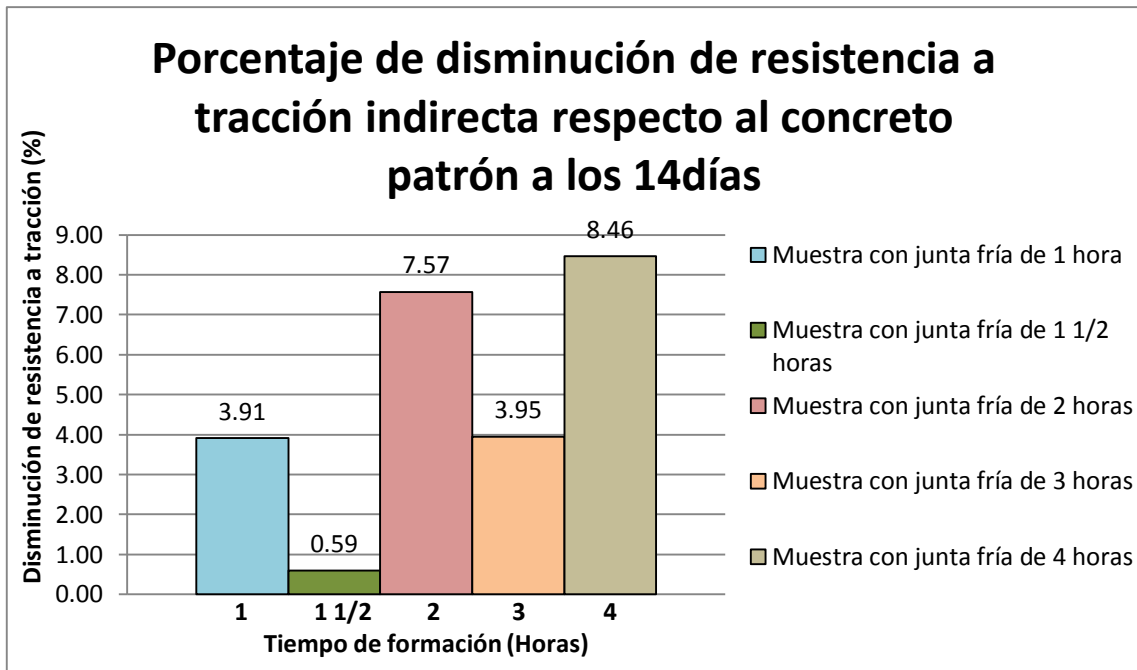
Figura 136: Resistencia a la tracción indirecta a los 14 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación



Fuente: Elaboración propia

Para la resistencia a tracción indirecta a los 14 días se observa que el mayor valor fue alcanzado por el concreto patrón, seguido por el concreto con junta fría con tiempo de formación de 1 ½ horas. La menor resistencia a tracción indirecta fue la de la muestra con junta fría de 4 horas de formación.

Figura 137: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

En este gráfico es posible observar que la disminución de resistencia respecto al concreto patrón es más evidente en las muestras con junta fría con tiempo de formación de 4 horas.

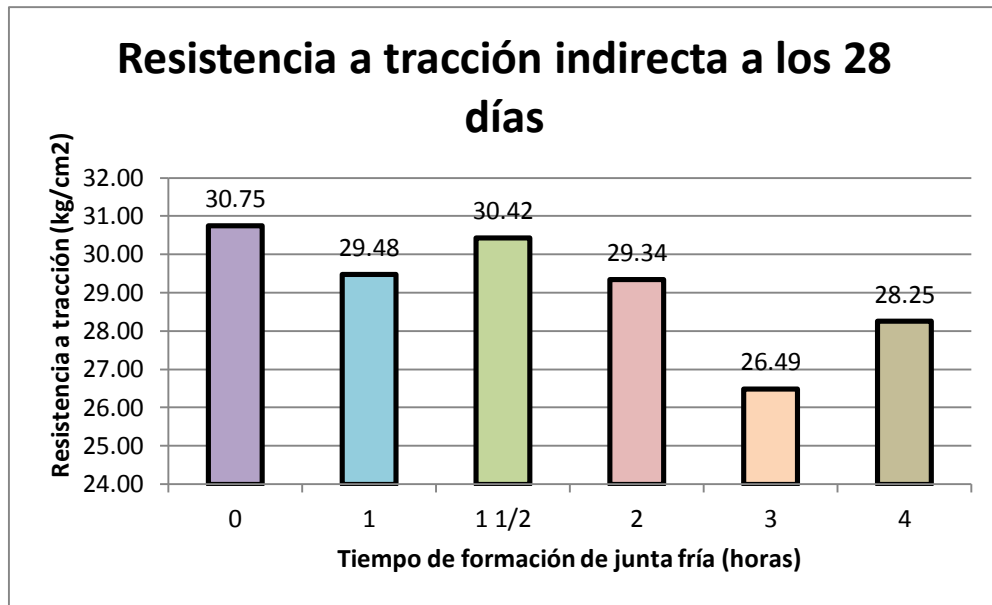
4.5.3. Resultado de ensayos de tracción indirecta en muestras de concreto con 28 días de edad.

Tabla 136: Comparación de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días de curado

Resistencia a tracción indirecta		
Edad: 28 días		
Tiempo de formación de junta (horas)	T promedio (kg/cm ²)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
0	30.75	0
1	29.48	4.13
1 1/2	30.42	1.05
2	29.34	4.56
3	26.49	13.85
4	28.25	8.11

Fuente: Elaboración propia

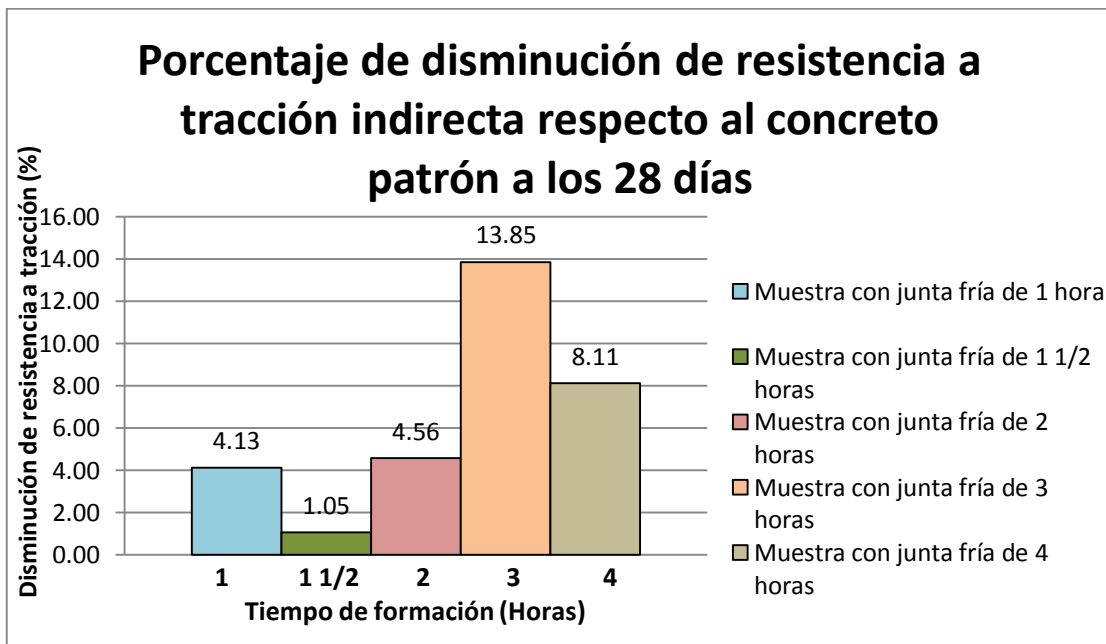
Figura 138: Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días del concreto patrón y las muestras con junta fría con diferentes tiempos de formación



Fuente: Elaboración propia

La mayor resistencia a tracción indirecta fue alcanzada por la muestra de concreto patrón, seguida con junta fría con tiempo de formación de 1 1/2 horas, y la menor fue la junta fría con 3 horas. Se observa también que no existe una relación lineal entre la resistencia a tracción indirecta y el tiempo de formación de la junta fría.

Figura 139: Porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón a los 28 días

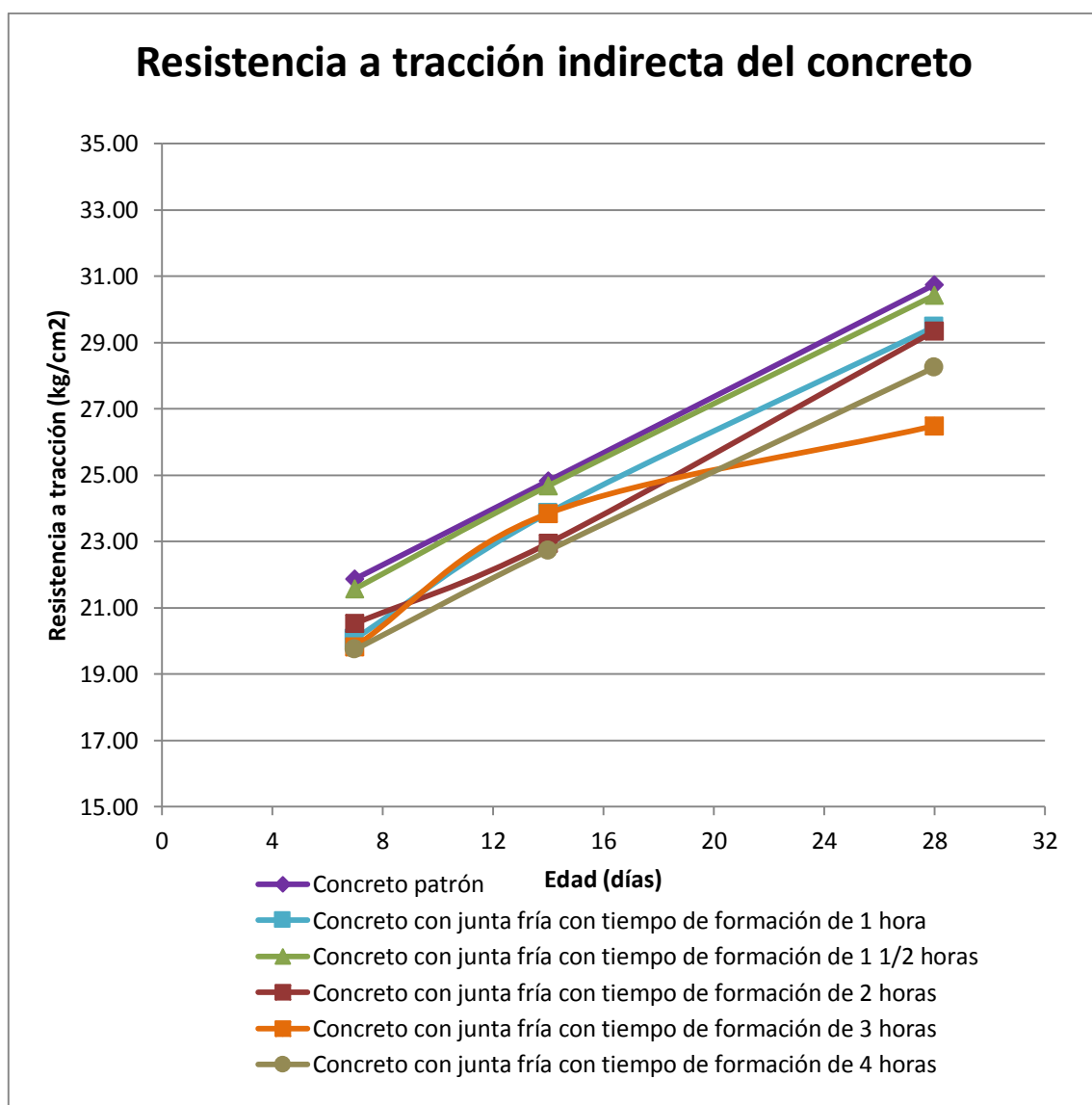


Fuente: Elaboración propia

Es posible observar que el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón es más evidente en las muestras con 3 horas de edad y es menor en la muestra de 1 1/2 horas de edad.

4.5.4. Resultado de ensayos de tracción indirecta en muestras de concreto con vaciado ininterrumpido y con junta fría con tiempo de formación de 1, 1 1/2, 2, 3 y 4 horas a los 7, 14 y 28 días.

Figura 140: Resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto patrón y con junta fría a los 7, 14 y 28 días



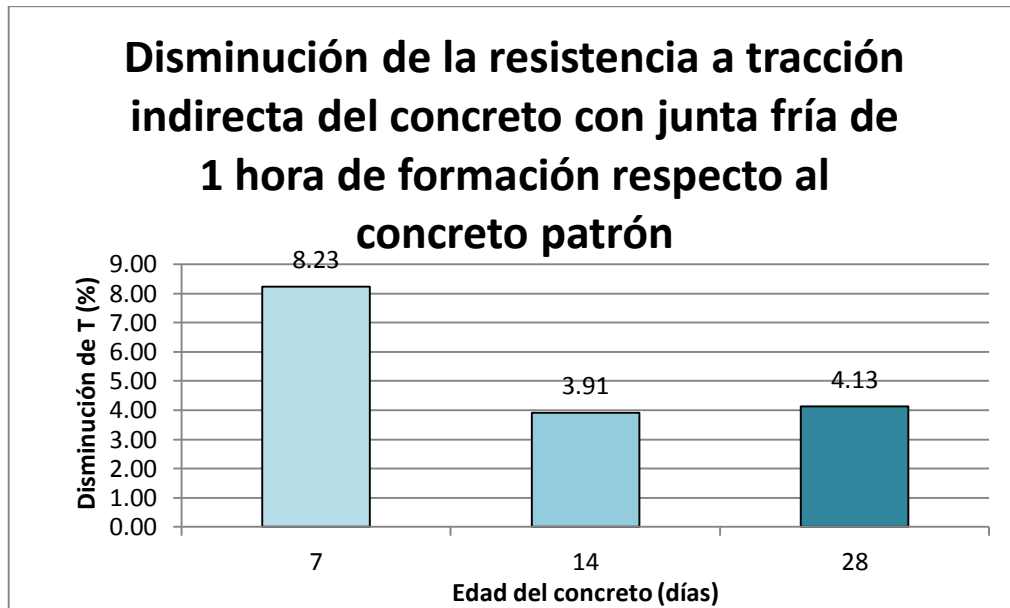
Fuente: Elaboración propia

En este gráfico se observa que la evolución de la resistencia a tracción indirecta respecto a la edad del concreto es similar para todas las muestras, sin embargo,

es posible observar una ligera variación en el concreto con junta fría con tiempo de formación de 3 horas a los 14 días.

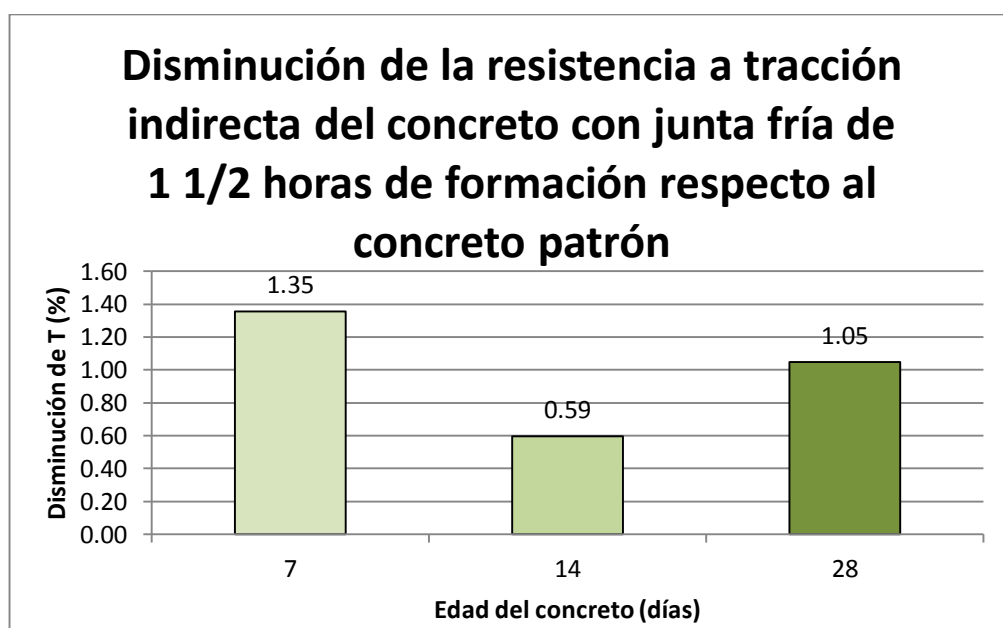
Es posible observar también que los datos de resistencia a tracción indirecta obtenidos en las muestras a los 28 días están más dispersos en comparación a los datos obtenidos a los 7 y 14 días.

