

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación de la dosificación óptima para la elaboración de un  
concreto normal, estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con ceniza de  
conchas marinas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Melvin Abraham Colque Pacha

**Asesor:**

Mg. Herson Duberly Pari Cusi

**Juliaca, octubre de 2025**

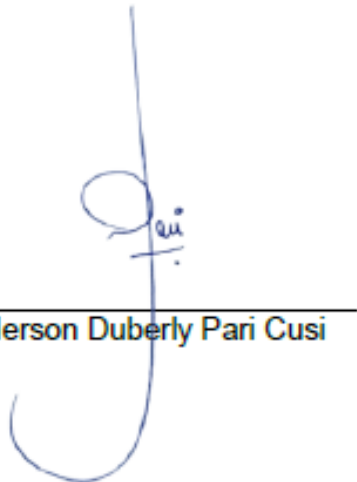
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Herson Duberly Pari Cusi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA PARA LA ELABORACIÓN DE UN CONCRETO NORMAL, ESTRUCTURAL F’C=210 KG/CM2 CON CENIZA DE CONCHAS MARINAS”** del autor Melvin Abraham Colque Pacha tiene un índice de similitud de 15 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 14 días del mes de noviembre del año 2025

  
Mg. Herson Duberly Pari Cusi

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 23 día(s) del mes de octubre del año 2015, siendo las 8:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro. Leonel Chahuaros Paucar, el (la) secretario(a): Mg. Lily Zea Gonzales y los demás miembros: Mg. Ruben Fitzgerald Rosa Aguirre y el (la) asesor(a) Mg. Herson Dubuly Pari Luisi

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Evaluación de la dosificación óptima para la elaboración de un concreto normal, estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con ceniza de conchas marinas

del(los) bachiller(es): a) Melvin Abraham Golque Pacha  
b) .....  
c) .....

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Melvin Abraham Golque Pacha

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Buena	Muy Bueno





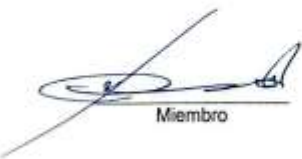
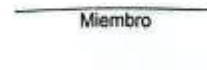
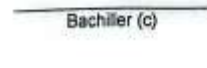
Bachiller (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior  
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
 Presidente/a  
  
 Asesor/a  
  
 Bachiller (a)  
  
 Secretario/a  
  
 Miembro  
  
 Miembro  
  
 Bachiller (c)

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	5
<b>2. Materiales y métodos</b>	6
2.1. Materia Prima .....	6
2.2. Preparación de ceniza de conchas marinas .....	8
2.3. Proporción de la mezcla de concreto .....	8
2.4. Preparación de especímenes, curado y ensayos.....	9
2.5. Ensayos y análisis .....	9
<b>3. Discusión de resultados</b>	10
3.1. Trabajabilidad .....	10
3.2. Peso unitario .....	10
3.3. Resistencia a la compresión.....	11
3.4. Análisis estadístico de resistencia a la compresión .....	13
3.4.1 <i>Determinación de muestra significativa mediante desviación estándar</i> .....	13
3.4.2 <i>Análisis Estadístico de datos ANOVA</i> .....	14
3.5. Determinación de la proporción óptima de diseño .....	16
3.6. Proporción óptima de ceniza de concha marina como reemplazo de cemento .....	18
3.7. Análisis de costo de dosificación con incorporación de ceniza de concha marina .....	18
<b>4. Conclusión</b>	20
<b>5. Referencias</b>	20

# Evaluación de la dosificación óptima para la elaboración de un concreto normal, estructural $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con ceniza de conchas marinas

Colque P. Melvin <sup>1</sup>, Pari C. Herson <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

<sup>2</sup>Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

---

## Resumen

En el Perú, se tiene un crecimiento del 7% en el sector construcción entre los años 2024 y 2023. Siendo el concreto el material más usado por su importancia y trabajabilidad. Producto de esto se tiene una gran producción de cemento, el mismo que busca ser sostenible, para esto se propone la aplicación de la sustitución parcial de cemento en las dosificaciones de concreto con un material que es ceniza de concha marina debido a su composición de óxido de calcio, y al ser un material que no viene a ser utilizado en otro sector, tiende a ser sostenible su uso como sustituto.

Se realizó la dosificación de un concreto patrón con resistencia de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, el mismo que fue sustituido parcialmente con ceniza de conchas marinas en porcentajes de 2, 4, 6 y 8% por un porcentaje de -2 y -5% de cemento, comparando la resistencia a compresión a los 28 días.

Se realizó el análisis ANOVA bajo el método de Dunnett, donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de que las dosificaciones con ceniza de concha marina son significativamente diferentes en sus resistencias a la compresión frente al concreto patrón, de las cuales se tiene la dosificación óptima de +4% de ceniza en sustitución de -2% de cemento que alcanzó un 243.38 kg/cm<sup>2</sup> en comparación de 182.55 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a un 33% de mayor rendimiento sobre el concreto patrón.

Se realizó el análisis de costos unitarios de las dosificaciones de concreto patrón y la dosificación óptima, encontrando una diferencia de 15.76 soles equivalente a 5.15% de costo menor de una dosificación con ceniza de concha marina en comparación del concreto patrón.

Teniendo dichas consideraciones se obtuvo una dosificación óptima con presencia de concha marina en sustitución de cemento, la cual es +4% de ceniza / -2% de cemento, con un costo menor de 5.15%, lo cual nos permite obtener una dosificación que viene a ser sostenible y tener una relación de costo beneficio.

*Palabras clave:* Concha marina, concreto, dosificación, resistencia a la compresión.

---

## 1. Introducción

En el Perú, el sector construcción a nivel nacional tiene un crecimiento del 7.0% en el año 2024, en comparación con el año 2023 [1]. El concreto es el material de construcción artificial más usado y con mayor presencia en las obras de construcción, debido a la importancia que tiene y la trabajabilidad que brinda. La composición del concreto está separada en agregado, arena, agua y cemento; siendo este último el que requiere un mayor análisis en su proceso de producción.

La producción del cemento incremento un 7.5% entre el año 2024 respecto al 2023 [1]. Y se prevé que la tasa siga aumentando lo que conduce a una mayor explotación de materia prima para la producción del cemento. En el Perú la industria cementera aporta el 2% de emisión de CO<sub>2</sub> [2]. Debido a esto se busca la sostenibilidad de la industria, por lo cual, la Asociación Global de Cemento y Concreto (GCCA) tiene como objetivo reducir las emisiones totales entre un 20% y 25% al año 2030. Al año 2050 se busca alcanzar la carbono neutralidad, para lo cual se articula un esfuerzo conjunto que se evidencia en la Hoja de Ruta del Cemento Perú, donde se ratifica la visión en la disminución del porcentaje de clinker en la producción del cemento [3]. Frente a esta problemática, se busca alternativas de materiales que puedan sustituir parcialmente, al cemento y que puedan ser usados en la industria.

Al depender en gran medida de materiales no renovables, se mira a otros sectores de producción de materiales que puedan ser utilizados o reciclados, es ahí donde se observa que la industria acuícola es aquella que viene creciendo, debido a que se ha despertado un interés por desarrollar la acuicultura de moluscos bivalvos, principalmente de la especie de concha de abanico o concha marina, según el FONDEPES se observa un diferencia de las 11.065 toneladas extraídas el año 2005, con 45.28 toneladas extraídas en el año 2013, lo cual muestra una tendencia al crecimiento de esta industria debido a su alta demanda durante los últimos años [4]. En el proceso de selección y procesamiento de la concha marina se genera descarte de residuos blandos en un 19% [5]. Estos residuos no son biodegradables y presenta una lenta degradación debido a sus propiedades, por lo que, son acumulados en vertederos en tierra, y provocan contaminación del suelo y agua, desencadenando emisión de olores desagradables y presencia de insectos y hongos que podrían afectar la salud de las poblaciones aledañas a los puntos de acopio [6].

Frente a estas realidades, es donde se tiene la oportunidad de poder reutilizar los desechos de conchas marinas generados por la industria acuífera, como sustituto del cemento en una industria de la construcción donde se busca generar la sostenibilidad en la fabricación del cemento[7].