Figura 141: Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría de 1 hora de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



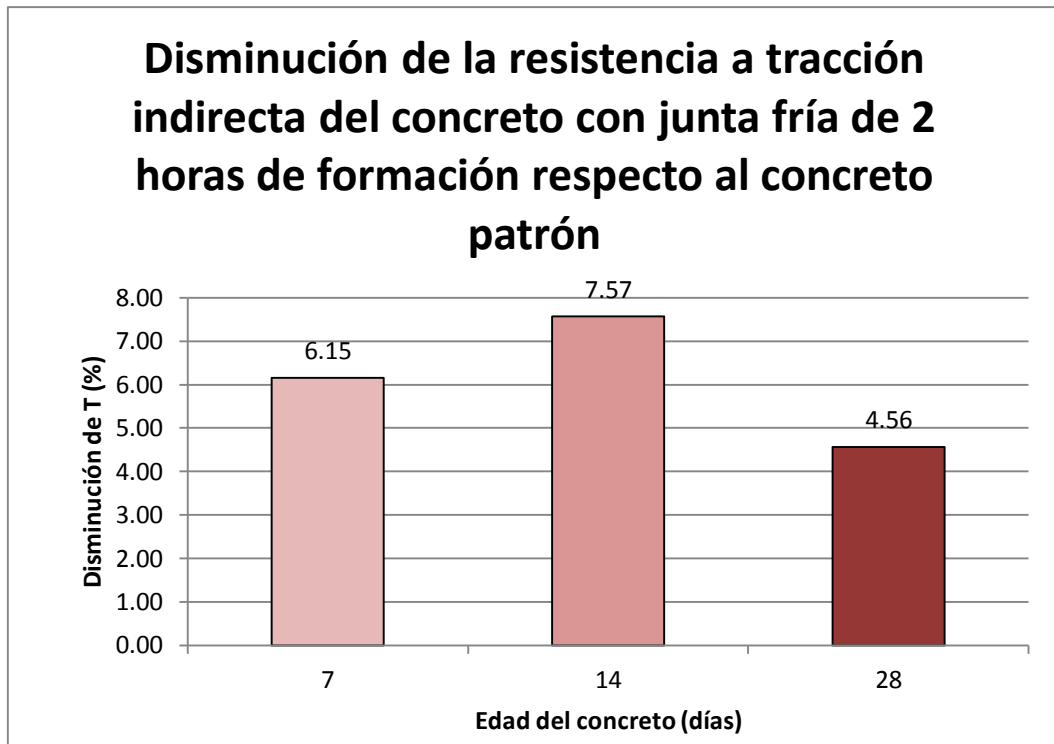
Fuente: Elaboración propia

Figura 142: Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría de 1 1/2 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



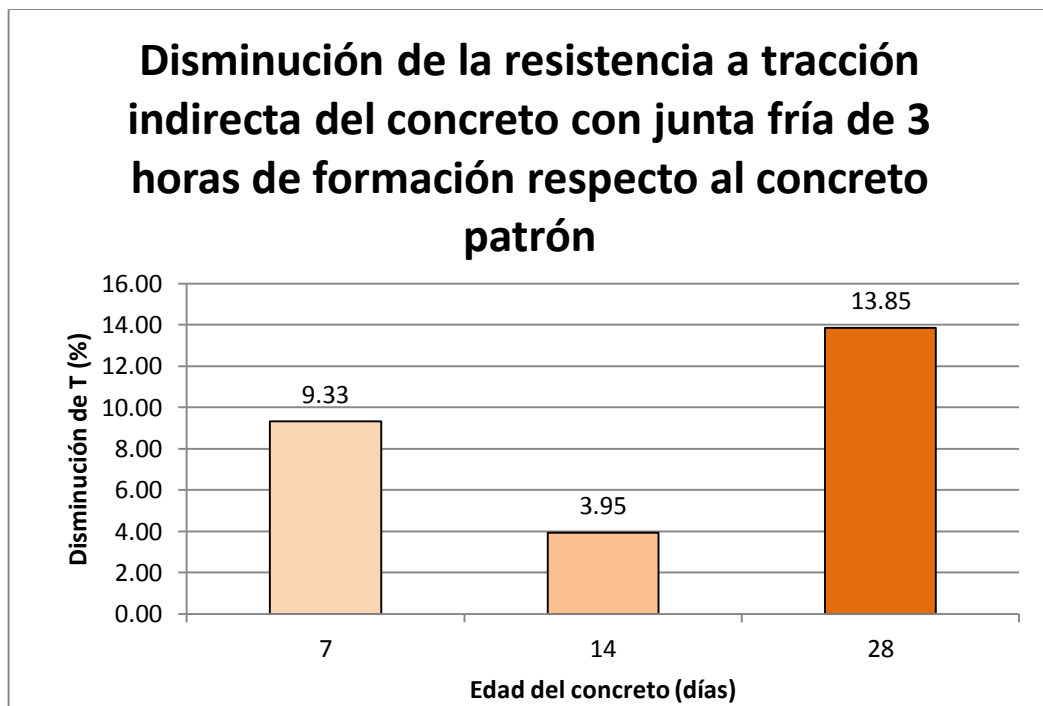
Fuente: Elaboración propia

Figura 143: Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría de 2 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



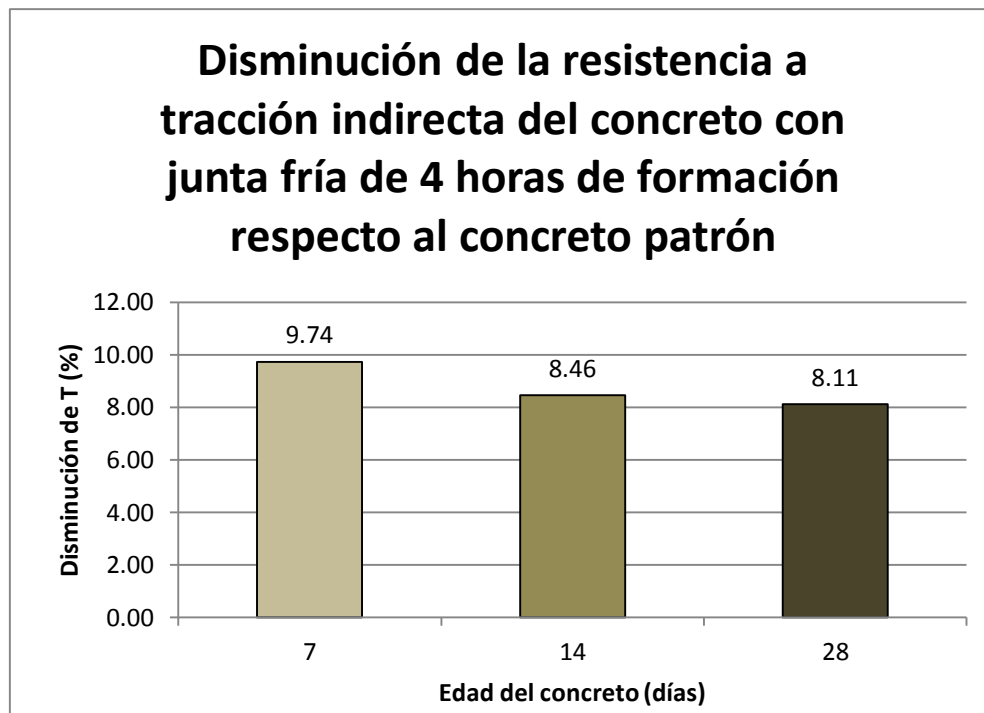
Fuente: Elaboración propia

Figura 144: Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría de 3 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 145: Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría de 4 horas de formación respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

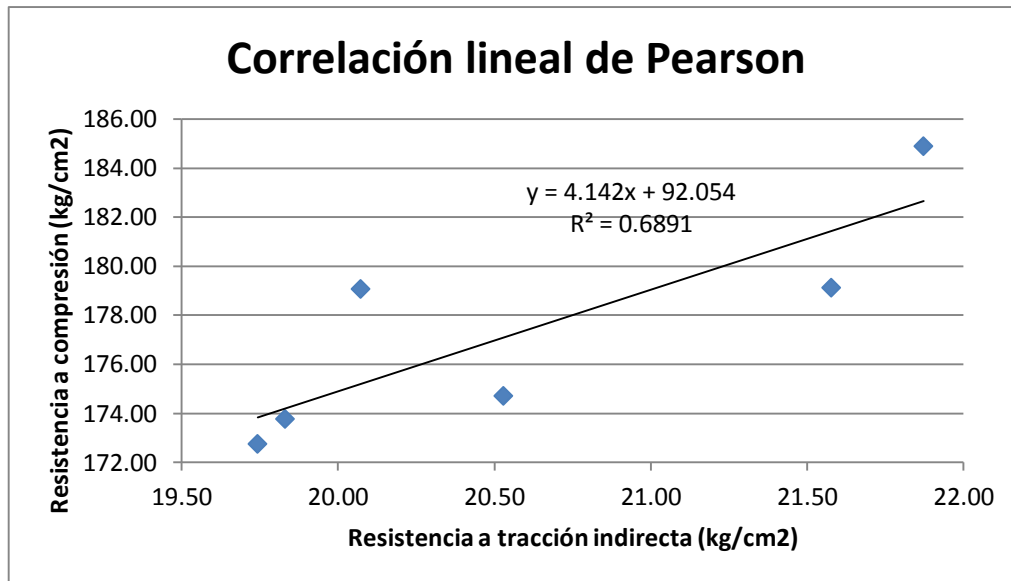
Según lo mostrado por los gráficos de barras, el porcentaje de disminución de resistencia a tracción indirecta respecto al concreto patrón a los 28 días se reduce en comparación a los datos obtenidos a los 7 días para las muestras con junta fría con tiempos de formación de 1, 1 ½, 2 y 4 horas.

Sin embargo, el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de la muestra con junta fría con tiempo de formación de 3 horas con respecto al concreto patrón se incrementa. Es decir que la reducción de la resistencia a tracción indirecta es más notable.

4.6. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson

4.6.1. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 7 días.

Figura 146: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 7 días de edad



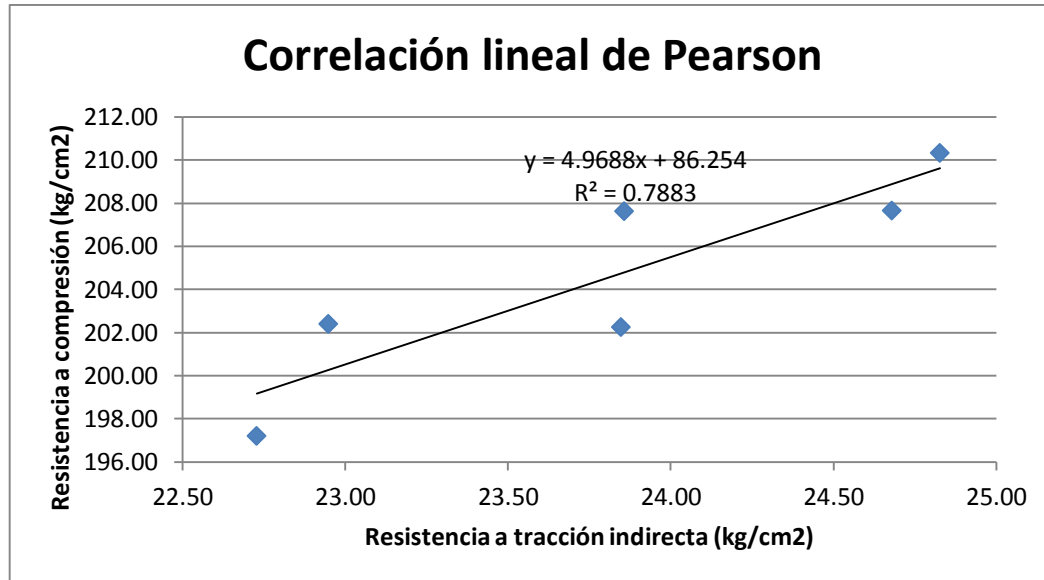
Fuente: Elaboración propia

Se tiene una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.83, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

La resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 69% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

4.6.2. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 14 días.

Figura 147: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 14 días de edad

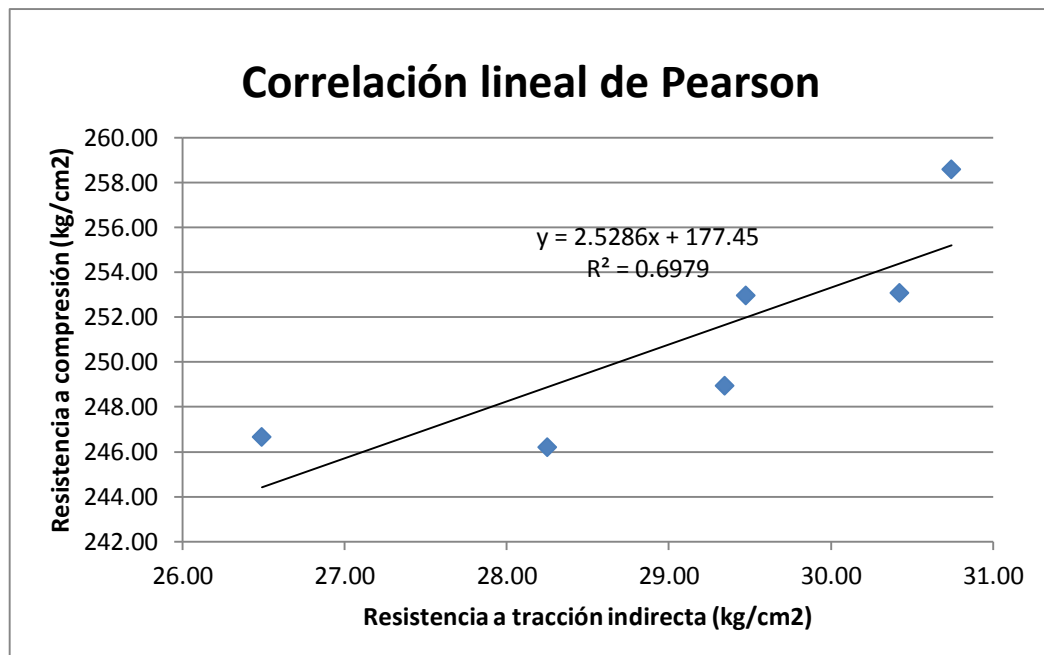


Se tiene una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.89, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

La resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 79% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

4.6.3. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 28 días.