En investigaciones anteriores, se ha encontrado que, debido a las características de las conchas marinas después de ser sometidas a un proceso de calcinación, contienen óxido de calcio (CaO), la cual puede ser utilizada en reemplazo parcial del cemento, incluso incrementando el rendimiento del concreto [8], [9]. El éxito en la integración o sustitución de este material proveniente de desechos como ingrediente alternativo para la mezcla de concreto permitiría reducir la extracción de materiales no renovables y volver la industria sostenible.

Esta investigación tiene como objetivo estudiar la influencia del polvo de conchas marinas, en la dosificación de concreto estructural con un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Este polvo se utilizará para reemplazar parcialmente al cemento en mezclas de concreto en cuatro porcentajes de reemplazo (2%, 4%, 6% y 8%). Se medirá el rendimiento de las mezclas de concreto mediante pruebas de resistencia a la compresión, determinar la óptima relación de agua / cemento para no afectar la trabajabilidad. Se evaluará dichas resistencias para poder determinar la proporción óptima de sustitución de polvo de conchas marinas en relación con el peso de cemento.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materia Prima

Se utilizó Cemento Portland Tipo IP como aglutinante principal. El agregado fino y grueso se incorporaron como componente principal del concreto debido al volumen que ocupan. El agregado grueso es piedra chancada con un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " con un estado de superficialmente seco, mientras que el agregado fino es arena. Los agregados son de la Cantera Isla, ubicado en la provincia de San Román, departamento de Puno.

**Tabla 1. Propiedades físicas del agregado grueso y fino**

Descripción	Unidad	Agregados	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	in		3/4
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	2.41	2.13
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1823	1452

Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1776	1567
Contenido de humedad	%	5.25	1.10
Absorción			
	%	3.69	2.16
Módulo de fineza			
		3.90	2.26

**Tabla 2. Propiedades físicas del cemento**

Cemento	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión en Autoclave (%)	Fraguado Vicat inicial (minutos)	Contenido de aire	P. U. suelto (kg/m <sup>3</sup> )
Tipo IP	2.75	0.07-0.03	170-270	2.5-8.0	1500

**Tabla 3. Propiedades físicas de la ceniza de concha marina**

Descripción	Unidad	Ceniza
Peso específico	Gr/cm <sup>3</sup>	2.39
Módulo de finura		2.7
Absorción	%	4.40
Contenido de humedad	%	0

**Tabla 4. Composición química de la ceniza de concha marina**

Composición química	VPP%
SiO <sub>2</sub>	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.047
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.009
CaO	97.8
MgO	-
Na <sub>2</sub> O	0.29
TiO <sub>2</sub>	0.099
K <sub>2</sub> O	0.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01
SO <sub>3</sub>	0.27
MnO	-
Cl	0.01
<b>LOI</b>	

## 2.2. Preparación de ceniza de conchas marinas

En base los estudios realizados centrados en el uso de residuos como sustituto del cemento. Las conchas marinas contienen en su estado natural Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) superiores al 90% de su composición, está al ser calcinada se vuelve Oxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) la cual es similar al utilizado en la producción de Cemento Portland [10].

Los desechos de las conchas marinas se recolectan de los proveedores de mariscos, industrias pesqueras y/o acopiadas en la ciudad de Ilo, departamento de Moquegua. Se someten a un proceso de limpieza, lavado con vinagre y secado para eliminar la suciedad, la sal y restos orgánicos restantes. Este proceso es fundamental para que los desechos presentes no afecten la eficacia de este material como sustituto. Después del secado, las conchas se trituran de forma manual utilizando la máquina de Abrasión los Ángeles antes de la calcinación. Se transfiere el resto de material triturado al crisol de un horno de fundición hasta alcanzar una temperatura de 1000 °C durante dos horas. Después de la calcinación, el material se enfría a temperatura ambiente y se muelen hasta obtener un polvo, dicho material pasa por el tamiz #100 de 150  $\mu\text{m}$ .

## 2.3. Proporción de la mezcla de concreto

**Tabla 5. Dosificación en peso para concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  por el método ACI 211.1**

Material	Volumen Absoluto ( $\text{m}^3$ )	Peso seco (kg)	Humedad (%)	Peso ( $\text{kg/m}^3$ )	Proporción
Cemento	0.136	372.73		372.73	1
Agregado fino	0.202	486.21	7.60	511.74	1.37
Agregado grueso	0.442	940.05	-9.99	950.39	2.55
Agua	0.205	205.00	-2.39	207.39	25 L
Aire	0.015			0.00	
Relación a/c efectiva	0.56				

En la Tabla 5 presentamos la dosificación en peso para un concreto  $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$  bajo la metodología del ACI, esta proporción es para el concreto patrón.

**Tabla 6. Dosificación de la mezcla para 1  $\text{m}^3$  de concreto**

Material	Proporciones de la Mezcla $\text{kg/m}^3$								
	Concreto patrón	+ 2%	+ 2%	+ 4%	+ 4%	+ 6%	+ 6%	+ 8%	+ 8%
		Cemento	Ceniza / - 2%	Ceniza / - 5%	Ceniza / - 2%	Ceniza / - 5%	Ceniza / - 2%	Ceniza / - 5%	Ceniza / - 2%
Cemento	372.73	365.28	354.09	365.28	354.09	365.28	354.09	365.28	354.09
Ceniza de concha marina	0	7.45	7.45	14.91	14.91	22.36	22.36	29.82	29.82
Agua	207.93	207.93	207.93	207.93	207.93	207.93	207.93	207.93	207.93
Agregado grueso	950.39	950.39	950.39	950.39	950.39	950.39	950.39	950.39	950.39
Agregado fino	511.74	511.74	511.74	511.74	511.74	511.74	511.74	511.74	511.74

En la Tabla 6, vemos que para las demás dosificaciones se utilizó ceniza de concha marina como reemplazo parcial del cemento en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, los cuales son comparados con un concreto patrón para su posterior evaluación. Dichos porcentajes se basan en los antecedentes de investigaciones, Bassam A. Tayeh et. al (2020) en su investigación “Durabilidad y propiedades mecánicas

del cemento parcialmente reemplazado por conchas marinas” realizaron ensayos adicionando ceniza de concha marina desde el 5% al 20%, concluyendo que el porcentaje óptimo está en el 5% donde obtuvo una resistencia similar a la resistencia del concreto patrón [11]. Por otra parte, reemplazando la cantidad de cemento, se vio que a partir del 10% se tiene una reducción en la resistencia a la compresión del concreto.

Hanis Nadiah et. al (2021) menciona que se tiene un incremento en la resistencia a la compresión del concreto con la adición de 5% de ceniza de concha marina, el cual disminuye cuando el incremento sobrepasa el 15% de adición de Ceniza [12]. Dichos resultados fueron obtenidos en zonas con clima cálido debido a que el fraguado inicial con el final aumenta al aumentar el porcentaje de sustitución, por lo que es favorable para prolongar los tiempos de vaciado.

Para efecto de la investigación, se toma intervalos en el margen que presentan los antecedentes, siendo estas dosificaciones con 2%, 4%, 6% y 8 % de adición de ceniza de concha marina, a fin de comprobar el comportamiento del concreto en condiciones climatológicas distintas a la de los antecedentes. Respecto al porcentaje de disminución de cemento, se toman -2% y -5% debido a que dentro de dicho margen se debería garantizar la obtención de un comportamiento del concreto con ceniza de concha marina más cercano a la resistencia de diseño.

#### 2.4. Preparación de especímenes, curado y ensayos

La mezcla de concreto se realiza en función a su dosificación, para la presente investigación se realizarán seis testigos por dosificación, con un total de cincuenta y cuatro testigos, los cuales serán elaborados de forma manual. Para la mezcla se utilizará una mezcladora de concreto para que la mezcla sea homogénea. La mezcla es vertida en moldes cilíndricos de diámetro de 15 cm con una altura de 30 cm. Se realiza la verificación de Slump 3”a 4” para observar la trabajabilidad de la mezcla.