Figura 148: Diagrama de dispersión de resistencia a tracción indirecta y a compresión de muestras de 28 días de edad

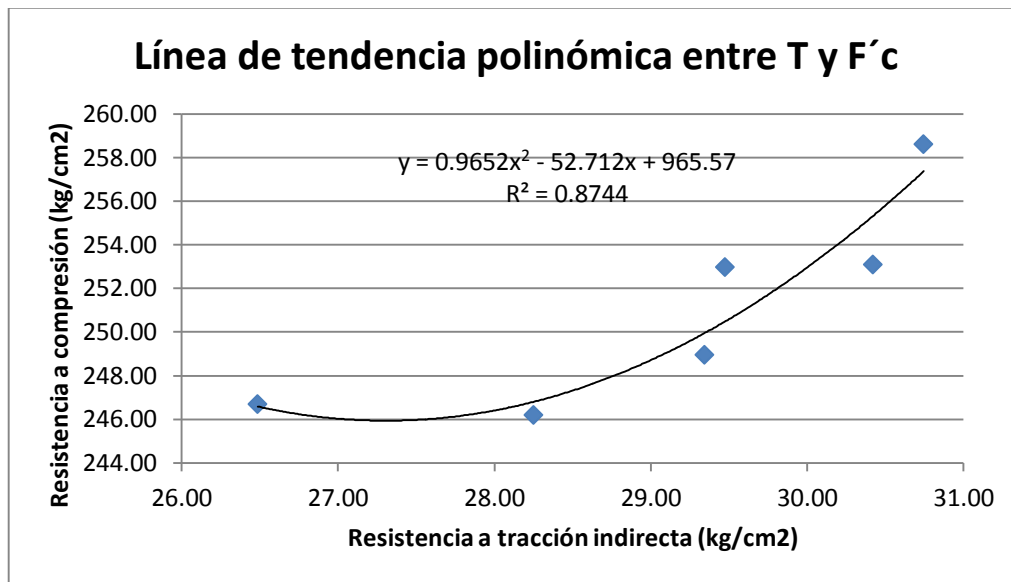


Se tiene una relación positiva pero no perfecta. El coeficiente de correlación es 0.84, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

La resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 70% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

4.6.4. Resultados de la línea de tendencia polinómica entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras a los 28 días.

Figura 149: Línea de tendencia polinómica entre T y F'c a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

El valor del coeficiente de determinación $r_{xy}^2 = 0.87$ puede interpretarse como que la ecuación de la línea de tendencia polinómica de la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión, tiene un 87% de confiabilidad.

Tabla 137: Valor aproximado de la resistencia a compresión respecto a la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría diagonal

X (kg/cm2)	Y (kg/cm2)
30.75	257.31
29.48	250.43
30.42	255.27
29.34	249.90
26.49	246.53

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

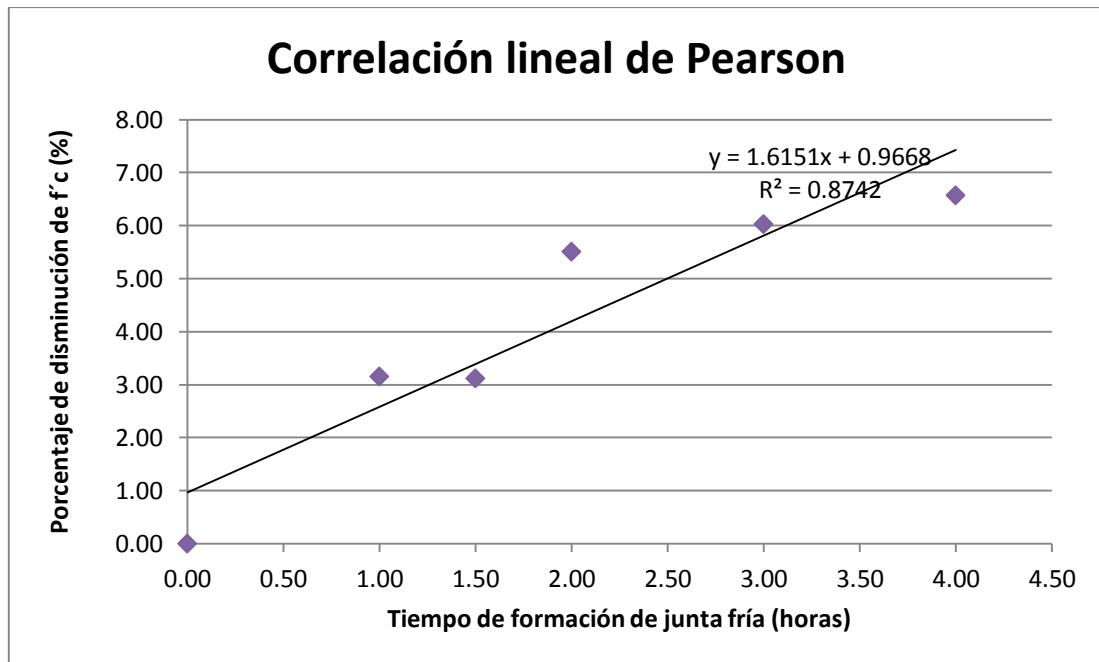
X = Resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto a los 28 días (kg/cm2)

Y = Resistencia a compresión de las muestras de concreto a los 28 días (kg/cm2)

Para muestras de concreto $f'c=210$ kg/cm² con junta fría diagonal, para una resistencia a tracción indirecta de 26.49 kg/cm², es 87% probable que se tenga una resistencia a compresión de 246.53 kg/cm².

4.6.5. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Figura 150: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 7 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.93, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 87% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Tabla 138 : Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.6151X+0.9668$
1	2.58
1.5	3.39
2	4.20
3	5.81
4	7.43

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

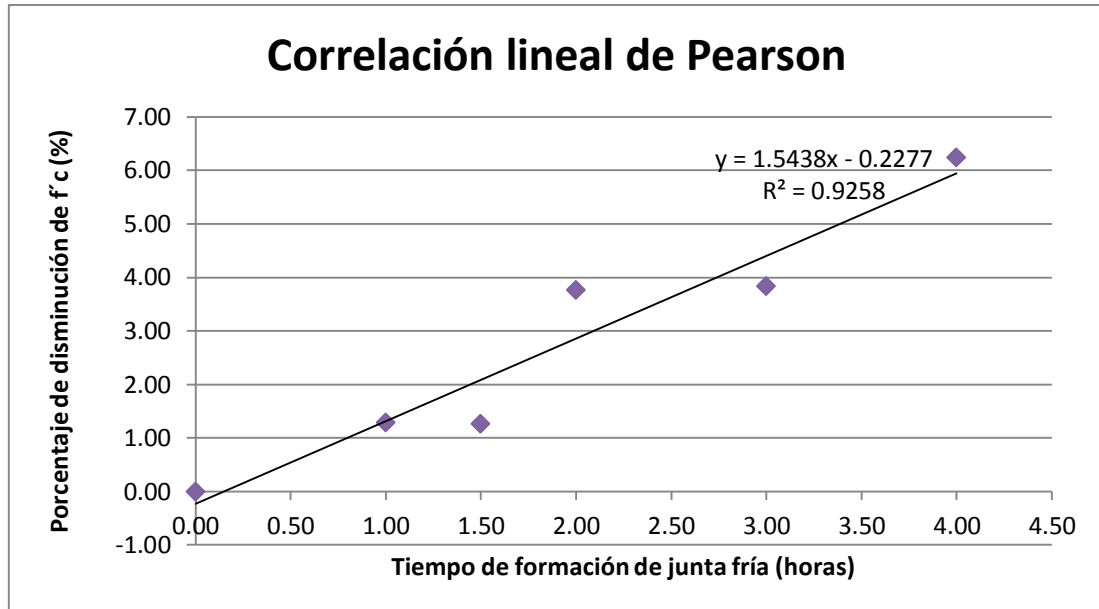
X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 7 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 7 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 87% probable que la resistencia a compresión de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 7.43% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 7 días.

4.6.6. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Figura 151: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 14 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.96, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 93% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Tabla 139 : Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.5438X-0.2277$
1	1.32
1.5	2.09
2	2.86
3	4.40
4	5.95

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

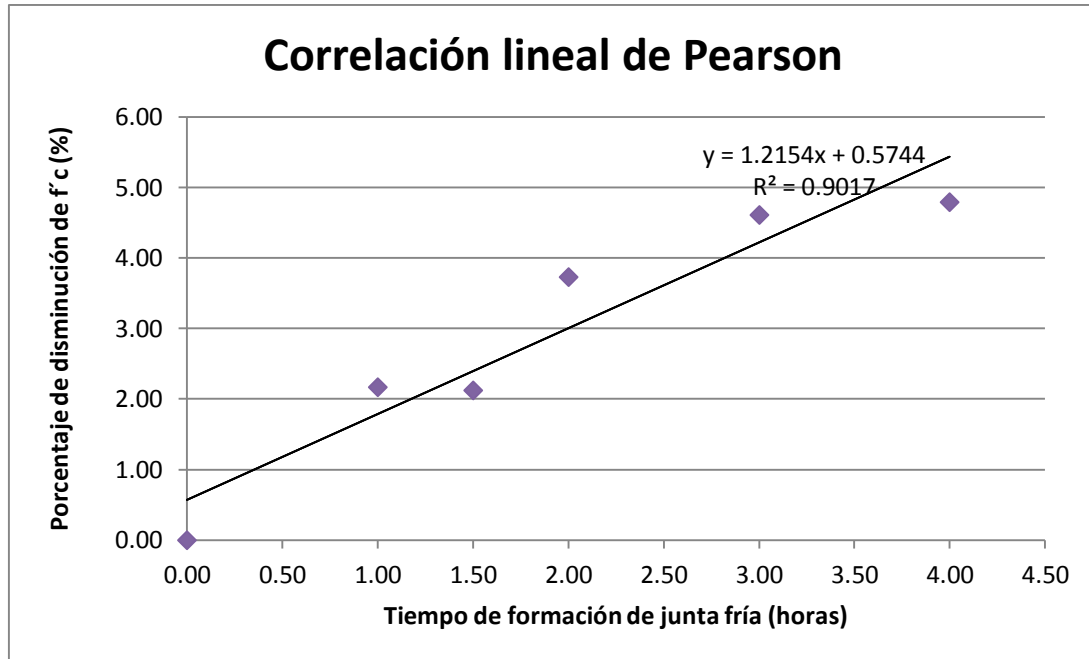
X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 14 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 14 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 93% probable que la resistencia a compresión de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 5.95% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 14 días.

4.6.7. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Figura 152: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de muestras de 28 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.95, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a compresión del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 90% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.



Tabla 140 : Porcentaje aproximado de disminución de $f'c$ del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de $F'c$ respecto al concreto patrón (%)
X	$Y=1.2154X+0.5744$
1	1.79
1.5	2.40
2	3.01
3	4.22
4	5.44

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

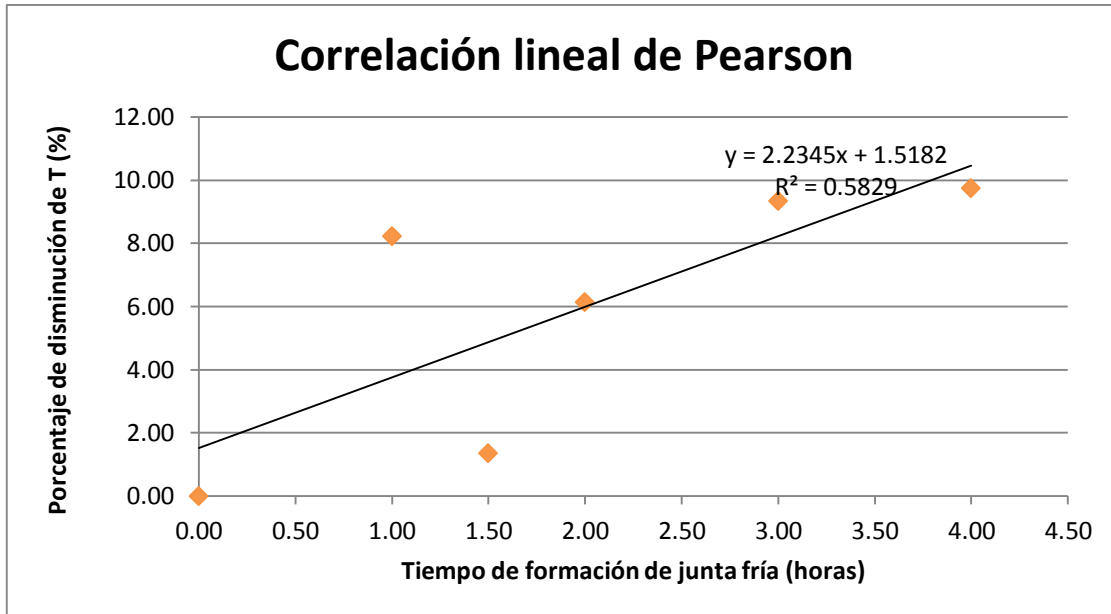
X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 28 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras de concreto con junta fría a los 28 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 90% probable que la resistencia a compresión de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 5.44% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 28 días.

4.6.8. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 7 días

Figura 153: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 7 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.76, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 58% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Tabla 141: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	3.75
1.5	4.87
2	5.99
3	8.22
4	10.46

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

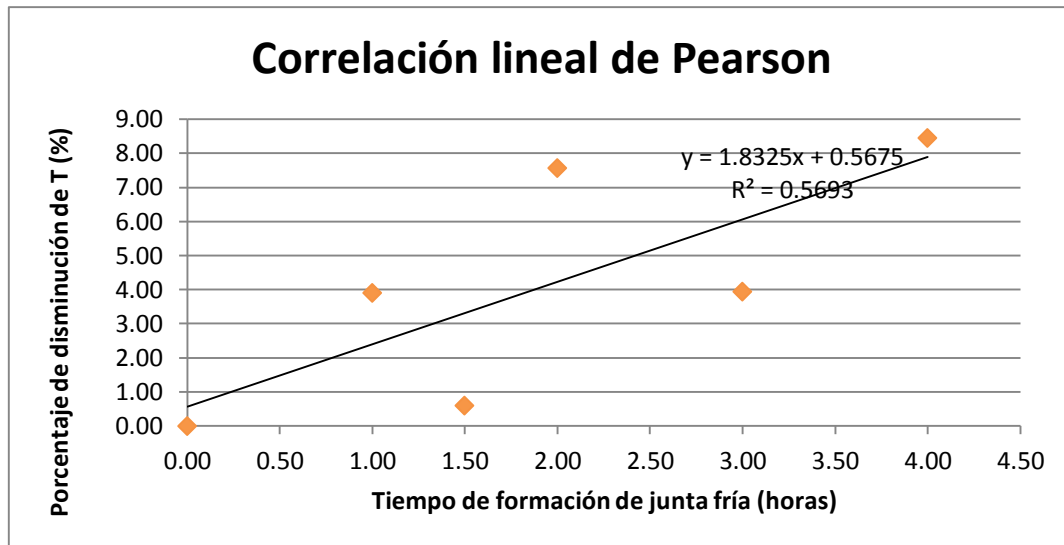
X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 7 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 7 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 58% probable que la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 10.46% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 7 días.

4.6.9. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 14 días

Figura 154: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 14 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.75, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 57% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Tabla 142: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	2.40
1.5	3.32
2	4.23
3	6.07
4	7.90

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

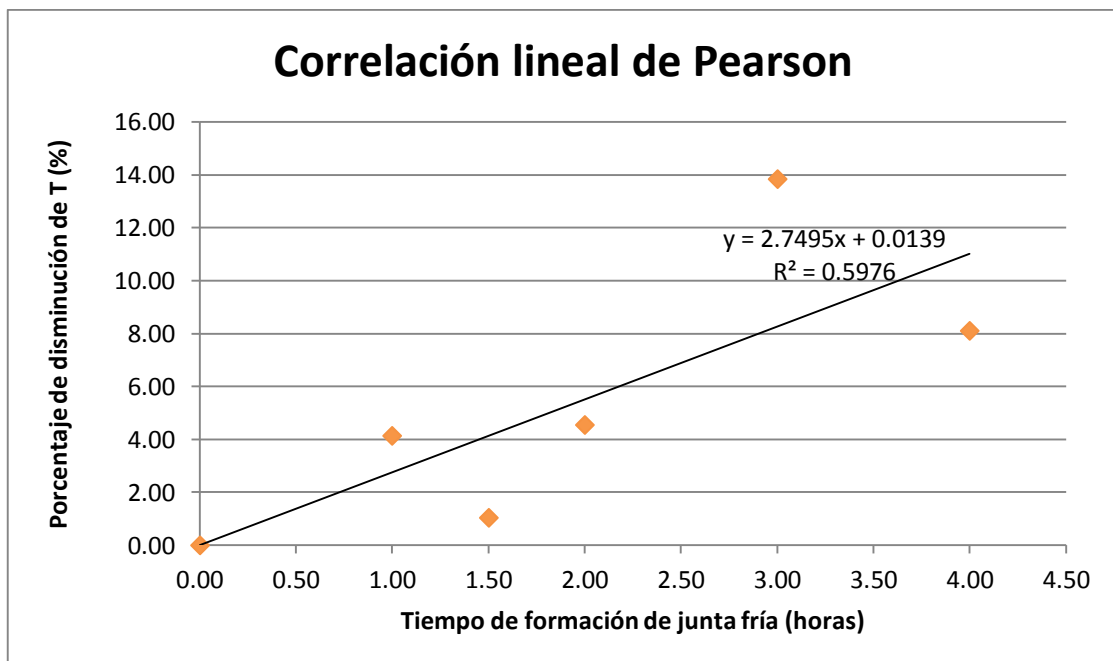
X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 14 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 14 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 57% probable que la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 7.90% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 14 días.

4.6.10. Resultados del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría respecto al concreto patrón a los 28 días

Figura 155: Diagrama de dispersión de porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de muestras de 28 días de edad respecto al concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de correlación es 0.77, siendo este valor diferente de cero, la correlación es efectiva y es poco probable que proceda de una población cuya correlación es cero.

El porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto al concreto patrón y el tiempo de formación de junta fría, comparten un 60% de elementos. Esto no implica necesariamente una relación de causalidad.

Tabla 143: Porcentaje aproximado de disminución de T del concreto con junta fría respecto al su tiempo de formación

Tiempo de formación de junta (horas)	Porcentaje de disminución de T respecto al concreto patrón (%)
X	Y
1	2.76
1.5	4.14
2	5.51
3	8.26
4	11.01

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X = Tiempo de formación de junta fría de las muestras de concreto a los 28 días (horas)

Y = Porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras de concreto con junta fría a los 28 días respecto al concreto patrón (%)

Según la tabla, es 60% probable que la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría, presente un porcentaje de disminución de 11.01% cuando el tiempo de formación de la junta es de 4 horas a la edad de 28 días.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

TEMAS ASOCIADOS A LA VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

1. ¿Por qué se eligieron los tiempos de formación de junta fría de 1, 1 ½, 2, 3 y 4 horas?

Estos tiempos de formación de junta fría fueron elegidos en base a la ficha técnica del cemento Portland Puzolánico Yura IP, la cual nos indica entre sus características técnicas los tiempos de fraguado del producto y los indicados por la norma NTP 334.090 (Norma técnica Peruana de Cementos).

Esta ficha señala que el tiempo de fraguado final del cemento Yura es de 270 minutos (4.5 horas), y el tiempo mínimo de fraguado inicial indicado por las normas mencionadas líneas arriba es de 45 minutos.

A su vez el tiempo de estudio está sustentado en el tiempo de trabajo continuo de 4 horas en una jornada laboral de 8 horas diarias.

2. ¿Por qué se ensayaron juntas frías diagonales de 45° de superficie semi-rugosa?

Se ensayaron juntas frías diagonales con 45° de inclinación debido a que es el tipo de junta fría que se puede presentar en el vaciado de elementos estructurales como vigas y losas.

Se consideró una superficie semi-rugosa ya que en el caso de que se presente un percance con el abastecimiento de concreto en obra, no es usual que se proporcione un acabado liso a la superficie del elemento con el vaciado incompleto.

3. ¿Por qué se ensayaron las muestras a compresión y a tracción indirecta?

Se realizaron muestras de concreto con junta fría diagonal, ya este tipo de junta fría se puede presentar mayormente durante el vaciado vigas las mismas que trabajan principalmente a flexión.

Al someter una viga a flexión, una parte de la viga sufre compresión y la otra sufre tracción, por lo tanto, se realizaron ensayos de resistencia a tracción y resistencia a compresión.

4. ¿Por qué se realizó el ensayo de resistencia a tracción indirecta o ensayo brasilero?

El ensayo brasilero, también llamado ensayo de tracción indirecta o de tracción por hendimiento fue utilizado ya que el procedimiento a seguir es más rápido y sencillo que el ensayo de tracción directa. Además, para efectuar el ensayo brasilero, se necesita una máquina de compresión para probetas y soportes de acero con los que cuenta el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco a diferencia del ensayo de tracción directa que necesita una máquina de ensayos de tracción convencional con la que no se cuenta, además de tener un procedimiento más complejo.

CONTRASTACIONES CON EL MARCO TEÓRICO

5. ¿Los agregados finos y gruesos de las canteras de Cunyac y Pillahuara respectivamente, cumplen con la granulometría según la norma NTP 400.012?

El agregado fino de Cunyac inicialmente no cumplía con los límites máximos y mínimos especificados en la norma NTP 400.012 y ASTM C-33 ya que el porcentaje que pasa la malla #30 es mayor que lo que indican las normas ya mencionadas. Por lo tanto, el agregado fino fue modificado añadiendo material retenido entre las mallas #16 y #30 para que cumpla con las especificaciones de las normas.

El agregado grueso de ½” de la cantera de Pillahuara – San Salvador si cumple con los límites especificados en la norma NTP 400.012.

6. ¿Por qué se utilizó piedra chancada de ½” de la cantera de Pillahuara lavada por la malla N° 4 como agregado grueso?

La piedra chancada de ½” de la cantera de Pillahuara lavada por la malla N°4 fue utilizada como agregado grueso ya que es uno de los pocos áridos triturados procedentes de río comercializados en nuestra ciudad. Debido a esto, según Gutierrez de López, (2003): “Adquiere las características físicas del material de cantera por el proceso de trituración, pero conserva las cualidades mecánicas, propias como resistencia al desgaste y al intemperismo, que tenía el material de río que le dio origen.”

Para la selección del tamaño máximo nominal se tomó en cuenta lo especificado por la norma ACI 211.1 que indica que el tamaño del agregado

grueso no debe ser mayor que un quinto de la menor dimensión entre las caras del encofrado. Ya que se usaron briquetetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de largo, el agregado de ½" cumplió con esta condición.

Se utilizó agregado lavado por la malla N° 4 ya que era más probable que cumpla los límites de la norma NTP 400.012 al no tener demasiado material que pase la malla mencionada.

7. ¿Por qué se utilizó la arena fina de la Cantera de Cunyac como agregado fino?

El agregado fino de la cantera de Cunyac fue usado para la elaboración del concreto ya que fue muy utilizado también en otros trabajos de investigación de la Universidad Andina del Cusco, en las cuales las muestras de concreto elaboradas con este agregado si alcanzaron la resistencia a compresión esperada a los 28 días.

8. ¿Por qué no se utilizó un adhesivo epóxico como puente adherente entre las dos tandas de concreto vaciadas?

No se utilizó un adhesivo epóxico como puente adherente debido a que al realizar algún tipo de tratamiento ya sea limpieza, picado o colocación de algún material que unifique el concreto viejo con el concreto fresco, ya no se formaría una junta fría, en su lugar sería una junta de hormigonado.

9. ¿Por qué se utilizó el método ACI 211?1 para el diseño de mezcla?

Este método fue utilizado debido a su simplicidad, ya que basándose en las tablas que nos proporciona permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto. Además, este método de diseño de mezcla ha sido utilizado en muchos trabajos de investigación de la Universidad Andina del Cusco, mostrando resultados satisfactorios.

10. ¿Qué relación existe entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión de las muestras de concreto?

Se ha verificado que para las muestras de concreto elaboradas con agregado fino de la cantera de Cunyac y agregado grueso de ½" de la cantera de Pillahuara, con el diseño de mezcla adoptado en esta investigación. Las resistencias a tracción indirecta obtenidas por las muestras de concreto con junta fría constituyen aproximadamente un 11.61 % de la resistencia a compresión (Tabla 103). Este porcentaje se encuentra

entre los límites indicados por Harmsem (8% a 15%), considerándose un aspecto de contrastación con el marco teórico.

APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

11. ¿Por qué se marcó la junta fría en las briquetas sometidas a ensayos de tracción indirecta?

Se marcó la ubicación de la junta fría en las muestras sometidas a tracción indirecta para que, al momento de ensayarlas, se puedan dibujar las líneas diametrales en los extremos de la probeta con mayor precisión y rapidez con el fin de que todas las muestras con junta fría sean ensayadas a tracción indirecta con la misma orientación.

12. ¿Por qué se halló el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la resistencia a tracción y la resistencia a compresión a los 28 días?

Se halló el coeficiente de correlación lineal de Pearson para cuantificar la relación entre la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a compresión, para conocer si existe alguna correlación lineal entre estas dos variables.

13. ¿Qué tipo de falla fue predominante en las probetas con junta fría sometidas a ensayos de resistencia a compresión?

La falla predominante en las probetas con junta fría sometidas a ensayos de resistencia a compresión es de tipo 2 (cono bien formado en un extremo con grietas verticales en un extremo), donde la rotura se produce en la zona en la que se encuentra ubicada la junta fría ya que es un plano de debilidad.

14. ¿Qué relación tienen los resultados de la resistencia a compresión y la resistencia a tracción indirecta en las muestras de concreto patrón y con junta fría a la edad de 28 días?

El coeficiente de correlación de Pearson al ser igual a 0.84 indica que entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción indirecta de las muestras, existe una correlación efectiva diferente de cero. Además, el coeficiente de determinación que es de 0.70, puede interpretarse como que la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a la tracción indirecta del mismo, comparten un 70% de elementos (esto no implica necesariamente una relación de causalidad).

Se ha determinado la ecuación de la línea de tendencia de tipo lineal donde “x” representa la resistencia a tracción indirecta y “y” representa la resistencia a compresión, identificándose una relación positiva entre ambos valores.

15. ¿Qué relación tiene el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión en las muestras con junta fría y su tiempo de formación a la edad de 28 días?

El coeficiente de correlación de Pearson al ser igual a 0.95, indica que existe una correlación efectiva diferente de cero. Además, el coeficiente de determinación que es de 0.90, puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión de las muestras con junta fría y su tiempo de formación comparten un 90% de elementos (esto no implica necesariamente una relación de causalidad).

Se ha determinado la ecuación de la línea de tendencia de tipo lineal donde “x” representa el tiempo de formación de la junta fría y “y” representa el porcentaje de disminución de la resistencia a compresión, identificándose una relación positiva entre ambos valores. Es decir, que, a mayor tiempo de formación de junta fría, se tendrá una mayor disminución de la resistencia a compresión.

La tabla 121 indica el porcentaje aproximado de disminución del f_c del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación, siendo el mayor 5.44% para el tiempo de formación de junta fría de 4 horas.

16. ¿Qué relación tiene el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta en las muestras con junta fría y su tiempo de formación a la edad de 28 días?

El coeficiente de correlación de Pearson al ser igual a 0.77 indica que existe una correlación efectiva diferente de cero. Además, el coeficiente de determinación que es de 0.60, puede interpretarse como que el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta de las muestras con junta fría y su tiempo de formación comparten un 60% de elementos (esto no implica necesariamente una relación de causalidad).



Se ha determinado la ecuación de la línea de tendencia de tipo lineal donde “x” representa el tiempo de formación de la junta fría y “y” representa el porcentaje de disminución de la resistencia a tracción indirecta, identificándose una relación positiva entre ambos valores. Es decir, que, a mayor tiempo de formación de junta fría, se tendrá una mayor disminución de la resistencia a tracción indirecta.

La tabla 128 indica el porcentaje aproximado de disminución de la resistencia a tracción indirecta del concreto con junta fría respecto a su tiempo de formación, siendo el mayor 11.01% para el tiempo de formación de junta fría de 4 horas.

ASPECTOS INESPERADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

17. ¿Por qué se realizó la determinación de la variación de diámetros en las muestras ensayadas a tracción?

A pesar de que la norma ASTM C 496 y la norma COGUANOR NTG 41017-h15 no contemplan la determinación de variación de diámetros en las muestras ensayadas, este procedimiento fue realizado ya que se considera que los diámetros no deben diferir en más de un 2% como lo indica la norma ASTM C 39 (Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto) ya que una variación mayor podría afectar los resultados del ensayo debido a que las placas de metal deben estar colocadas a lo largo de la longitud de la probeta que al tener medidas que difieran mucho, puede que toda la superficie de la muestra no entre en contacto con la máquina.

18. ¿Por qué no se determinó la variación de la resistencia a tracción de las muestras respecto al promedio?

No se determinó la variación de la resistencia a tracción indirecta de las muestras respecto al promedio debido que las normas ASTM C 496 y COGUANOR NTG 41017-h15 no lo indican ya que no se han realizado estudios entre laboratorios de este método de ensayo. La Norma Técnica Guatemalteca solo nos indica los porcentajes máximos en los que deberían

diferir la resistencia de una muestra respecto a la resistencia a tracción promedio para dos ensayos (14%) para muestras de 150x300 mm.

Ya que en esta investigación se experimentó con 3 muestras de 10x20 cm por cada grupo de muestras, no se determinó la variación respecto a la resistencia a tracción indirecta promedio.

19. ¿Por qué los testigos de concreto en los diferentes ensayos a compresión y tracción indirecta presentan pesos menores al patrón?

Los testigos de concreto con junta fría presentan una disminución de peso respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido debido a que al hacer la junta fría diagonal y colocar el concreto fresco sobre esta, el proceso de compactado se dificulta. Esto debido a que la superficie de la junta fría es inclinada y la varilla utilizada tiene que introducirse hasta más de la mitad del molde en ciertas zonas, dando como resultado un compactado menos homogéneo en comparación con una muestra patrón. Esto ocasiona que las partículas de agregado en los testigos con junta fría no se acomoden de la misma forma que en un concreto patrón, generando más espacios vacíos, en consecuencia, disminuyendo el peso de la briqueta.

20. ¿Por qué en los ensayos a compresión y tracción indirecta los testigos de concreto con menores densidades desarrollan mayores resistencias?

Este fenómeno puede deberse a pequeñas variaciones en la compactación manual de las muestras, orientación de las partículas de agregado, golpes durante el manejo de las muestras o contenido de humedad (tabla 156) que se pudieron presentar en las muestras de concreto con mayores densidades, disminuyendo su resistencia a compresión y tracción indirecta.

Según las tablas de variación de pesos y densidad de las muestras ensayadas a compresión (tablas 150, 151 y 152) y las ensayadas a tracción indirecta (tablas 153, 154 y 155), el porcentaje de variación de estos valores respecto al concreto patrón y respecto a los promedios, no supera el 3.28% en el caso más crítico. Considerándose esta una variación no muy significativa, que pudo darse por los factores mencionados en el párrafo anterior.





GLOSARIO

Absorción de agua: La cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones especificadas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo.

Adhesivo epóxico: Material compuesto por una resina y un endurecedor epóxico que se utiliza para unir concreto nuevo a concreto viejo.

Aglomerado hidráulico: Material que, al ser mezclado con agua, endurece.

Agregado fino: Conjunto de partículas inorgánicas que pasa íntegramente por el Tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N°4, quedando retenido en el Tamiz N°200.

Agregado grueso: Conjunto de partículas inorgánicas que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N°4.

Arena: Es un agregado fino, son fragmentos sueltos de rocas o minerales.

Aire atrapado: Vacío de aire no intencional, con forma irregular, en el concreto fresco o endurecido, con tamaño igual o superior a 1 mm.

Cambio de volumen: Aumento o disminución de volumen ocasionado por cualquier causa, como por ejemplo cambios de temperatura.

Cantera: Lugar de extracción de materia prima utilizada para la construcción.

Carga axial (fuerza axial): Fuerza que actúa sobre el centro axial de un objeto en la dirección del eje longitudinal, produciendo un esfuerzo uniforme.

Cemento portland: Cemento hidráulico de silicato de calcio que se produce por la pulverización del Clinker de cemento portland y normalmente también contiene sulfato de calcio y otros compuestos.

Cemento portland puzolánico: Cemento hidráulico que consiste en una mezcla íntima y uniforme de cemento portland o de cemento portland de escoria y una puzolana fina producida por la molienda conjunta del cemento portland y de la puzolana.



Compactación: Proceso de inducción de una disposición más cerca de las partículas sólidas en el concreto y mortero a través de la reducción de los vacíos, frecuentemente logrado con la vibración, el varillado, los golpes o la combinación de estos métodos.

Concreto: El concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua y agregados fino y grueso. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos, adiciones y fibra.

Concreto endurecido: Concreto en estado sólido que ya ha desarrollado cierta resistencia.

Concreto fresco: Concreto recién mezclado que todavía se encuentra en estado plástico y es trabajable.