Para poder determinar la cantidad de probetas para las diversas dosificaciones, se toma como referencia la norma peruana MTC E 702 - Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio donde indica: “Usualmente, se deben elaborar tres o más especímenes para cada edad y condición de los ensayos, a menos que se indique otra cosa”; esto para cada dosificación que se utilice. Se considera seis probetas por dosificación a fin de tener un margen en la dispersión de los resultados y obtener valores que estén dentro de un margen aceptable de diferencia entre sí; por lo que, al tener mayor cantidad de probetas, los resultados obtenidos nos permiten tener un mayor margen en la aceptación de los resultados.

**Table 7. Cantidad de probetas para ensayos**

Ensayo	Concret o patrón	Cantidad de Probetas								TOTAL
		+ 2% Ceniza / -2% Cement	+ 2% Ceniza / -5% Cement	+ 4% Ceniza / -2% Cement	+ 4% Ceniza / -5% Cement	+ 6% Ceniza / -2% Cement	+ 6% Ceniza / -5% Cement	+ 8% Ceniza / -2% Cement	+ 8% Ceniza / -5% Cement	
Resistencia a la compresión en 28 días	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54

#### 2.5. Ensayos y análisis

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión del concreto después de 28 días, para poder determinar la variación entre las distintas dosificaciones. El ensayo fue realizado bajo las normas NTP.

Para la presente investigación, el tipo de investigación es APLICADA, debido a que se toma referencias de investigaciones similares y se somete a estímulos externos controlados por el investigador [13].

El tipo de diseño es cuasiexperimental, debido a que los sujetos de evaluación no se asignan al azar a los grupos de control ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento [14].

### 3. Discusión de resultados

#### 3.1. Trabajabilidad

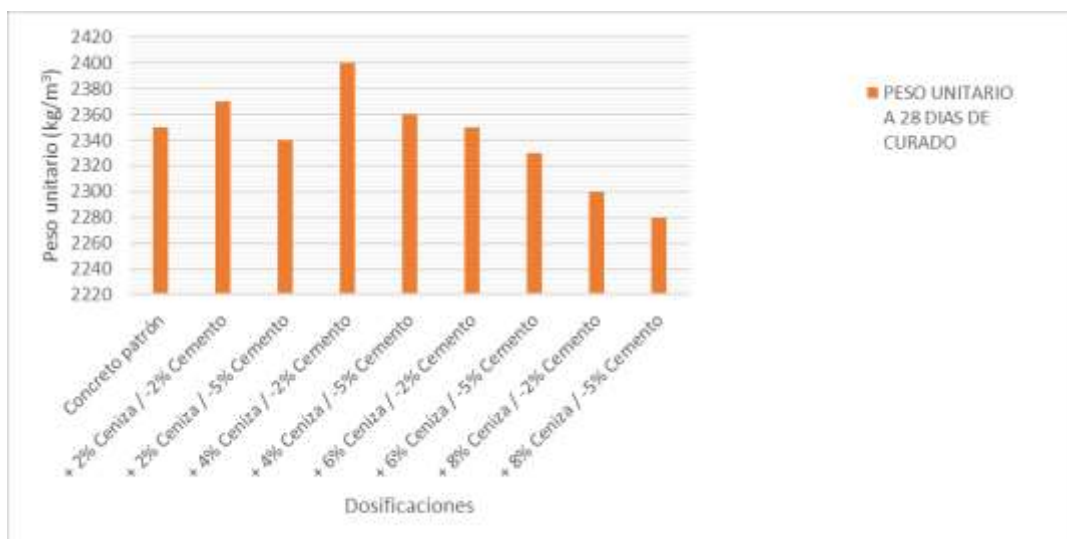
Se presenta la Tabla 8, donde se muestran los resultados de la prueba de asentamiento mediante el ensayo de Cono de Abrahms, para las diferentes dosificaciones. Los resultados de la prueba indican que la trabajabilidad aumenta con el aumento de porcentaje de ceniza de concha marina en reemplazo del cemento. Esto se debe probablemente a que la hidratación de las dosificaciones que cuentan con ceniza requiere más tiempo de hidratación. Se observa que la dosificación de 8% de ceniza registra un valor de asentamiento más alto de 13 cm. Por lo tanto, es posible reducir la relación de agua/cemento para estas dosificaciones.

**Tabla 8. Resultados de prueba de asentamiento (slump)**

Dosificación	Valor de asentamiento
Concreto patrón	7 cm
+ 2% Ceniza / -2% Cemento	8 cm
+ 2% Ceniza / -5% Cemento	8.5 cm
+ 4% Ceniza / -2% Cemento	9 cm
+ 4% Ceniza / -5% Cemento	9.5 cm
+ 6% Ceniza / -2% Cemento	10 cm
+ 6% Ceniza / -5% Cemento	11 cm
+ 8% Ceniza / -2% Cemento	12 cm
+ 8% Ceniza / -5% Cemento	13 cm

#### 3.2. Peso unitario

La prueba de peso unitario del concreto se lleva a cabo a los 28 días de haberse moldeado y después de las condiciones de curado, en las probetas que serán sometidas al ensayo de compresión. Se presenta en la Figura 1 los pesos unitarios de las diferentes dosificaciones realizadas, los cuales están dentro de los 2280 kg/m<sup>3</sup> a 2400kg/m<sup>3</sup>.



**Figura 1. Peso unitario del concreto de dosificaciones de concreto patrón y concreto con ceniza de concha marina**

Se puede apreciar que la dosificación con +4% de ceniza / -2% de cemento tiene el peso unitario más alto entre los demás. Esto se debe al hecho de la densificación del concreto debido a que el CaO aumenta la densidad al mismo tiempo que reduce la porosidad del concreto con concha marina.

### 3.3. Resistencia a la compresión

En la norma E.060 en el capítulo 5 que trata sobre la calidad del concreto, mezclado y colocación, en el inciso 5.1.3 menciona: “el  $f'c$  debe basarse en los resultados de ensayos realizados a los 28 días” (MVCS, 2019) y que se debe tener una desviación estándar para poder determinar con mayor precisión la resistencia real de una dosificación de concreto, para el cumplimiento de dicha norma, se determinó realizar el ensayo a compresión a los 28 días.

**Tabla 9. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión a 28 días de curado**

Muestra	Combinación	% Ceniza	% Cemento	Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Patrón	0	0	28	188.4	182.55
2	Patrón	0	0	28	176.2	
3	Patrón	0	0	28	171.6	
4	Patrón	0	0	28	180.9	
5	Patrón	0	0	28	188.0	
6	Patrón	0	0	28	190.2	
7	CC2%-2%C	2	-2	28	208.4	198.12
8	CC2%-2%C	2	-2	28	191.6	
9	CC2%-2%C	2	-2	28	177.9	
10	CC2%-2%C	2	-2	28	214.3	
11	CC2%-2%C	2	-2	28	200.4	
12	CC2%-2%C	2	-2	28	196.1	
13	CC2%-5%C	2	-5	28	179.5	180.22
14	CC2%-5%C	2	-5	28	175.7	
15	CC2%-5%C	2	-5	28	169.6	
16	CC2%-5%C	2	-5	28	175.8	
17	CC2%-5%C	2	-5	28	195.6	
18	CC2%-5%C	2	-5	28	185.1	
19	CC4%-2%C	4	-2	28	257.1	243.48
20	CC4%-2%C	4	-2	28	243.6	
21	CC4%-2%C	4	-2	28	248.4	
22	CC4%-2%C	4	-2	28	234.5	
23	CC4%-2%C	4	-2	28	236.9	
24	CC4%-2%C	4	-2	28	240.4	
25	CC4%-5%C	4	-5	28	150.4	154.78