Concreto pre-mezclado: Concreto dosificado y mezclado fuera del sitio de obra y es entregado en el área de construcción en estado fresco.

Cono de Abrams: Es un molde no absorbente en forma de cono trunco, es usado en el ensayo del cono de Abrams para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco.

Consistencia del concreto: Capacidad para fluir del concreto.

Contenido de aire: Volumen total de vacíos de aire presentes en la pasta, sea incluido, sea atrapado.

Contenido de humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Contracción: Disminución de volumen ocasionado por cualquier causa, como por ejemplo cambios de temperatura.

Control de calidad: Acciones ejecutadas para controlar las actividades realizadas, para que las normas de buenas prácticas de obra se sigan.

Curado: Proceso, a través del cual se mantienen el concreto, mortero, grout o revoque frescos, en la condición húmeda y a una temperatura favorable, por el periodo de tiempo de sus primeras etapas, a fin de que se desarrollen las



propiedades deseadas del material. El curado garantiza la hidratación y el endurecimiento satisfactorios de los materiales cementantes.

Dosificación: Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque.

Durabilidad: Capacidad del concreto de resistir la acción del intemperismo y otras condiciones como ataque químico y abrasión.

Endurecimiento del concreto: Desarrollo de rigidez del concreto en la pasta de cemento hidráulico.

Estructura monolítica: Es un tipo de estructura que tiene continuidad permanente en sí. Es decir, es una sola pieza.

Exudación (sangrado): Es el ascenso del agua de amasado de una mezcla hacia la superficie del hormigón recién vaciado causado por el asentamiento de los materiales sólidos de la mezcla.

Fraguado: Grado en el que el concreto se endurece ya que perdió su plasticidad.

Gel: Es la parte sólida de la pasta, la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

Granulometría: Distribución del tamaño de las partículas de agregado, que se determina por la separación a través de tamices normalizados.

Gravedad específica: Es la comparación de la densidad de una sustancia con la densidad del agua.

Hidratación: Es la reacción entre el cemento hidráulico y el agua, a través de la cual se forman nuevos compuestos que confieren resistencia al concreto, mortero, grout y revoque.

Junta de hormigonado: Es la unión que se debe realizar durante el hormigonado para mantener la continuidad monolítica de dos secciones contiguas cuando se ha producido una interrupción que supera el período plástico del hormigón.



Junta fría: Es un plano de debilidad o discontinuidad que se forma cuando un lote de concreto endurece antes que el siguiente lote sea vaciado encima.

Losa: Es un elemento estructural que sirve como soporte para las cargas de ocupación como cargas vivas y cargas muertas.

Masa específica: Masa por unidad de volumen, peso por unidad de volumen al aire, por ejemplo, en kg/m³

Masa unitaria (masa volumétrica, densidad): Masa volumétrica del concreto fresco o del agregado, que normalmente se determina pesándose un volumen conocido de concreto o agregado (la densidad a granel o suelta de los agregados incluye los vacíos entre las partículas).

Material cementante: Producto que tiene la capacidad de unir piezas.

Medio ligante (pasta): Resultado de la combinación química del cemento y el agua, considerado como fase continua del concreto.

Mixer: Es un camión mezclador equipado con un trompo que permite transportar el concreto fresco.

Módulo de finura (MF): Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.

Plasticidad: Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque frescos que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.

Preparado in-situ de concreto: Concreto dosificado y mezclado en el sitio de obra.

Puente de adherencia: Producto que le da continuidad al proceso de fundición de una obra en construcción, porque este no se puede hacer de una forma constante y con este producto se puede dar continuidad monolítica.

Puzolana: Materiales silíceos o aluminosos, tales como la ceniza volante o el humo de sílice, que al estar finamente molidos y en presencia de



agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas normales, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Relación agua-cemento: Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

Resistencia a compresión: Resistencia máxima que una probeta de concreto, mortero o grout puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como mega pascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.2 o psi).

Resistencia a tracción: Resistencia máxima que tiene una probeta de concreto cuando es sometida a solicitaciones de tracción axial, los especímenes son pegados de los extremos con resinas epóxicas a dos placas de acero que contienen varillas de tracción que se sujetan a los cabezales de una máquina de ensayos de tracción convencional.

Resistencia a tracción indirecta: Resistencia máxima que tiene una probeta de concreto cuando es sometida a la aplicación de una fuerza de compresión diametral en el sentido longitudinal de una probeta cilíndrica de hormigón a una velocidad dentro de un rango establecido hasta que se produzca la falla.

Revenimiento: Medida de consistencia del concreto fresco, igual al asentamiento inmediato de una probeta moldeada con un cono normalizado.

Segregación: Es la separación de los componentes del concreto fresco una vez amasado provocando que la distribución de sus partículas no sea uniforme ya que los materiales sólidos se asientan.

Slump: Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco en laboratorio como en campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto en un molde en forma de cono trunco y de acuerdo a procedimientos tales como medidas de desnivel con referencia al molde de cono trunco establecer valores que servirán para encontrar el asentamiento.

Tiempo de formación de junta: Tiempo que transcurre entre la colocación del concreto sobre el que se ha fundido inicialmente



Trabajabilidad: Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, consolidación, acabado y el grado que resiste a la segregación.

Vaciado incompleto: Vaciado de un elemento que no pudo ser completado como se tenía programado inicialmente.

Vacíos de aire: Vacíos de aire atrapado (aire ocluido) o burbujas de aire incluido en el concreto, mortero o grout. Los vacíos atrapados normalmente tienen un diámetro mayor que 1 mm y los vacíos incluidos son menores. La mayoría de los vacíos atrapados se debe remover a través de vibración interna, plantillas vibratorias o varilladas.

Vibración: Agitación de alta frecuencia del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.

Viga: Es un elemento estructural generalmente horizontal que soporta y transmite las cargas transversales a las que está sometido hacia los elementos de apoyo.



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

Se logró comprobar la hipótesis general que dice: *“La junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 3 y 4 horas en los testigos de concreto $f'c=210$ kg/cm² a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac disminuye la resistencia a compresión y tracción del concreto con junta fría con respecto al concreto patrón”*. Debido a que los resultados de los ensayos de resistencia a compresión y resistencia a tracción indirecta, reflejados en las figuras 122, 124, 126, 134, 136 y 138, revelan que los valores alcanzados por las muestras con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 3 y 4 horas, fueron inferiores a los alcanzados por el concreto patrón en los ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días.

CONCLUSIÓN N°1

Se logró demostrar parcialmente la sub hipótesis N°1: *“Los testigos de concreto $f'c=210$ kg/cm² con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 3 y 4 horas a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac presentan disminución en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido. Esta reducción es mayor conforme aumente el tiempo de interrupción de mezcla y la edad del concreto sea menor. La correlación entre la resistencia a compresión de las muestras y el tiempo de formación de la junta fría es positiva”*. Debido a que los resultados reflejados en las figuras 123, 125 y 127, en los ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días, indican que, en las muestras de concreto con junta fría con tiempos de formación de 1, 2, 3 y 4 horas, la disminución de la resistencia a compresión es mayor a medida que aumenta el tiempo de interrupción de la mezcla. Sin embargo, en las muestras con tiempo de formación de 1 $\frac{1}{2}$ horas, presentan una menor disminución de su resistencia que las muestras con junta fría de 1 hora de formación.

Como se refleja en las figuras 129, 130, 131, 132 y 133, la disminución de la resistencia a compresión es menor a medida que aumenta la edad del concreto en las muestras con junta fría con tiempos de formación de 2 y 4 horas. Mientras



que, para las muestras con tiempos de formación de 1, 1 ½ y 3 horas, la disminución de la resistencia a compresión fue menor a los 14 días, pero aumentó a los 28 días.

La correlación entre la resistencia a compresión de las muestras con junta fría y el tiempo de formación de la junta fría es positiva y efectiva, para edades de concreto de 7, 14 y 28 días.

CONCLUSIÓN N°2

Se logró demostrar parcialmente la hipótesis N°2: *“Los testigos de concreto $f'c=210$ kg/cm² con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ½, 2, 3 y 4 horas a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac presentan disminución en la resistencia a tracción con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido. Esta reducción es mayor conforme aumente el tiempo de interrupción de mezcla y la edad del concreto sea menor. La correlación entre la resistencia a tracción de las muestras y el tiempo de formación de la junta fría es positiva”*. Debido a que los resultados reflejados en las figuras 135, 137 y 139, en los ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días, indican que, en las muestras de concreto con junta fría con tiempos de formación de 1, 1 ½, 2, 3 y 4 horas, la disminución de la resistencia a tracción indirecta, no es mayor a medida que aumenta el tiempo de interrupción de la mezcla.

Sin embargo, como se refleja en las figuras 141, 142, 143, 144 y 145, la disminución de la resistencia a tracción indirecta es menor a medida que aumenta la edad del concreto solo en las muestras con junta fría con 4 horas de formación. Mientras que, para las muestras con tiempos de formación de 1, 1 ½, 2 y 3 horas, la disminución de la resistencia a tracción indirecta no fue menor al aumentar la edad del concreto.

La correlación entre la resistencia a tracción de las muestras con junta fría y el tiempo de formación de la junta fría es positiva y efectiva, para edades de concreto de 7, 14 y 28 días.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones asociadas a otras investigaciones

Recomendación N°1:

Se recomienda analizar la influencia de la junta fría en el concreto en su durabilidad ante la penetración de sustancias indeseables que atacan el concreto.

Recomendación N°2:

Se recomienda analizar la influencia de la junta fría horizontal y vertical en la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto para resistencias iguales o mayores a 210 kg/cm² y con tiempos de formación más largos. Ya que la influencia en las propiedades mencionadas será más visible.

Recomendación N°3:

Se recomienda analizar el módulo de rotura en viguetas y el módulo de elasticidad en muestras de concreto con junta fría diagonal, horizontal y vertical con diferentes tiempos de formación, para concretos iguales o mayores a 210 kg/cm².

Recomendación N°4:

Se recomienda analizar el comportamiento de las viguetas de concreto ante ensayos de resistencia a flexión, para conocer mejor la conducta del concreto con presencia de junta fría con diferentes tipos de orientación y tiempos de formación.

Recomendación N°5:

Se recomienda realizar investigaciones que permitan determinar la resistencia a compresión media requerida del concreto (f'_{cr}) durante el diseño de mezcla con un factor de seguridad que permita que alcance la resistencia a compresión especificada (f'_c) aún si se tiene la presencia de juntas frías en el elemento, creadas durante el vaciado en una jornada laboral.

**Recomendaciones para trabajos en laboratorio****Recomendación N°6:**

El agregado fino de Cunyac no cumple con la granulometría especificada en la NTP 400.037, por lo cual se recomienda modificar el agregado por tamizado o mezclarlo con otros agregados para que cumpla lo que establece la norma.

Recomendación N°7:

Si se elaborarán muestras de concreto de 10X20 cm, se recomienda no utilizar agregado grueso con tamaño superior a $\frac{3}{4}$ " ya que podría provocar cangrejas y dificultades para compactar la mezcla en los moldes.

Recomendación N°8:

En caso se realicen más investigaciones sobre la influencia de la junta fría en las propiedades del concreto, se recomienda que, al momento de desencofrar las muestras, se marque la zona donde está la junta fría, para facilitar su posicionamiento durante ensayos como resistencia a tracción y a flexión. Marcar la posición de la junta fría en la probeta también es de mucha utilidad al analizar el tipo de falla de una probeta sometida a compresión.

Recomendación N°9:

Si se realizarán investigaciones sobre el concreto con junta fría, se recomienda no utilizar muestras cilíndricas de 10X20 cm ya que a pesar de cumplir con la Norma ASTM C 470 (Especificaciones Normalizadas para la fabricación de los moldes para ensayos de hormigón), dificultan el compactado de la segunda capa de concreto. Por lo tanto es preferible utilizar muestras de mayor dimensión.

Recomendación N°10:

Se recomienda tener cuidado durante el manejo de las muestras, aún después del fraguado de las mismas, ya que como se indica en la tabla 156, un manejo no cuidadoso puede ser causa de variación en los resultados de las resistencias a compresión y tracción.

Recomendaciones de ejercicio profesional

**Recomendación N°11:**

Se recomienda evitar la formación de juntas frías durante los vaciados de concreto, ya que además de generar disminución de la resistencia a compresión y tracción, crean una zona vulnerable en el concreto, facilitando el ingreso de sustancias nocivas para el concreto y alterando el tipo de falla.

Recomendación N°12:

Se recomienda, en caso de que se presente la posibilidad de la formación de una junta fría, se tomen las acciones pertinentes para formar una junta de hormigonado, que garantice la adherencia del concreto nuevo con el viejo. Minimizando el daño que pueda causar la interrupción del vaciado.

Recomendaciones para la Universidad Andina del Cusco**Recomendación N°13:**

Se recomienda la adquisición de las normas peruanas de resistencia a compresión y tracción por hendimiento para brindar mayor información y material de apoyo en laboratorio a los alumnos de nuestra casa de estudios.

Recomendación N°14:

Se recomienda la adquisición de las normas ACI 211 para diseño de mezclas, para proporcionar mayor información a los alumnos sobre el diseño de mezcla con diferentes tipos de agregado, sean normales, pesados o ligeros.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Mexicano del cemento y del concreto. (2010). *El concreto en obra, problemas, causas y soluciones*. México D.F.
- ASTM C 496. (1996). *Método de ensayo normalizado para determinar la tracción por hendimiento de las probetas cilíndricas del hormigón*.
- Norma Mexicana NMX C-170-ONNCCE. (1997). *Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en campo al tamaño requerido de las pruebas*.
- Norma Técnica Peruana 400.017. (1999). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.010. (2001). *Extracción y preparación de muestras*.
- Norma Técnica Peruana 400.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 339.034. (2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.021. (2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima.
- Norma Técnica Peruana 339.185. (2002). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana 400.037. (2002). *Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón*. Lima, Perú.
- Norma E.060 Concreto Armado. (23 de Mayo de 2006). Perú: El Peruano.
- Supervisión de Obras*. (2015). Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.



- Abanto, F. (1996). *Tecnología del concreto (Teoría y Problemas)*. Lima: San Marcos.
- ACI Committee 224. (2001). *Joints in Concrete Construction*.
- Alcazar Morales, G. (2014). *Evaluación comparativa de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura de un concreto elaborado con agregados de Vicho, Cunyac y cemento portland tipo IP, utilizando puente de adherencia frente a un concreto tradicional ...*. Cusco: Universidad Andina del cusco.
- Aragón Masís, S. (2006). *Manual de elaboración de concreto en obra*. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto.
- Arriaza Balmón, M. (s.f.). *Guía práctica de análisis de datos*. España: Instituto de investigación y formación agraria y pesquera.
- ASTM C 192. (s.f.). *Práctica normalizada para la preparación y curado de las muestras de ensayo de hormigón en laboratorio*.
- ASTM C 33. (s.f.). *Especificación normalizada de agregados para concreto*.
- ASTM C 39. (s.f.). *Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto*.
- ASTM C 470. (s.f.). *Especificaciones normalizadas para la fabricación de los moldes para ensayos de hormigón*.
- Bernal de León, C. (2014). *Evaluación del aporte que proporciona el concreto para el diseño estructural de columnas con presencia de juntas frías*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Camacho Martínez, C. (s.f.). *Análisis de datos en psicología*. Recuperado el 10 de febrero de 2017, de <http://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>
- Carrasco, F. (s.f.). *Tecnología del hormigón*. Santa Fe: Universidad Tecnológica Nacional.



- Castillo Fernández, G. (2008). *Comportamiento de juntas de hormigonado a los esfuerzos de compresión y flexotracción en hormigones H30,H25 y h20*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- De las Casas Pasquel, J. (1966). *Comentarios sobre concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Díaz Vilca, M. (2010). *Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- González Cuevas, O., & Robles Fernandez, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México D.F.: Limusa S.A.
- Gutierrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hamón, M. C. (2009). *Propuesta de un manual de documentación de juntas en elementos de concreto armado*. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta.
- Harmsen, T. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Baptista Lucio, P., & Fernández Collado, C. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- <http://seminarios de investigación.com/niveles-de-investigación/>. (s.f.). Obtenido de Niveles de investigación - Seminarios de investigación científica.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois: Portland Cement Association.
- Laura Huanca, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mc Cormac. (2004). *Diseño de concreto reforzado*.
- Millones Prado, A. (2008). *Concreto de alta densidad con superplastificante*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.



- Norma Chilena Oficial NCh 170. (1985). *Hormigón - Requisitos Generales*. Instituto Nacional de la Normalización.
- Norma Técnica Guatemalteca 41017-h15. (s.f.). *Determinación de la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto*.
- Norma Técnica Peruana 400.022. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado fino*.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de la Tecnología de Concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Rathi, V., & Kolase, P. (2013). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. IJIRSET.
- Rivva López, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva López, E. (2014). *Materiales para el concreto*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva López, E. (2014). *Supervisión del concreto en obra*. Lima: Instituto de la Construcción y gerencia.
- ASTM C 143. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para sentamiento de concreto de cemento hidráulico*.
- ASTM D 75. (s.f.). *Práctica normativa para el muestreo de agregados*.
- Sales de Lopez. (2005). *Estadística del conteo Radiactivo*. Tucumán: UNT.
- Sánchez de Guzmán, D. (1996). *Tecnología del concreto y del mortero*. Brandar Editores.
- SENCICO. (2006).
- Suprenant, B., & Basham, K. (1993). *Placing and vibrating poured concrete walls*. Concrete construction.



Torre, T. J. (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto*. Lima: SENCICO.

Torres Palacio, A. F. (2014). *Simulación numérica del efecto de las juntas frías en la resistencia pico de cilindros normalizados de concreto*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Torres, A., & Botia, A. (2010). *Análisis de la formación de juntas frías y su compromiso con la resistencia de cilindros normalizados de concreto*. Bogotá .

YURA S.A. (2014). *Ficha técnica del cemento Portland Puzolánico Tipo IP*. Perú.

ANEXOS

Tabla 144: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a compresión a los 7 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)
C	P	A	7	Patrón	7	10.19	20.85	3936.00	14610	179.24	184.91
C	P	B	7	Patrón	7	10.16	20.85	3932.30	15480	191.13	
C	P	C	7	Patrón	7	10.21	20.95	3955.40	15080	184.37	
C	1	A	7	1	7	10.20	20.80	3923.90	13140	160.89	179.09
C	1	B	7	1	7	10.19	20.80	3918.70	15070	184.97	
C	1	C	7	1	7	10.19	20.85	3928.60	15610	191.41	
C	1.5	A	7	1 ½	7	10.19	20.90	3875.00	13780	169.14	179.14
C	1.5	B	7	1 ½	7	10.17	20.85	3891.40	15510	191.12	
C	1.5	C	7	1 ½	7	10.16	20.80	3906.80	14370	177.16	
C	2	A	7	2	7	10.16	21.00	3940.20	13140	162.16	174.72
C	2	B	7	2	7	10.17	20.95	3937.60	14210	175.10	
C	2	C	7	2	7	10.15	20.85	3922.80	15130	186.90	
C	3	A	7	3	7	10.22	20.90	3922.20	15590	190.04	173.78
C	3	B	7	3	7	10.18	20.95	3930.50	13250	162.71	
C	3	C	7	3	7	10.17	20.95	3907.80	13680	168.57	
C	4	A	7	4	7	10.13	20.90	3914.30	14790	183.51	172.76
C	4	B	7	4	7	10.15	20.90	3872.80	14280	176.57	
C	4	C	7	4	7	10.15	20.85	3868.20	12800	158.19	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 145: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a compresión a los 14 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm2)	F'c promedio (kg/cm2)
C	P	A	14	Patrón	14	10.19	20.90	3903.80	16530	202.69	210.33
C	P	B	14	Patrón	14	10.22	20.95	3912.90	18110	220.76	
C	P	C	14	Patrón	14	10.20	20.85	3871.70	16950	207.54	
C	1	A	14	1	14	10.15	20.85	3955.70	16270	201.08	207.63
C	1	B	14	1	14	10.14	20.80	3913.70	18090	224.12	
C	1	C	14	1	14	10.17	20.95	3951.70	16050	197.68	
C	1.5	A	14	1 ½	14	10.16	20.90	3890.50	17680	218.29	207.67
C	1.5	B	14	1 ½	14	10.17	20.95	3913.30	15880	195.68	
C	1.5	C	14	1 ½	14	10.16	20.85	3871.10	16930	209.03	
C	2	A	14	2	14	10.13	20.95	3927.20	16550	205.25	202.42
C	2	B	14	2	14	10.15	20.85	3929.00	17590	217.61	
C	2	C	14	2	14	10.12	20.90	3929.00	14840	184.40	
C	3	A	14	3	14	10.18	20.80	3896.20	15680	192.74	202.26
C	3	B	14	3	14	10.17	21.00	3943.70	16380	201.84	
C	3	C	14	3	14	10.17	21.00	3960.70	17230	212.21	
C	4	A	14	4	14	10.17	20.85	3903.50	15680	193.03	197.21
C	4	B	14	4	14	10.17	20.90	3934.40	15470	190.53	
C	4	C	14	4	14	10.17	20.85	3904.80	16910	208.06	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 146: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a compresión a los 28 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación de junta (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Fuerza Puntual (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c promedio (kg/cm ²)
C	P	A	28	Patrón	28	10.17	20.95	3902.00	21680	267.15	258.60
C	P	B	28	Patrón	28	10.19	20.95	3896.20	20910	256.40	
C	P	C	28	Patrón	28	10.17	20.90	3951.80	20490	252.24	
C	1	A	28	1	28	10.16	20.75	3920.80	21170	261.12	252.98
C	1	B	28	1	28	10.15	20.80	3882.50	20190	249.77	
C	1	C	28	1	28	10.16	20.70	3896.80	20120	248.05	
C	1 1/2	A	28	1 1/2	28	10.17	20.85	3788.10	21280	262.22	253.10
C	1 1/2	B	28	1 1/2	28	10.18	20.85	3875.20	20010	246.09	
C	1 1/2	C	28	1 1/2	28	10.17	20.95	3850.30	20390	251.01	
C	2	A	28	2	28	10.17	20.85	3865.00	20980	258.40	248.94
C	2	B	28	2	28	10.17	20.85	3850.30	19960	245.71	
C	2	C	28	2	28	10.15	20.90	3885.00	19630	242.72	
C	3	A	28	3	28	10.15	20.80	3813.00	19170	236.80	246.68
C	3	B	28	3	28	10.17	20.95	3869.80	20390	250.88	
C	3	C	28	3	28	10.16	20.90	3830.80	20450	252.37	
C	4	A	28	4	28	10.16	20.80	3840.90	19960	246.08	246.21
C	4	B	28	4	28	10.17	20.85	3844.00	19420	238.95	
C	4	C	28	4	28	10.17	20.85	3835.10	20580	253.60	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 147: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a tracción indirecta a los 7 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	7	Patrón	7	10.17	20.95	3909.30	7930	23.69	21.87
T	P	B	7	Patrón	7	10.21	20.95	3923.80	7670	22.84	
T	P	C	7	Patrón	7	10.19	20.85	3933.90	6370	19.09	
T	1	A	7	1	7	10.18	20.95	3956.90	6220	18.57	20.07
T	1	B	7	1	7	10.19	20.95	3939.00	6020	17.96	
T	1	C	7	1	7	10.16	20.85	3953.10	7880	23.69	
T	1.5	A	7	1 1/2	7	10.18	20.90	3903.80	6450	19.29	21.58
T	1.5	B	7	1 1/2	7	10.17	20.90	3892.20	7820	23.42	
T	1.5	C	7	1 1/2	7	10.17	20.95	3914.40	7370	22.02	
T	2	A	7	2	7	10.16	20.95	3946.80	6850	20.48	20.53
T	2	B	7	2	7	10.17	20.85	3918.70	6070	18.23	
T	2	C	7	2	7	10.16	20.95	3935.40	7650	22.87	
T	3	A	7	3	7	10.20	20.95	3932.80	5730	17.07	19.83
T	3	B	7	3	7	10.21	20.85	3907.60	6980	20.88	
T	3	C	7	3	7	10.19	20.95	3948.10	7220	21.54	
T	4	A	7	4	7	10.16	20.95	3880.50	5890	17.63	19.74
T	4	B	7	4	7	10.16	20.95	3905.30	7330	21.92	
T	4	C	7	4	7	10.16	20.95	3860.60	6580	19.68	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 148: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a tracción indirecta a los 14 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	14	Patrón	14	10.18	20.85	3905.50	8730	26.18	24.83
T	P	B	14	Patrón	14	10.19	20.80	3904.30	7850	23.59	
T	P	C	14	Patrón	14	10.18	20.90	3900.00	8260	24.71	
T	1	A	14	1	14	10.17	20.95	3957.50	8180	24.45	23.86
T	1	B	14	1	14	10.16	20.85	3924.90	6970	20.94	
T	1	C	14	1	14	10.17	20.75	3939.50	8680	26.19	
T	1.5	A	14	1 1/2	14	10.15	20.95	3931.20	7580	22.70	24.68
T	1.5	B	14	1 1/2	14	10.15	20.90	3936.70	8830	26.50	
T	1.5	C	14	1 1/2	14	10.14	20.90	3927.60	8270	24.84	
T	2	A	14	2	14	10.16	20.95	3898.20	7940	23.75	22.95
T	2	B	14	2	14	10.16	20.90	3935.00	8230	24.67	
T	2	C	14	2	14	10.13	20.95	3927.50	6810	20.42	
T	3	A	14	3	14	10.16	20.95	3925.90	8310	24.86	23.85
T	3	B	14	3	14	10.17	21.00	3960.80	7980	23.79	
T	3	C	14	3	14	10.18	20.95	3947.70	7670	22.90	
T	4	A	14	4	14	10.18	20.85	3904.80	7580	22.74	22.73
T	4	B	14	4	14	10.17	20.90	3885.10	7050	21.12	
T	4	C	14	4	14	10.18	20.85	3882.30	8110	24.33	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 149: Nombre y datos obtenidos de las muestras sometidas a tracción indirecta a los 28 días

Nombre de la muestra				Tiempo de formación (horas)	Edad (días)	Diámetro promedio	Altura promedio (cm)	Peso (Gr)	Carga aplicada (kg)	T (kg/cm ²)	T promedio (kg/cm ²)
T	P	A	28	Patrón	28	10.17	20.90	3920.30	9320	27.91	30.75
T	P	B	28	Patrón	28	10.15	20.80	3926.40	10520	31.71	
T	P	C	28	Patrón	28	10.17	20.90	3926.30	10890	32.62	
T	1	A	28	1	28	10.17	20.90	3865.20	9690	29.03	29.48
T	1	B	28	1	28	10.17	20.85	3865.50	8730	26.21	
T	1	C	28	1	28	10.18	20.85	3835.10	11060	33.19	
T	1.5	A	28	1 ½	28	10.17	20.95	3850.10	9180	27.44	30.42
T	1.5	B	28	1 ½	28	10.17	20.95	3875.20	11030	32.95	
T	1.5	C	28	1 ½	28	10.17	20.95	3860.10	10330	30.88	
T	2	A	28	2	28	10.15	20.85	3845.50	10460	31.46	29.34
T	2	B	28	2	28	10.14	20.80	3855.10	9850	29.74	
T	2	C	28	2	28	10.16	20.85	3830.00	8930	26.84	
T	3	A	28	3	28	10.17	20.95	3887.40	9460	28.28	26.49
T	3	B	28	3	28	10.16	20.95	3885.60	8950	26.78	
T	3	C	28	3	28	10.15	21.00	3894.60	8170	24.40	
T	4	A	28	4	28	10.18	20.85	3909.00	8680	26.05	28.25
T	4	B	28	4	28	10.17	20.85	3842.70	9580	28.75	
T	4	C	28	4	28	10.17	20.80	3882.10	9950	29.95	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 150: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a compresión a los 7 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m3)	F'c (kg/cm2)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom. del C° patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C° patrón
C	P	A	7	3936.00	2315.92	179.24	3941.23	0.13	2317.60	0.07
C	P	B	7	3932.30	2328.58	191.13		0.23		-0.47
C	P	C	7	3955.40	2308.29	184.37		-0.36		0.40
C	1	A	7	3923.90	2309.82	160.89	3923.73	0.44	2310.89	0.34
C	1	B	7	3918.70	2312.42	184.97		0.57		0.22
C	1	C	7	3928.60	2310.43	191.41		0.32		0.31
C	1 1/2	A	7	3875.00	2275.69	169.14	3891.07	1.68	2297.05	1.81
C	1 1/2	B	7	3891.40	2299.83	191.12		1.26		0.77
C	1 1/2	C	7	3906.80	2315.62	177.16		0.87		0.09
C	2	A	7	3940.20	2315.45	162.16	3933.53	0.03	2318.52	0.09
C	2	B	7	3937.60	2316.02	175.10		0.09		0.07
C	2	C	7	3922.80	2324.10	186.90		0.47		-0.28
C	3	A	7	3922.20	2287.66	190.04	3920.17	0.48	2296.69	1.29
C	3	B	7	3930.50	2303.91	162.71		0.27		0.59
C	3	C	7	3907.80	2298.50	168.57		0.85		0.82
C	4	A	7	3914.30	2323.80	183.51	3885.10	0.68	2302.64	-0.27
C	4	B	7	3872.80	2291.24	176.57		1.74		1.14
C	4	C	7	3868.20	2292.88	158.19		1.85		1.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 151: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a compresión a los 14 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m3)	F'c (kg/cm2)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom del C°patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C°patrón
C	P	A	14	3903.80	2290.36	202.69	3896.13	-0.20	2280.26	-0.44
C	P	B	14	3912.90	2276.79	220.76		-0.43		0.15
C	P	C	14	3871.70	2273.62	207.54		0.63		0.29
C	1	A	14	3955.70	2344.74	201.08	3940.37	-1.53	2333.03	-2.83
C	1	B	14	3913.70	2331.16	224.12		-0.45		-2.23
C	1	C	14	3951.70	2323.17	197.68	3891.63	-1.43	2297.46	-1.88
C	1 1/2	A	14	3890.50	2298.31	218.29		0.14		-0.79
C	1 1/2	B	14	3913.30	2301.73	195.68		-0.44		-0.94
C	1 1/2	C	14	3871.10	2292.34	209.03	3928.40	0.64	2330.65	-0.53
C	2	A	14	3927.20	2324.75	205.25		-0.80		-1.95
C	2	B	14	3929.00	2331.21	217.61		-0.84		-2.23
C	2	C	14	3929.00	2335.99	184.40	3933.53	-0.84	2313.18	-2.44
C	3	A	14	3896.20	2302.53	192.74		0.00		-0.98
C	3	B	14	3943.70	2314.09	201.84		-1.22		-1.48
C	3	C	14	3960.70	2322.92	212.21	3914.23	-1.66	2309.20	-1.87
C	4	A	14	3903.50	2304.71	193.03		-0.19		-1.07
C	4	B	14	3934.40	2318.54	190.53		-0.98		-1.68
C	4	C	14	3904.80	2304.34	208.06		-0.22		-1.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 152: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a compresión a los 28 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	F'c (kg/cm ²)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom del C°patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C°patrón
C	P	A	28	3902.00	2295.08	267.15		0.37		0.26
C	P	B	28	3896.20	2280.44	256.40		0.52		0.90
C	P	C	28	3951.80	2327.65	252.24		-0.90		2301.06
C	1	A	28	3920.80	2330.66	261.12	3900.03	-0.11		-1.29
C	1	B	28	3882.50	2309.16	249.77		0.87		-0.35
C	1	C	28	3896.80	2320.85	248.05		0.51		2320.22
C	1 1/2	A	28	3788.10	2238.78	262.22	3837.87	3.28		2.71
C	1 1/2	B	28	3875.20	2285.75	246.09		1.06		0.67
C	1 1/2	C	28	3850.30	2262.45	251.01		1.69		2262.33
C	2	A	28	3865.00	2283.10	258.40	3866.77	1.32		0.78
C	2	B	28	3850.30	2273.30	245.71		1.69		1.21
C	2	C	28	3885.00	2298.46	242.72		0.81		2284.95
C	3	A	28	3813.00	2264.48	236.80	3837.87	2.65		1.59
C	3	B	28	3869.80	2272.79	250.88		1.20		1.23
C	3	C	28	3830.80	2261.93	252.37		2.19		2266.40
C	4	A	28	3840.90	2276.56	246.08	3840.00	1.93		1.06
C	4	B	28	3844.00	2268.46	238.95		1.86		1.42
C	4	C	28	3835.10	2266.55	253.60		2.08		2270.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 153: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a tracción indirecta a los 7 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m3)	T (kg/cm2)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom del C°patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C°patrón
T	P	A	7	3909.30	2297.12	23.69	3922.33	0.33	2300.17	0.13
T	P	B	7	3923.80	2289.85	22.84		-0.04		0.45
T	P	C	7	3933.90	2313.55	19.09		-0.29		-0.58
T	1	A	7	3956.90	2320.52	18.57	3949.67	-0.88	2323.06	-0.88
T	1	B	7	3939.00	2307.76	17.96		-0.42		-0.33
T	1	C	7	3953.10	2340.90	23.69		-0.78		-1.77
T	1 1/2	A	7	3903.80	2293.73	19.29	3903.47	0.47	2295.09	0.28
T	1 1/2	B	7	3892.20	2292.54	23.42		0.77		0.33
T	1 1/2	C	7	3914.40	2298.98	22.02		0.20		0.05
T	2	A	7	3946.80	2322.58	20.48	3933.63	-0.62	2317.76	-0.97
T	2	B	7	3918.70	2314.82	18.23		0.09		-0.64
T	2	C	7	3935.40	2315.87	22.87		-0.33		-0.68
T	3	A	7	3932.80	2297.35	17.07	3929.50	-0.27	2300.59	0.12
T	3	B	7	3907.60	2291.33	20.88		0.38		0.38
T	3	C	7	3948.10	2313.09	21.54		-0.66		-0.56
T	4	A	7	3880.50	2286.94	17.63	3882.13	1.07	2286.40	0.58
T	4	B	7	3905.30	2299.29	21.92		0.43		0.04
T	4	C	7	3860.60	2272.97	19.68		1.57		1.18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 154: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a tracción indirecta a los 14 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m ³)	T (kg/cm ²)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom del C°patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C°patrón
T	P	A	14	3905.50	2301.36	26.18	3903.27	-0.06	2298.93	-0.11
T	P	B	14	3904.30	2303.92	23.59		-0.03		-0.22
T	P	C	14	3900.00	2291.50	24.71		0.08		0.32
T	1	A	14	3957.50	2326.58	24.45	3940.63	-1.39	2328.18	-1.20
T	1	B	14	3924.90	2320.77	20.94		-0.55		-0.95
T	1	C	14	3939.50	2337.17	26.19		-0.93		-1.66
T	1 1/2	A	14	3931.20	2321.38	22.70	3931.83	-0.72	2325.08	-0.98
T	1 1/2	B	14	3936.70	2327.90	26.50		-0.86		-1.26
T	1 1/2	C	14	3927.60	2325.95	24.84		-0.62		-1.18
T	2	A	14	3898.20	2295.11	23.75	3920.23	0.13	2314.12	0.17
T	2	B	14	3935.00	2322.32	24.67		-0.81		-1.02
T	2	C	14	3927.50	2324.93	20.42		-0.62		-1.13
T	3	A	14	3925.90	2312.55	24.86	3944.80	-0.58	2316.51	-0.59
T	3	B	14	3960.80	2321.84	23.79		-1.47		-1.00
T	3	C	14	3947.70	2315.13	22.90		-1.14		-0.70
T	4	A	14	3904.80	2300.95	22.74	3890.73	-0.04	2292.71	-0.09
T	4	B	14	3885.10	2288.36	21.12		0.47		0.46
T	4	C	14	3882.30	2288.82	24.33		0.54		0.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 155: Porcentaje de variación del peso y la densidad respecto al concreto patrón de las muestras de concreto ensayadas a tracción indirecta a los 28 días