26	CC4%-5%C	4	-5	28	147.8	
27	CC4%-5%C	4	-5	28	158.7	
28	CC4%-5%C	4	-5	28	159.4	
29	CC4%-5%C	4	-5	28	155.1	
30	CC4%-5%C	4	-5	28	157.3	
<hr/>						
31	CC6%-5%C	6	-5	28	217.1	
32	CC6%-5%C	6	-5	28	209	
33	CC6%-5%C	6	-5	28	201.8	205.47
34	CC6%-5%C	6	-5	28	221.6	
35	CC6%-5%C	6	-5	28	197	
36	CC6%-5%C	6	-5	28	186.3	
<hr/>						
37	CC6%-2%C	6	-2	28	190.3	
38	CC6%-2%C	6	-2	28	188.4	
39	CC6%-2%C	6	-2	28	160.4	181.30
40	CC6%-2%C	6	-2	28	194.5	
41	CC6%-2%C	6	-2	28	181.8	
42	CC6%-2%C	6	-2	28	172.4	
<hr/>						
43	CC8%-5%C	8	-5	28	173.2	
44	CC8%-5%C	8	-5	28	166.3	
45	CC8%-5%C	8	-5	28	147.3	176.68
46	CC8%-5%C	8	-5	28	184.9	
47	CC8%-5%C	8	-5	28	198.2	
48	CC8%-5%C	8	-5	28	190.2	
<hr/>						
49	CC8%-2%C	8	-2	28	175.7	
50	CC8%-2%C	8	-2	28	167.7	
51	CC8%-2%C	8	-2	28	153.5	161.17
52	CC8%-2%C	8	-2	28	154.3	
53	CC8%-2%C	8	-2	28	170	
54	CC8%-2%C	8	-2	28	145.8	

En la Tabla 9 se observa las diferentes resistencias obtenidas de los testigos de concreto a los 28 días, donde se ve que la dosificación que obtiene un mayor valor de resistencia es de 4% de ceniza de concha marina / -2% de cemento con un valor de resistencia de 243.48 kg/cm<sup>2</sup>, superior al valor de diseño. Al compararlo al concreto patrón que tiene un 182.55 kg/cm<sup>2</sup>, se aprecia que superan en un 33% la resistencia obtenida por este último.

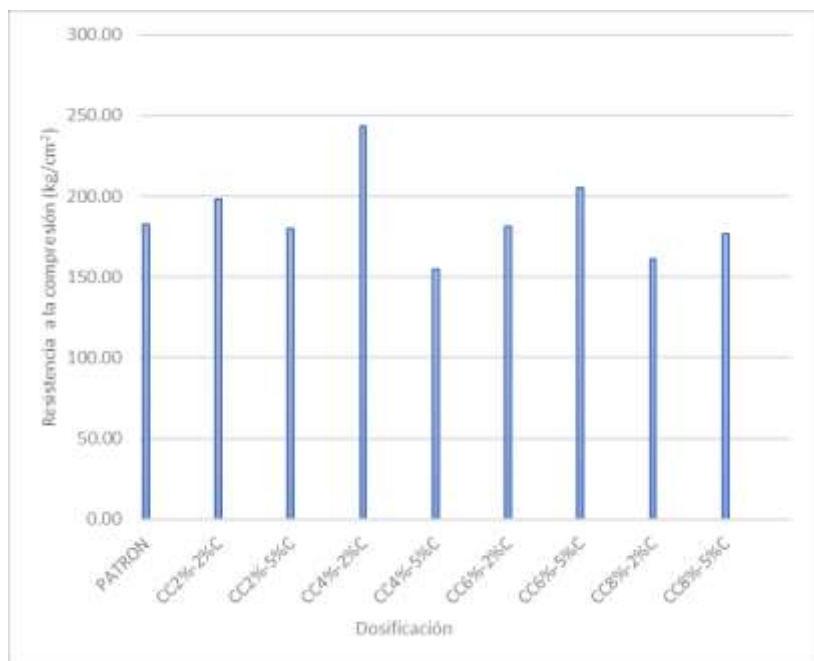


Figura 2 Resistencia a la compresión de concreto patrón y concreto con ceniza de concha marina

### 3.4. Análisis estadístico de resistencia a la compresión

#### 3.4.1 Determinación de muestra significativa mediante desviación estándar

Para realizar el análisis estadístico, en base a la Tabla 9, se realiza el análisis de desviación estándar para cada dosificación a fin de seleccionar los datos más representativos para el análisis estadístico. Para esto recurrimos al Manual de Ensayo de Materiales, en la sección MTC E 704 “Resistencia a la compresión de testigo cilíndricos”, en el inciso 8.1.1 Precisión da los siguientes valores (Figura 3), los que son aplicables con resistencia a la compresión entre 15 MPa y 55 MPa.

Un solo operador	Coeficiente de Variación	Rango aceptable de	
		Dos resultados	Tres resultados
Condiciones de laboratorio	2,37%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2.87%	8.0%	9.5%

Nota: Fuente: MTC (2016) Manual de Ensayos de laboratorio, MTC E704.

Figura 3 Rango aceptable para desviación estándar para ensayos de resistencia a la compresión

Para efectos de la presente investigación se toma las condiciones de campo, debido a que los testigos de concreto fueron elaborados y curados en condiciones de campo, al tener un mínimo de tres resultados por dosificación se toma 9.5% de desviación estándar con punto máximo aceptable. Para esto se procede al descarte de valores que no representan una muestra significativa de los ensayos.

Tabla 10. Determinación de la desviación estándar de los resultados a 28 días

Ensayo	Dosificación								
	PATRON	CC2%-2%C	CC2%-5%C	CC4%-2%C	CC4%-5%C	CC6%-2%C	CC6%-5%C	CC8%-2%C	CC8%-5%C
	188.4	208.4	179.5	243.6	158.7	190.3	217.1	167.7	173.2

Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>	180.9	191.6	175.7	248.4	159.4	188.4	209	153.5	184.9
	188	200.4	169.6	236.9	155.1	194.5	201.8	154.3	190.2
	190.2	196.1	175.8	240.4	157.3	181.8	221.6	170	
Media	186.88	199.13	175.15	242.33	157.63	188.75	212.38	161.38	182.77
Desviación estándar	4.10	7.15	4.10	4.89	1.90	5.29	8.77	8.69	8.70

Se toman las muestras que no sobrepasen la desviación estándar que recomienda la norma. Dichos valores serán sometidos al análisis estadístico ANOVA.

### 3.4.2 Análisis Estadístico de datos ANOVA.

#### 3.4.2.1 Hipótesis estadística y nivel de significancia

Tabla 11. Hipótesis estadística y nivel de significancia

Descripción	Planteamiento	Interpretación del planteamiento
Hipótesis Nula	$H_0 = CC2\%-2\%C = CC2\%-5\%C = CC4\%-2\%C = CC4\%-5\%C = CC6\%-2\%C = CC6\%-5\%C = CC8\%-2\%C = CC8\%-5\%C$ $H_i = \text{al menos una es diferente}$	La resistencia a la compresión de las dosificaciones con porcentaje de ceniza y cemento, <b>NO REPRESENTA</b> diferencias entre promedios de las dosificaciones.
Hipótesis de investigación		La resistencia a la compresión de las dosificaciones con porcentaje de ceniza y cemento, <b>PRESENTA</b> diferencias entre promedios de las dosificaciones.

Nota: CC2%-2%C = CC2%-5%C = CC4%-2%C = CC4%-5%C = CC6%-2%C = CC6%-5%C = CC8%-2%C = CC8%-5%C son las dosificaciones con porcentaje de ceniza y cemento. El nivel de significancia es de 95%, es decir el margen de error es de  $\alpha = 0.05$ . La regla de decisión es, si  $P < \alpha$  se rechaza la hipótesis nula.

Se utilizo el Software MiniTab para el análisis ANOVA de un Solo factor, se tiene:

Tabla 12. Análisis de varianza de la prueba de hipótesis: Resistencia a la compresión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	21840	2730.03	68.98	0.0000000000000002
Error	26	1029	39.58		
Total	34	22869			

Según los resultados obtenidos determinamos que  $p=0.0000000000000002 < \alpha = 0.05$ , por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, concluyéndose que las nueve dosificaciones reportan resistencia a la compresión significativamente diferentes. Este comportamiento se debe a que cada dosificación altera la composición de la cantidad de cemento por lo que se incrementa o disminuye la resistencia a la compresión.