Nombre de la muestra				Peso (Gr)	Densidad (kg/m3)	T (kg/cm2)	Peso Promedio	% de variación del peso respecto al prom del C°patrón	Densidad Promedio	% de variación de la densidad respecto al prom del C°patrón
T	P	A	28	3920.30	2307.96	27.91	3924.33	0.10	2317.47	0.41
T	P	B	28	3926.40	2331.82	31.71		-0.05		-0.62
T	P	C	28	3926.30	2312.63	32.62		-0.05		0.21
T	1	A	28	3865.20	2277.76	29.03	3855.27	1.51	2274.04	1.71
T	1	B	28	3865.50	2282.27	26.21		1.50		1.52
T	1	C	28	3835.10	2262.10	33.19		2.27		2.39
T	1 1/2	A	28	3850.10	2264.56	27.44	3861.80	1.89	2270.32	2.28
T	1 1/2	B	28	3875.20	2275.96	32.95		1.25		1.79
T	1 1/2	C	28	3860.10	2270.44	30.88		1.64		2.03
T	2	A	28	3845.50	2278.30	31.46	3843.53	2.01	2280.11	1.69
T	2	B	28	3855.10	2296.26	29.74		1.76		0.92
T	2	C	28	3830.00	2265.77	26.84		2.40		2.23
T	3	A	28	3887.40	2286.50	28.28	3889.20	0.94	2289.49	1.34
T	3	B	28	3885.60	2289.94	26.78		0.99		1.19
T	3	C	28	3894.60	2292.04	24.40		0.76		1.10
T	4	A	28	3909.00	2305.69	26.05	3877.93	0.39	2290.70	0.51
T	4	B	28	3842.70	2267.70	28.75		2.08		2.15
T	4	C	28	3882.10	2298.72	29.95		1.08		0.81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 156: Variables que influyen en la resistencia de las muestras de concreto.

ÍTEM	CAUSA BÁSICA	CAUSA DE VARIACIÓN	POSIBILIDAD DE OCURRENCIA	EFFECTO DE LA RESISTENCIA
ENSAYO				
36	 Manejo y muestreo de los especímenes	Segregación	Transporte y manejo	Planos de falla
37		Cambios en los componentes	Cuando hay retemplado	Imposible de estimar
38		Muestreo	Diferentes sitios	Puede ser apreciable
39		Exudación	Mezclas con poca agua	Generalmente pequeño
40		Compactación manual	Mezclas secas	Considerable, excede el 50%
41	 Compactación de los especímenes	Vibración	Sobrevibración	Segregación en los especímenes
42		Golpe	Manejo después del fraguado	Inducción de fisuras
43		Orientación de partículas	Planos de falla	Partículas planas - 40%
44		Tamizado húmedo	Concreto masivo	Aumenta con el tamizado
45	 Tamaño y forma de especímenes	Tamaño del espécimen	Moldes no normalizados	Decrece con el tamaño
46		Relación altura - diámetro	Moldes no normalizados	Decrece con el incremento de la relación
47		Forma	Cubo o cilindro	Menor en cubos
48		Moldes Irregulares	Moldes no normalizados	Carga no axial
49		Secado exterior	Primeras 24 horas	Pequeño
50	 Curado de los especímenes	Humedad de curado	No hay curado	Decrece considerablemente
51		Temperatura Inicial	Condiciones de congelamiento	Infrecuente
52		Temperatura	Curado en invierno	Variación considerable
53		Edad	Comparable a la misma edad	Incremento continuo
54		Contenido de humedad	Con especímenes secos	40% de diferencia
55		Tapas planas	Falla muy común	Concavidad 30%, Convexo 50%
56	 Refrentado de los especímenes	Material de refrentado	No apropiado	Puede ser apreciable
57		Ejes del espécimen	Problema técnico	Generalmente Pequeño
58		Cojinete de carga	Dependiente del laboratorio	Puede ser considerable
59	 Máquina de ensayo	Centramiento	Dependiente del laboratorio	Puede ser apreciable
60		Velocidad de carga	Dependiente del laboratorio	Generalmente pequeño

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero (1996)

Figura 156: Agregado grueso de 1/2" lavado por la malla N°4 de la cantera de Pillahuara



Fuente: Elaboración propia

Figura 157: Ensayo del cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Figura 158: Determinación del revenimiento con el ensayo del cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Figura 159: Determinación del revenimiento con el ensayo del cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Figura 160: Determinación del revenimiento con el ensayo del cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia

Figura 161: Compactación de la primera capa de concreto en los moldes



Fuente: Elaboración propia

Figura 162: Primera capa de concreto en nuestras con junta fría diagonal de 45°



Fuente: Elaboración propia

Figura 163: Colocación de la segunda capa de concreto en las briqueteras



Fuente: Elaboración propia

Figura 164: Compactación de la segunda capa de concreto con junta fría diagonal de 45°



Fuente: Elaboración propia

Figura 165: Compactación de la capa de concreto fresco sobre el concreto viejo



Fuente: Elaboración propia

Figura 166: Eliminación de burbujas de aire en el concreto mediante golpes con el martillo de goma



Fuente: Elaboración propia

Figura 167: Enrasado de la superficie del testigo de concreto



Fuente: Elaboración propia

Figura 168: Testigos de concreto desencofrados



Fuente: Elaboración propia

Figura 169: Desmoldado de briquetas con junta fría de 2 y 1 1/2 horas



Fuente: Elaboración propia

Figura 170: Toma de medida del diámetro de la muestra de concreto



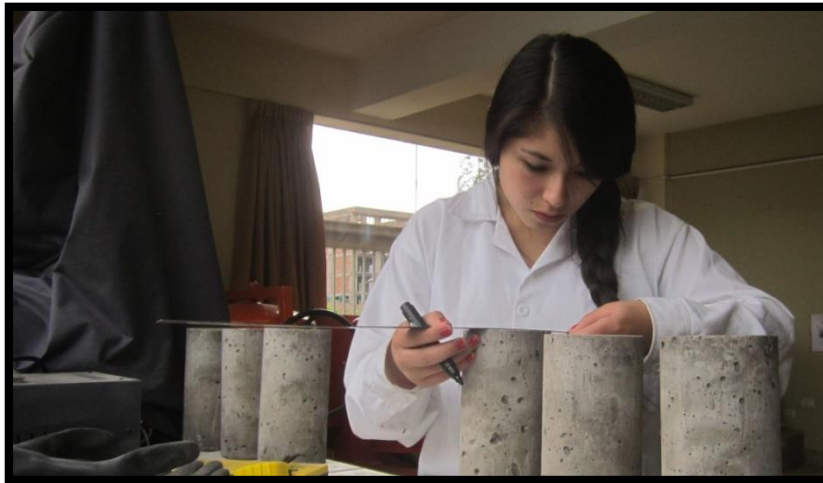
Fuente: Elaboración propia

Figura 171: Medida del diámetro de la muestra de concreto



Fuente: Elaboración propia

Figura 172: Marcación de la probeta para ensayo a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 173: Dibujo de las líneas guía para en la probeta para ensayo de resistencia a tracción indirecta



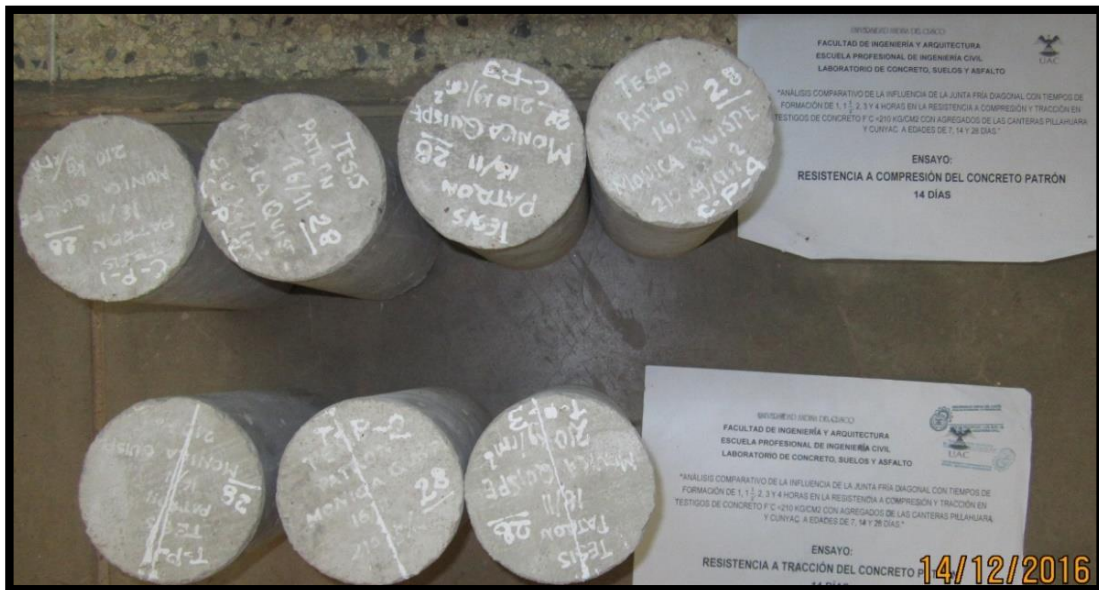
Fuente: Elaboración propia

Figura 174: Toma de peso de muestra C-P-C-7



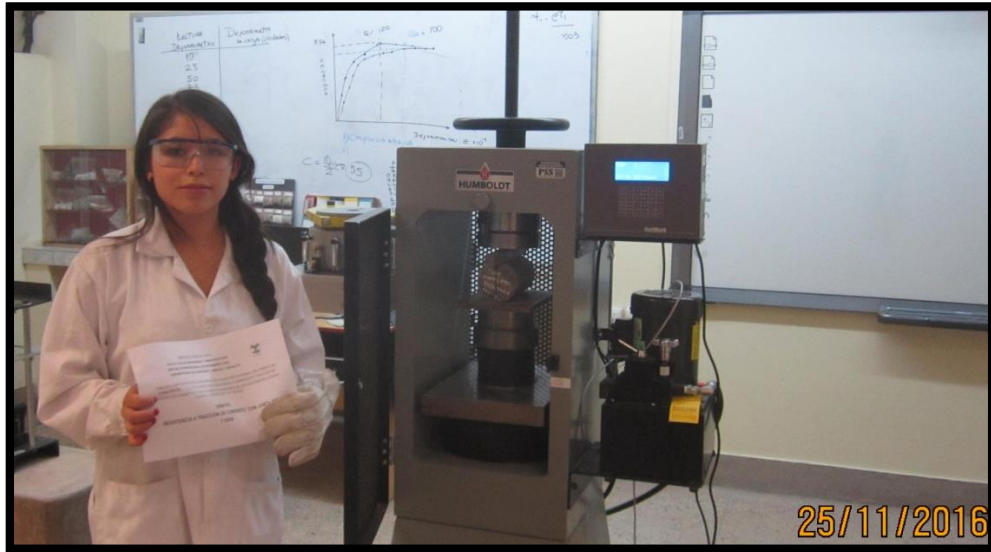
Fuente: Elaboración propia

Figura 175: Muestras de concreto patrón a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 176: Ensayo de tracción indirecta a muestra de concreto con junta fría con tiempo de formación de 3 horas a los 7 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 177: Muestra de concreto ensayada a tracción indirecta con 7 días de edad



Fuente: Elaboración propia

Figura 178: Muestra C-3-A-28 sometida a compresión con falla tipo 4



Fuente: Elaboración propia

Figura 179: Muestra C-1-B-28 sometida a compresión con falla tipo 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 180: Muestra C-1-A-28 sometida a compresión con falla tipo 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 181: Muestra C-1.5-C-28 sometida a compresión con falla tipo 2



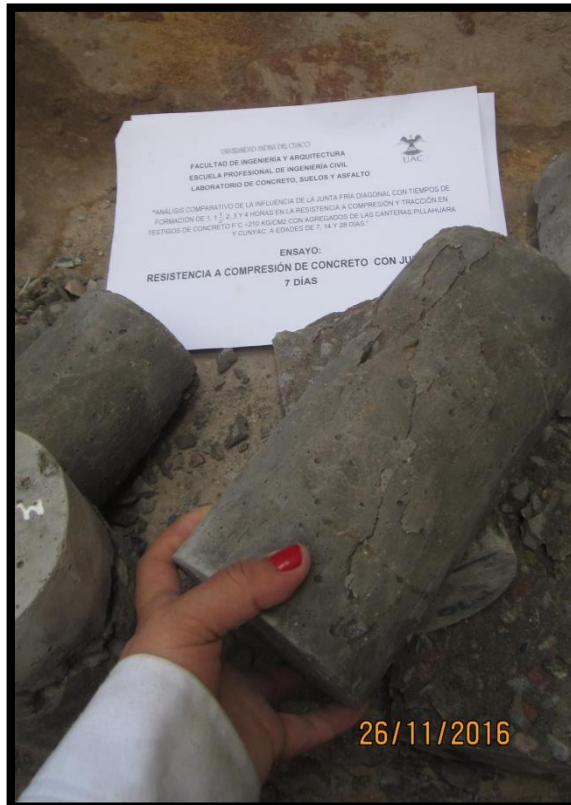
Fuente: Elaboración propia

Figura 182: Muestra C-3-C-7 sometida a compresión con falla tipo 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 183: Muestra C-1-B-7 sometida a compresión con falla tipo 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 184: Muestra de concreto con junta fría con 4 horas de formación con 7 días de edad sometida a compresión



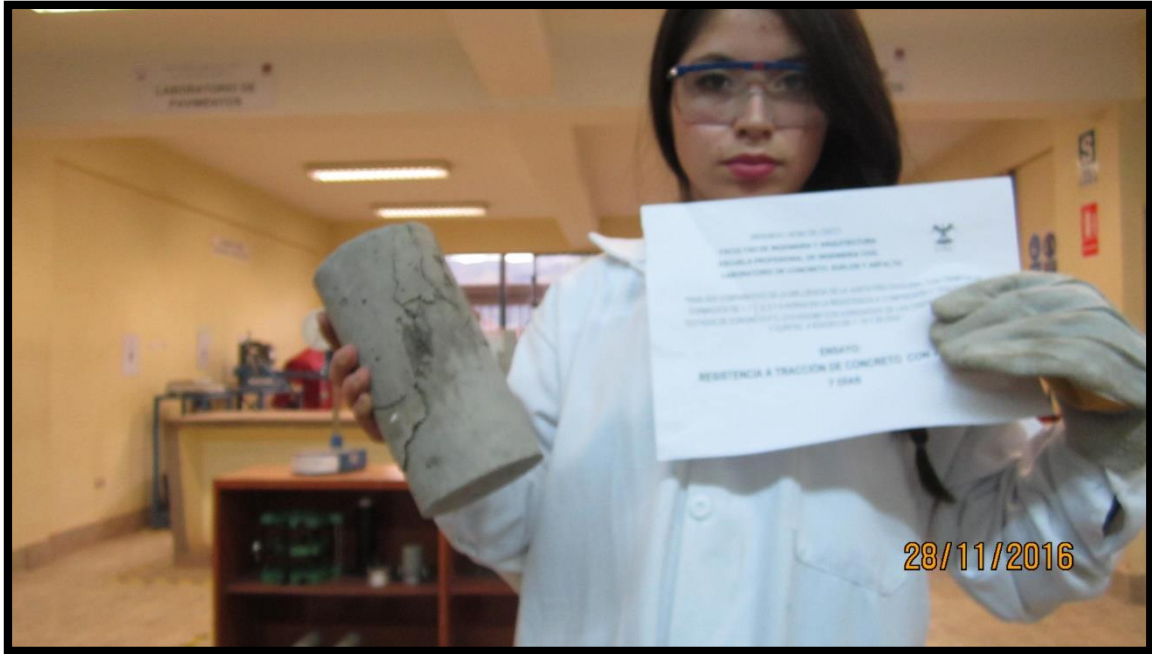
Fuente: Elaboración propia

Figura 185: Muestra C-3-A-7 sometida a compresión con tipo de falla 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 186: Muestra C-4-B-7 sometida a compresión con tipo de falla 2



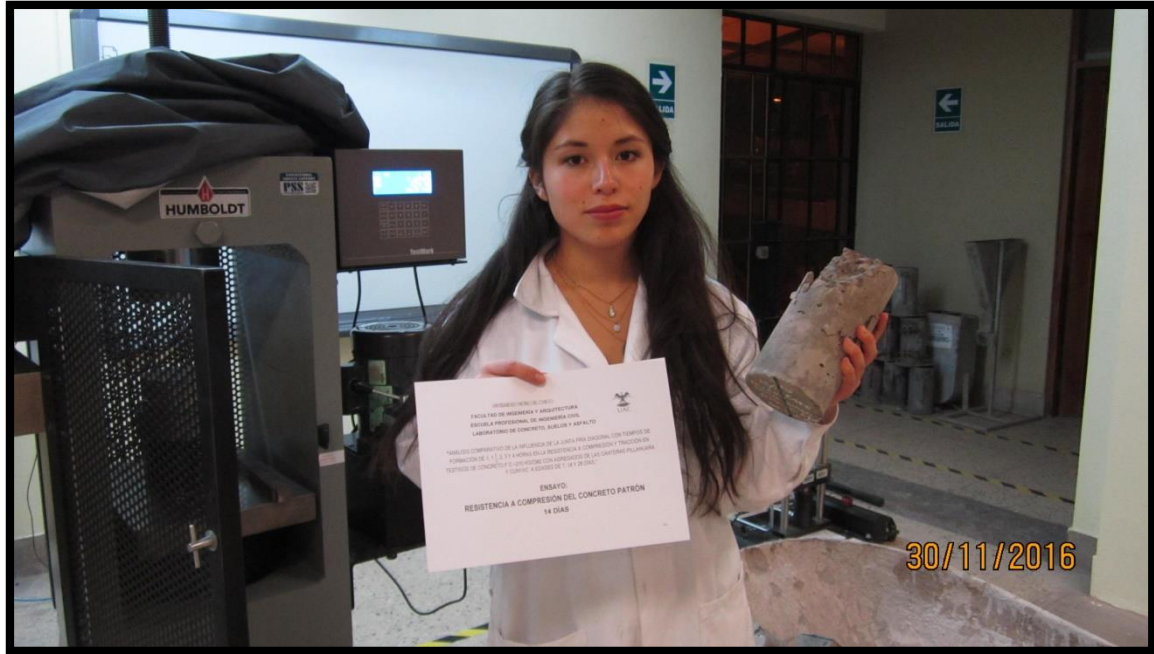
Fuente: Elaboración propia

Figura 187: Muestra T-4-A-7 ensayada a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 188: Muestra C-P-A-14 sometida a compresión con falla tipo 5



Fuente: Elaboración propia

Figura 189: Muestra C-1-A-14 sometida a compresión con falla tipo 4



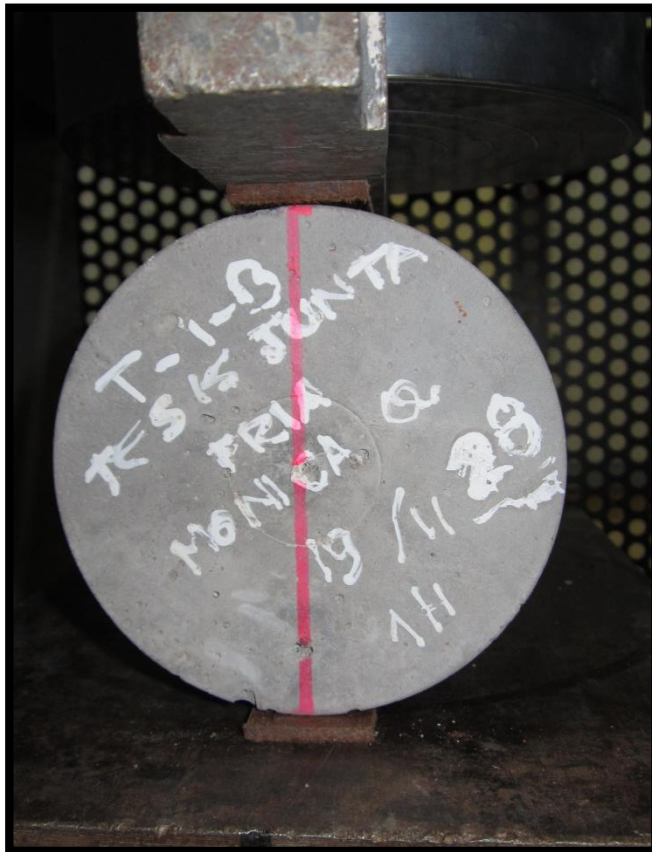
Fuente: Elaboración propia

Figura 190: Muestra C-1-B-14 sometida a compresión con falla tipo 4



Fuente: Elaboración propia

Figura 191: Muestra T-1-B-28 sometida a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 192: Muestra T-4-B-28 sometida a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 193: Muestra T-1-A-28 sometida a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 194: Muestra T-1.5-A-28 sometida a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia

Figura 195: Muestra T-P-A-28 sometida a compresión



Fuente: Elaboración propia

Figura 196: Muestras con junta fría con 2 horas de formación sometidas a compresión y tracción indirecta a los 14 días



Fuente: Elaboración propia

Figura 197: Muestra C-P-A-28 sometida a compresión con falla tipo 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 198: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-3-A-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 199: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-2-B-7



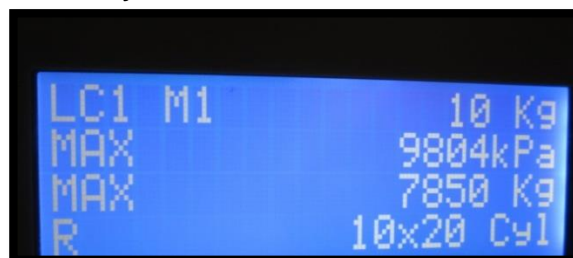
Fuente: Elaboración propia

Figura 200: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-P-A-14



Fuente: Elaboración propia

Figura 201: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-P-B-14



Fuente: Elaboración propia

Figura 202: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-1.5-A-14



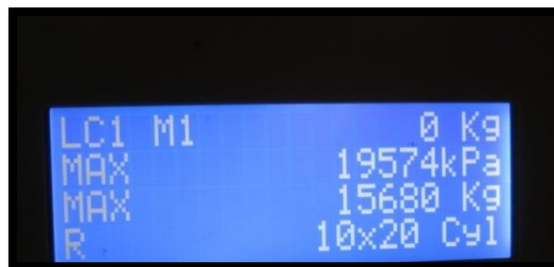
Fuente: Elaboración propia

Figura 203: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-1.5-B-14



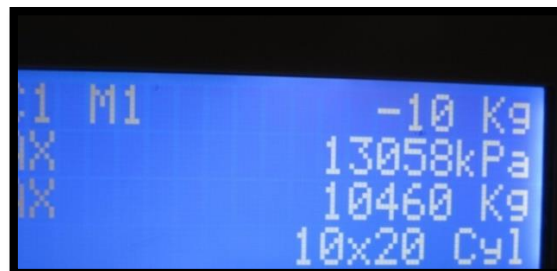
Fuente: Elaboración propia

Figura 204: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-4-A-14



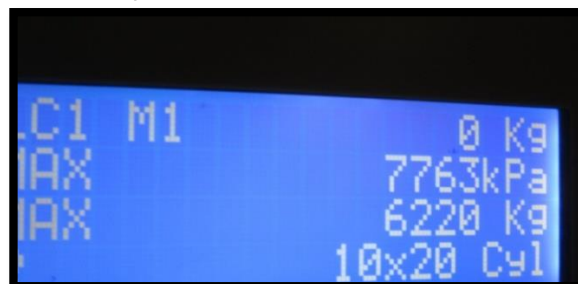
Fuente: Elaboración propia

Figura 205: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-2-A-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 206: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-1-A-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 207: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-1-A-14



Fuente: Elaboración propia

Figura 208: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-P-C-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 209: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-P-B-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 210: Datos de ensayo de resistencia a compresión de la muestra C-1.5-B-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 211: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-2-C-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 212: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-3-A-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 213: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-4-B-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 214: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-1-B-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 215: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-4-A-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 216: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-P-C-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 217: Datos de ensayo de resistencia a tracción indirecta de muestra T-2-B-14



Fuente: Elaboración propia

Figura 218: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-1-B-28



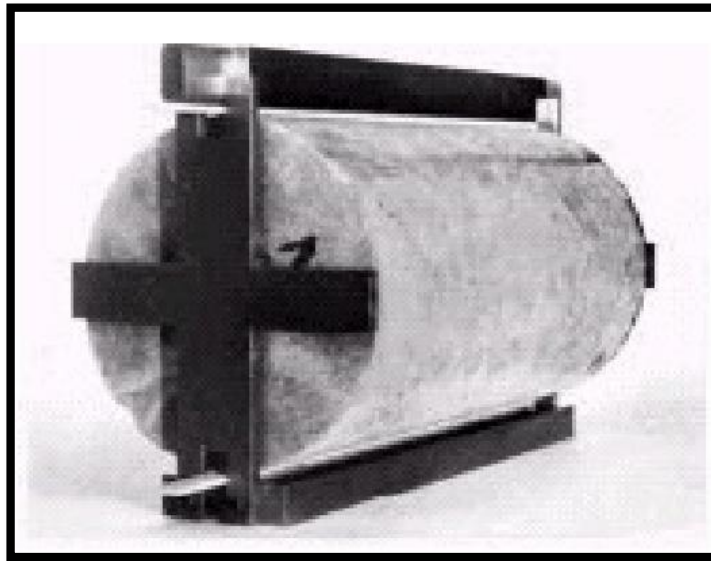
Fuente: Elaboración propia

Figura 219: Datos de ensayo de resistencia a compresión de muestra C-P-B-7



Fuente: Elaboración propia

Figura 220: Guía para alinear los cilindros de hormigón con franjas de apoyo



Fuente: Norma ASTM C-496



Tabla 157: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes	De Variables Independientes
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo influye la junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas en la resistencia a compresión y tracción en testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac a edades de 7, 14 y 28 días en comparación a un concreto patrón? 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar comparativamente la influencia de la junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas en la resistencia a compresión y tracción en testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac a edades de 7, 14 y 28 días respecto al concreto patrón. 	<ul style="list-style-type: none"> La junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas en los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac disminuye la resistencia a compresión y tracción del concreto con junta fría con respecto al concreto patrón. 	<ul style="list-style-type: none"> Concreto f'c =210 kg/cm2 con junta fría. 	<ul style="list-style-type: none"> Agua (Lt) Cemento (Kg) Agregado (Kg) Tiempo de formación de junta fría en concreto (horas).
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variables Dependientes	De Variables Dependientes
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo varía la resistencia a compresión en los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido a edades de 7, 14 y 28 días? ¿Cómo varía la resistencia a tracción en los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido a edades de 7, 14 y 28 días? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la variación de la resistencia a compresión de los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido a edades de 7, 14 y 28 días. Determinar la variación de la resistencia a tracción de los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido a edades de 7, 14 y 28 días. 	<ul style="list-style-type: none"> Los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac presentan disminución en la resistencia a compresión con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido. Esta reducción es mayor conforme aumente el tiempo de interrupción de mezcla y la edad del concreto sea menor. La correlación entre la resistencia a compresión de las muestras y el tiempo de formación de la junta fría es positiva. Los testigos de concreto f'c=210 kg/cm2 con junta fría diagonal con tiempos de formación de 1, 1 ¹/₂, 2, 3 y 4 horas a edades de 7, 14 y 28 días con agregados de las canteras Pillahuara y Cunyac presentan disminución en la resistencia a tracción con respecto al concreto patrón con vaciado ininterrumpido. Esta reducción es mayor conforme aumente el tiempo de interrupción de mezcla y la edad del concreto sea menor. La correlación entre la resistencia a tracción de las muestras y el tiempo de formación de la junta fría es positiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a compresión Resistencia a tracción 	<ul style="list-style-type: none"> Valor de la resistencia a compresión en kilogramo por centímetro cuadrado (Fuerza de compresión / área de resistencia a compresión) Valor de la resistencia a tracción en kilogramo por centímetro cuadrado (Fuerza de tracción / área de resistencia a tracción por compresión diametral)

Fuente: Elaboración propia