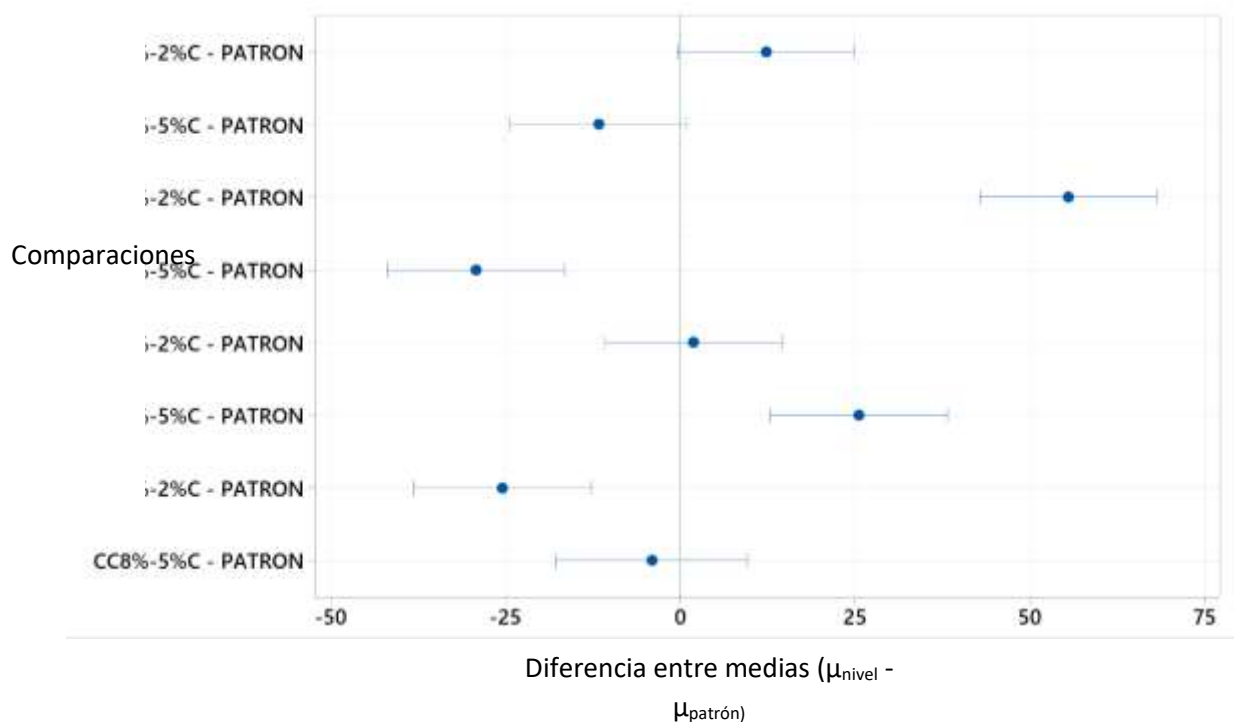
#### 3.4.2.2 Comparaciones de múltiples de dosificaciones con dosificación patrón mediante el método de Dunnett

El método de Dunnett nos permite realizar comparaciones entre las diferentes dosificaciones con un grupo de control que vendría a ser la dosificación patrón y nos permite detectar si las dosificaciones son iguales o mejores que el grupo de control.

Tabla 13. Agrupar información mediante el método de Dunnett

Factor	N	Media	Agrupación
Patrón	4	186.88	A

CC4%-2%C	4	242.32	
CC6%-5%C	4	212.38	
CC2%-2%C	4	199.13	A
CC6%-2%C	4	188.75	A
CC8%-5%C	3	182.77	A
CC2%-5%C	4	175.15	A
CC8%-2%C	4	161.38	
CC4%-5%C	4	157.625	



**Figura 4. Intervalos de confianza (ICs) simultáneos de Dunnett al 95%**

En la Figura 4 podemos observar que, si un intervalo no contiene cero, la media correspondiente es significativamente diferente de la media de control. En la Tabla 13 podemos ver que se realiza un agrupamiento entre la dosificación patrón con las dosificaciones CC2%-2%C, CC6%-2%C, CC8%-5%C y CC2%-5%C debido a que sus medias están dentro del mismo intervalo. Caso contrario con las dosificaciones CC4%-2%C, CC6%-5%C, CC8%-2%C, CC4%-5%C quienes presentan una diferencia mucho mayor como se observa en la figura 4.

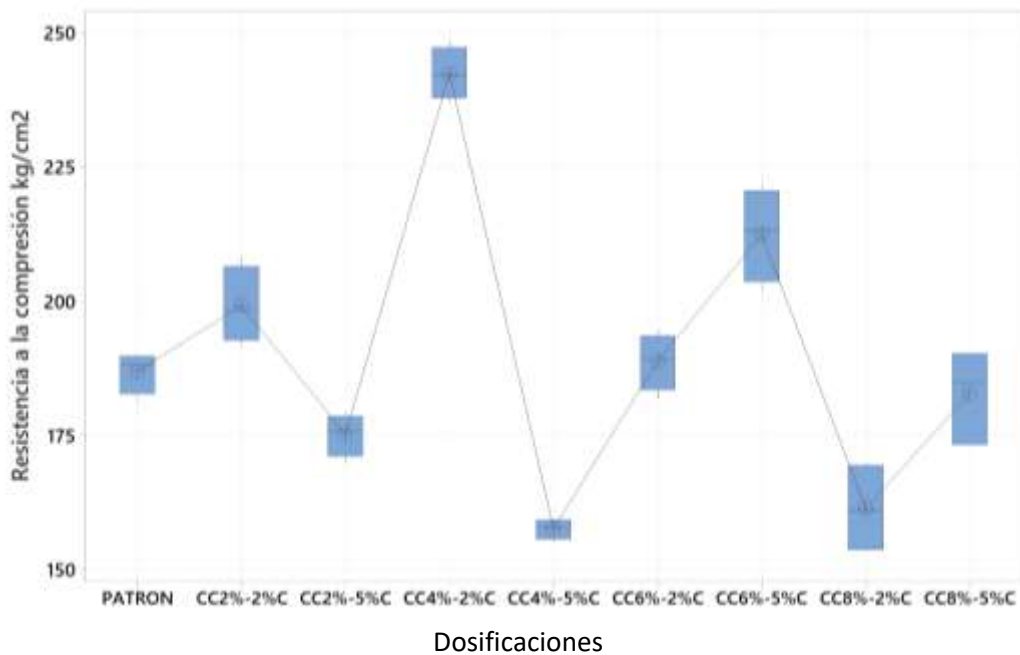


Figura 5 Diagrama de cajas de resistencia a la compresión

La Figura 5 muestra de manera gráfica los valores experimentales del ensayo a resistencia a la compresión del concreto con sus diversas dosificaciones por porcentaje de cemento y porcentaje de ceniza. Esta grafica indica que existen dos dosificaciones que superan la resistencia de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , que son CC4%-2%C seguida por CC6%-5%C. Esta evidencia es sólida con el rechazo de la hipótesis nula mediante el análisis de varianza mostrado en la Tabla 12.

### 3.5. Determinación de la proporción óptima de diseño

Los resultados indican que el valor de resistencia a la compresión se ve afectado de manera diferente con los diferentes valores de reemplazo. Para lo cual es necesario obtener un resultado óptimo de la dosificación ya sea en el porcentaje de ceniza ce concha marina y disminución de cemento.

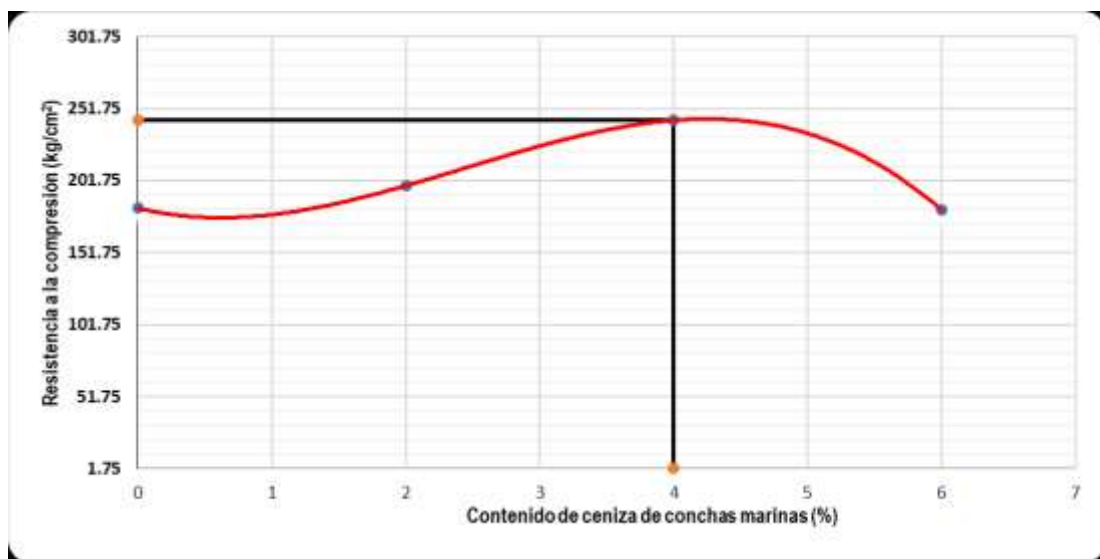
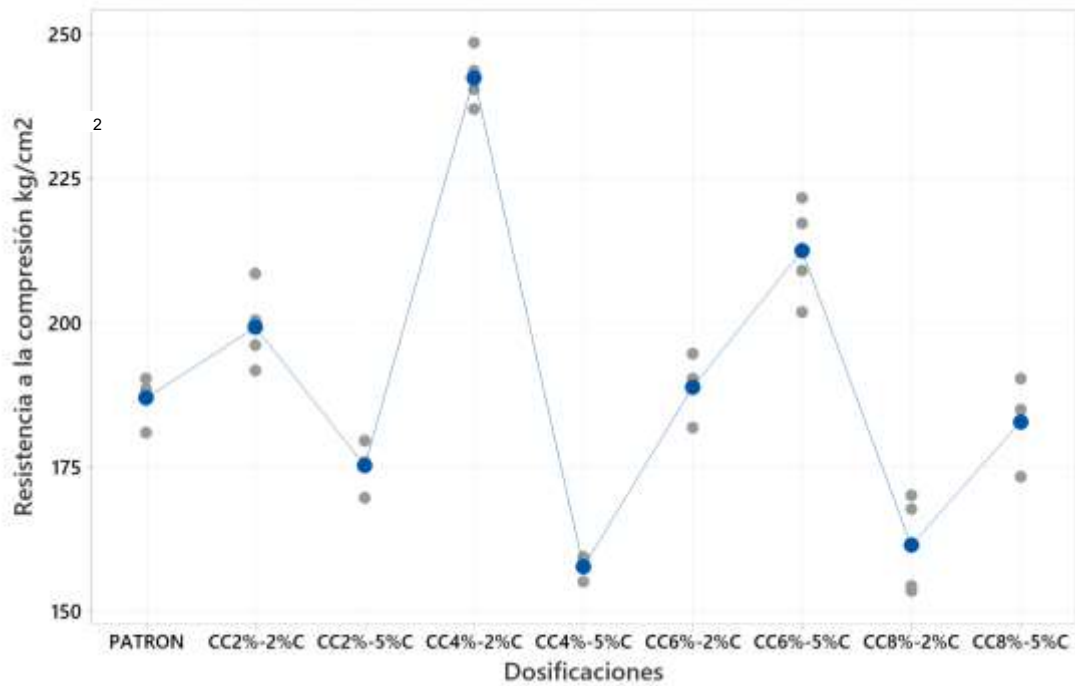


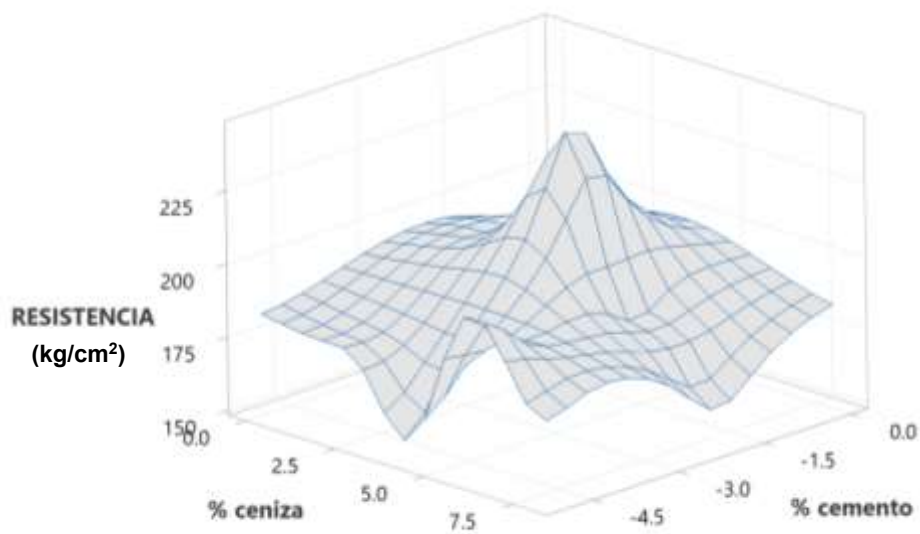
Figura 6 Relación de contenido de ceniza - resistencia a la compresión

En la Figura 6 se ve que la dosificación con un porcentaje de ceniza de 4% y una disminución del -2% de cemento llega a una resistencia de 243.48 kg/cm<sup>2</sup>.

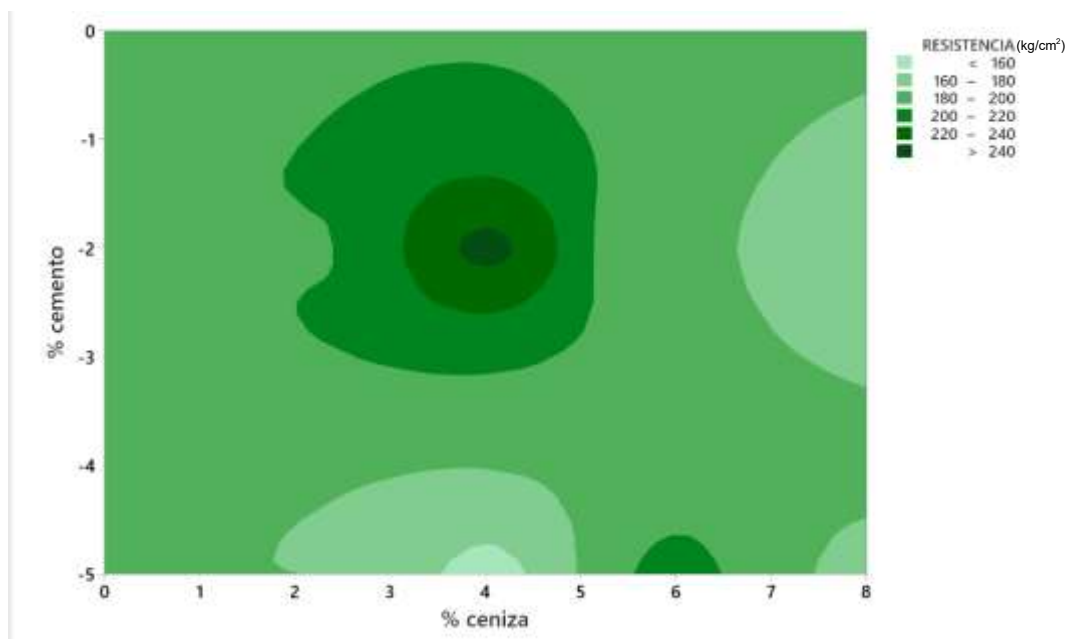


**Figura 7 Relación de resistencia a la compresión en base a las dosificaciones**

En la Figura 7, se presenta la superposición de las dosificaciones con porcentaje de Ceniza y porcentaje de la disminución de cemento, se ve que la relación entre los porcentajes de % ceniza al 4% alcanza una resistencia mayor en comparación a las demás dosificaciones, y que el porcentaje a disminuir de cemento es de -2%, debido a que al disminuir o sustituir el cemento en mayores cantidades la resistencia de concreto tiende a disminuir frente a las demás dosificaciones.



**Figura 8 Análisis de superficie de respuesta (gráfico 3D) relación de variables**



**Figura 9** Análisis de contorno de porcentaje de cemento – porcentaje de ceniza - resistencia a la compresión kg/cm<sup>2</sup>

En las Figuras 8 y 9 podemos apreciar el gráfico 3D y 2D para el análisis del porcentaje de cemento versus porcentaje de ceniza con la resistencia a la compresión del concreto, se ve que con un 4% de ceniza de concha marina como reemplazo del -2% de cemento se tiene la mayor resistencia a compresión a los 28 días. Por lo tanto, se conoce como proporción óptima.

### 3.6. Proporción óptima de ceniza de concha marina como reemplazo de cemento

En la Tabla 14, se presenta el resumen de trabajabilidad, peso unitario y resistencia a la compresión a los 28 días.

**Tabla 14. Resumen de trabajabilidad, peso unitario y resistencia a la compresión a 28 días.**

Muestra	Valor de asentamiento	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	7 cm	2350	182.55
+ 2% Ceniza / -2% Cemento	8 cm	2370	198.12
+ 2% Ceniza / -5% Cemento	8.5 cm	2340	180.22
+ 4% Ceniza / -2% Cemento	9 cm	2400	243.48
+ 4% Ceniza / -5% Cemento	9.5 cm	2360	154.78
+ 6% Ceniza / -2% Cemento	10 cm	2350	181.30
+ 6% Ceniza / -5% Cemento	11 cm	2330	205.47
+ 8% Ceniza / -2% Cemento	12 cm	2300	161.17
+ 8% Ceniza / -5% Cemento	13 cm	2280	176.68

En cuanto a un rendimiento en general de las dosificaciones de concreto, la dosificación de +4% de ceniza con un óptimo reemplazo de 2% de cemento en el concreto debido a los resultados de mayor resistencia a la compresión. Adicionalmente dicha dosificación tiene el peso unitario más alto a los 28 días en comparación con las otras dosificaciones.

### 3.7. Análisis de costo de dosificación con incorporación de ceniza de concha marina

Primero se determina el costo de elaboración de 1 bolsa de 42.5 kg de ceniza de concha marina, en sus fases de preparación, hasta su molido.

**Tabla 105. Determinación de costos de preparación de ceniza de concha marina bolsa de 42.5 kg**

No	Descripción insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario (S/)	Parcial (S/)
1	Recolección de concha marina Peon	hh	2	0.38	14.12	5.32
2	Lavado de impurezas Peon	hh	2	0.38	14.12	5.32
3	Secado al sol Peon	hh	0.5	0.09	14.12	1.33
4	Calcinado de concha marina Horno	hm	1	0.19	20	3.76
	Peon	hh	0.2	0.04	14.12	0.53
5	Molido de concha marina Peon	hh	2	0.38	14.12	5.32
<b>SUBTOTAL</b>						<b>21.57</b>

De la Tabla 15 se observa que no se ha considerado el costo de la concha marina debido a que, al ser un material desechable este no tiene costo, salvo la mano de obra del recolector y los diversos procesos en la elaboración de ceniza de concha de mar. Se tiene un costo de 21.57 soles por bolsa de 42.5 kg.

**Tabla 116. Análisis de costo unitario para 1 m<sup>3</sup> de concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>**

No	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
1	Piedra chancada de 3/4"	m <sup>3</sup>	0.35	51.61	18.06
2	Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.65	38.05	24.73
3	Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg)	bol	8.77	30.00	263.10
<b>Subtotal</b>					<b>305.90</b>

En la Tabla 16 vemos el Análisis de costo unitario para un concreto de f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo con la dosificación patrón de la Tabla 5, para efectos de la investigación se realizará la comparación solo de los materiales incluidos en el concreto como son piedra chancada, arena gruesa y cemento Portland tipo IP. Se tiene un costo de 305.90 soles por m<sup>3</sup>.

**Tabla 127. Análisis de costo unitario de concreto f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup> +4% de ceniza -2% cemento.**

ITEM	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
1	Piedra chancada de 3/4"	m3	0.35	51.61	18.06
2	Arena gruesa	m3	0.65	38.05	24.73
3	Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	8.59	30	257.84
4	Ceniza de concha marina 4% (42.5kg)	bol	0.35	21.57	7.57
<b>Subtotal</b>					<b>290.14</b>

En la Tabla 17 se tiene el análisis de costo unitario de concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, con la dosificación de +4% de ceniza de concha marina en sustitución del 2% de cemento. Se tiene un costo de 290.14 por metro cúbico.

**Table 138. Diferencia de costo de concreto patrón con concreto con ceniza de concha marina**

Descripción	Costo (S/)
Diseño patrón	305.90
Diseño con ceniza de concha marina	290.14
Diferencia soles	15.76
Diferencia (%)	5.15%

De la Tabla 18, se ve la diferencia de 15.76 soles entre el costo de un concreto con ceniza de concha marina en relación al precio del concreto patrón, equivalente a un ahorro de 5.15% por m<sup>3</sup>, el cual es significativo a medida que incrementa el volumen del concreto; en una relación de costo beneficio se tiene un concreto con mayor resistencia a 28 días con un menor costo.

## 4. Conclusión

El objetivo general de esta investigación es estudiar la influencia del polvo de conchas marinas, en la dosificación de concreto estructural con un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Las pruebas que se realizaron fueron trabajabilidad, medición del peso unitario y prueba de resistencia a la compresión. Se ve que el alto contenido de ceniza de concha marina como reemplazo del cemento provoca un proceso de hidratación lento que conduce a una reducción de la resistencia del concreto, por lo que el porcentaje de reemplazo del cemento es del 2%. El aumento de ceniza de concha marina al 4% incrementa la resistencia a compresión del concreto en un 33% en comparación con el concreto patrón, lo que demuestra que se tiene una mejoría en el comportamiento de este material.

La densificación del óxido de calcio (CaO) de la ceniza de concha marina aumenta el peso unitario del concreto, pero al disminuir el porcentaje de cemento este tiende a disminuir, lo que evidencia que el porcentaje óptimo de cemento es de -2% con un aumento de 4% de ceniza de concha marina, lo cual no afecta en la relación de agua cemento, que no afecta en la trabajabilidad del concreto.

Se determinó el costo de los insumos para la elaboración de un concreto patrón a 305.90 soles por metro cúbico, y el costo de los insumos para un concreto con +4% de ceniza de concha marina en sustitución de -2% de cemento a 290.14 soles con una diferencia de costo del 5.15%, lo cual cumple con el objetivo de la investigación que es encontrar no solo un diseño que cumpla con las exigencias como material estructural, sino que también sea sostenible y tenga una relación de costo beneficio.

Es necesario realizar más investigaciones del uso de concha marina en condiciones climáticas más desfavorables, con cambios en las gradientes de temperatura, en diferentes condiciones de exposición de curado. Se tiene un campo a investigar en el uso de ceniza de concha marina en otros tipos de concreto como son concretos porosos, concretos de alta resistencia o concretos especiales.

Es sostenible utilizar desechos de conchas marinas como material en el concreto debido a que la industria acuífera sigue en aumento, lo que lleva a que el aumento de desechos continúe y sin un campo de reutilización de este material se prevé mayor contaminación debido a que las conchas marinas tardan en descomponerse en su estado natural.

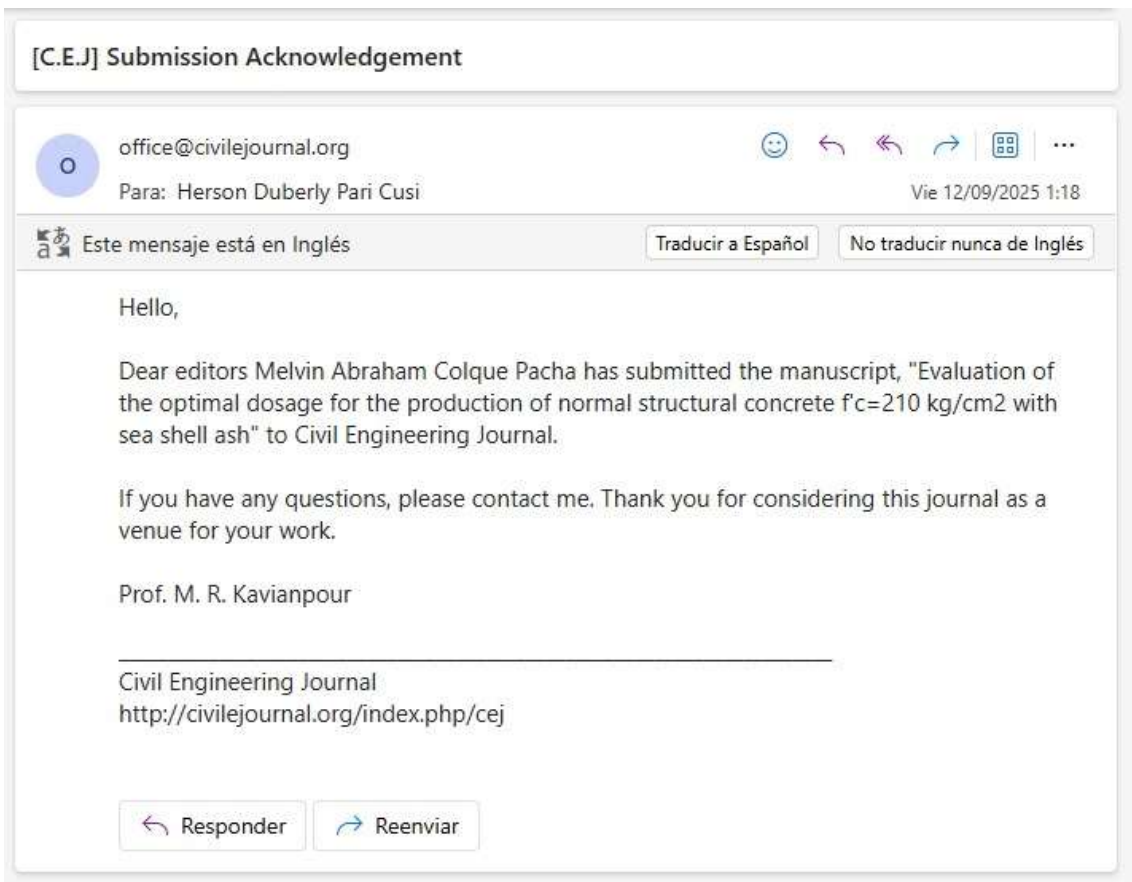
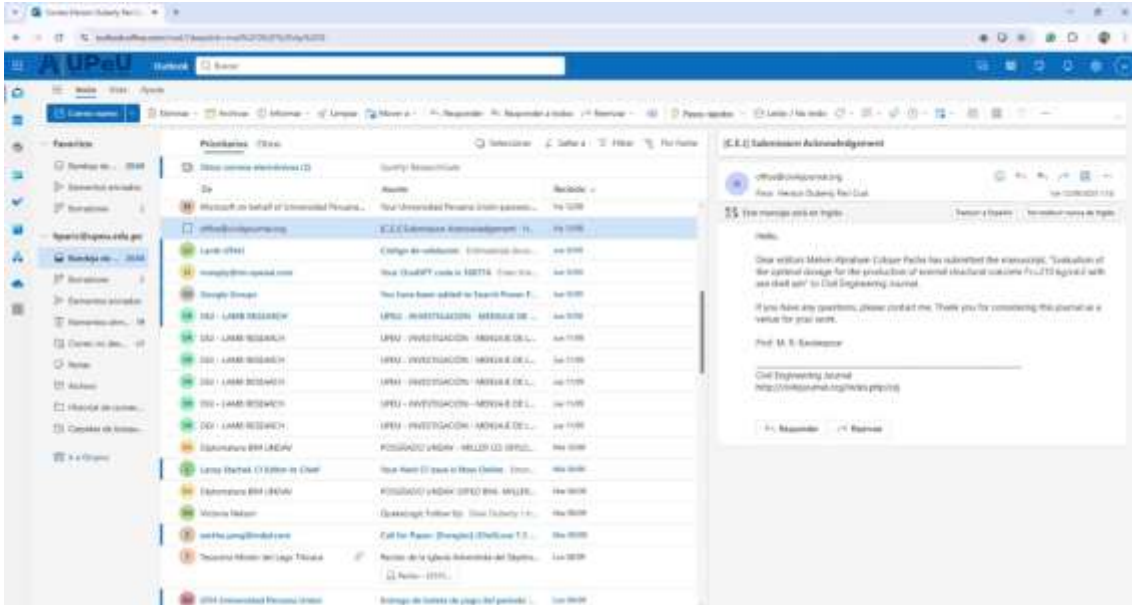
## 5. Referencias

- [1] Cámara Peruana de la Construcción. (2024). Informe económico de la construcción N° 75 [Diapositiva de power point]. CAPECO. [https://capeco.org/wp-content/uploads/2024/03/IEC-75-Presentacion-Foro\\_VF.pdf](https://capeco.org/wp-content/uploads/2024/03/IEC-75-Presentacion-Foro_VF.pdf).
- [2] Adrianzen, C. (3 de abril de 2023). La huella de carbono y la industria cementera en el Perú. Unacem. <https://www.unacem.pe/noticias/la-huella-de-carbono-y-la-industria-cementera-en-el-peru/>
- [3] Federación Interamericana del Cemento, “AMBICIÓN CLIMÁTICA,” Nov. 2021.
- [4] Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, “MANUAL DE CULTIVO SUSPENDIDO DE CONCHA DE ABANICO,” 2019.
- [5] C. Colán-Ramos, M. Gómez-Sánchez, J. A. Alcazar-Zamora, and A. Aguirre-Velarde, “Use of soft waste of the Peruvian scallops *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) to produce high protein meal,” *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 30, no. 2, pp. 961–966, 2019, doi: 10.15381/rivep.v30i2.16085.
- [6] C. Varhen, S. Carrillo, and G. Ruiz, “Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete,” *Constr Build Mater*, vol. 136, pp. 533–540, Apr. 2017, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.01.067.
- [7] H. M. Hamada, F. Abed, B. Tayeh, M. S. Al Jawahery, A. Majdi, and S. T. Yousif, “Effect of recycled seashells on concrete properties: A comprehensive review of the recent studies,” *Constr Build Mater*, vol. 376, p. 131036, May 2023, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.131036.
- [8] R. Ramasubramani, A. Nareshbabu, J. S. Sudarsan, and S. Nithiyantham, “Feasibility of cockle seashell waste as an additive material to concrete as a green concrete initiative to promote sustainability,” *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 7, no. 1, p. 93, 2022, doi: 10.1007/s41024-022-00234-6.
- [9] B. P. Ong and U. Kassim, “Performance of Concrete Incorporating of Clam Shell as Partially Replacement of Ordinary Portland Cement (OPC),” *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics Journal homepage*, vol. 55, pp. 12–21, 2019, [Online]. Available: [www.akademiabaru.com/aram.html](http://www.akademiabaru.com/aram.html)

- [10] B. A. Tayeh, M. W. Hasaniyah, A. M. Zeyad, and M. O. Yusuf, "Properties of concrete containing recycled seashells as cement partial replacement: A review," Nov. 10, 2019, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117723.
- [11] B. A. Tayeh *et al.*, "Durability and mechanical properties of seashell partially-replaced cement," *Journal of Building Engineering*, vol. 31, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101328.
- [12] H. N. Ruslan, K. Muthusamy, S. M. S. Mohsin, and M. S. Kirgiz, "Periwinkle Shell as Mixing Ingredient in Concrete: A Review," vol. 1, pp. 21–30, 2021, doi: 10.15282/cons.v1i2.6499.
- [13] H. Sampieri, R. Fernández Collado, and C. Baptista Lucio, "METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN," 2004.
- [14] P. I. Vizcaíno Zúñiga, R. J. Cedeño Cedeño, and I. A. Maldonado Palacios, "Metodología de la investigación científica: guía práctica," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 4, pp. 9723–9762, Sep. 2023, doi: 10.37811/cl\_rcm.v7i4.7658.

# ANEXOS

## Evidencia de sumisión



## Copia de resolución de inscripción de proyecto



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0548-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 26 de setiembre de 2023

### VISTO:

El expediente de Melvin Abraham Colque Pacha, identificado(a) con Código Universitario N° 201121199, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que Melvin Abraham Colque Pacha, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación del concreto con residuos de conchas marinas como sustituto del cemento" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 26 de setiembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Evaluación del concreto con residuos de conchas marinas como sustituto del cemento" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a Ing. Herson Duberly Pari Cusi para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: Dr. Nestor Alejandro Cruz Calapuja y Mg. Lily Zea Gonzales, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



Mg. Ketty Magaly Arellano Lino  
SECRETARIA ACADÉMICA

cc  
-Interesado  
-Asesor  
-Dirección General de Investigación  
-Archivo