Construcción Civil

USO DE CASCARAS DE HUEVO COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO EN CONCRETO PARA ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

INFORME DE PROYECTO

DOCENTE:

BUSTINZA CUTISACA ALAN

INTEGRANTES:

- EILEEN ARIANA CASTAÑEDA PEÑA
- NIKOL GERALDINE GUERRA NINA
- ELEAZAR MENESES ESTEBA
- ROY RENSO HUAMANI ALANGUIA
- ELVIS AMERICO LUNA TURPO

MODULO PROFESIONAL:

CONSTRUCCION CIVIL

SAMEGUA – MOQUEGUA – PERÚ

AÑO

2026

PRESENTACION

La construcción civil es uno de los sectores que genera una elevada demanda de materiales, siendo el cemento Portland uno de los insumos de mayor consumo debido a su función estructural dentro del concreto. Sin embargo, la fabricación de cemento implica un considerable uso de recursos naturales y energía, además de contribuir a la emisión de dióxido de carbono hacia la atmósfera. Frente a esta realidad, surge la necesidad de investigar alternativas sostenibles que permitan optimizar el uso de este material sin comprometer las propiedades mecánicas del concreto.

En este contexto, el presente proyecto de innovación tecnológica propone la incorporación de cáscara de huevo molida y tamizada como sustitución parcial del cemento en la elaboración de concreto con una resistencia de diseño de f'c = 140 kg/cm². La propuesta se fundamenta en el aprovechamiento de residuos orgánicos generados diariamente en hogares, restaurantes y establecimientos comerciales, los cuales generalmente son desechados sin recibir ningún tipo de valorización.

La cáscara de huevo posee un alto contenido de carbonato de calcio, componente que presenta características compatibles con algunos procesos utilizados en la fabricación de materiales cementantes. Por ello, su incorporación en proporciones controladas puede representar una alternativa viable para mejorar la sostenibilidad de las mezclas de concreto y reducir parcialmente el consumo de cemento convencional.

El proyecto contempla la evaluación experimental de diferentes porcentajes de sustitución del cemento por cáscara de huevo molida y tamizada (5%, 10% y 15%), con la finalidad de determinar su influencia en la resistencia a la compresión del concreto. Asimismo, busca demostrar la factibilidad técnica de reutilizar un residuo de origen doméstico en aplicaciones constructivas, promoviendo prácticas alineadas con los principios de economía circular y construcción sostenible.

Finalmente, esta investigación constituye una oportunidad para generar conocimiento aplicado dentro del ámbito de la construcción civil, aportando información útil para futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo de materiales alternativos y el aprovechamiento de residuos en la industria de la construcción.

RESUMEN

El presente proyecto de innovación tecnológica tuvo como finalidad evaluar la incorporación de cáscara de huevo molida y tamizada como sustitución parcial del cemento Portland en la elaboración de concreto con resistencia de diseño de f'c = 140 kg/cm². La investigación surge como una alternativa orientada al aprovechamiento de residuos orgánicos y a la reducción parcial del consumo de cemento, contribuyendo al desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles.

En el desarrollo del proyecto se recolectaron cáscaras de huevo provenientes de consumo local, las cuales fueron sometidas a procesos de limpieza, secado, molienda y tamizado obteniendo así un material de granulometría apta para su incorporación en la mezcla. Posteriormente, se efectuaron el diseño de mezcla considerando un concreto patrón y tres niveles de sustitución parcial del cemento equivalentes al 5%, 10% y 15% del peso total del material cementante. La preparación de las mezclas, fabricación de probetas, curado y ensayos de resistencia a la compresión se efectuaron siguiendo los procedimientos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas aplicables al concreto y los lineamientos de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas de concreto elaboradas con cada dosificación, con el propósito de comparar el comportamiento mecánico de las mezclas y determinar el porcentaje óptimo de incorporación. Los resultados obtenidos permitieron analizar la influencia de la cáscara de huevo sobre las propiedades del concreto, así como su viabilidad técnica como material complementario dentro de la matriz cementicia.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el incremento del porcentaje de sustitución del cemento por cáscara de huevo molida produce una reducción gradual de la resistencia a compresión del concreto. Sin embargo, la dosificación con 5% de sustitución presentó valores cercanos a los requerimientos de diseño, lo que permite considerarla como una alternativa viable para aplicaciones de baja exigencia estructural y elementos no estructurales.

Palabras clave: cáscara de huevo, concreto, sustitución parcial del cemento, resistencia a la compresión, innovación tecnológica, construcción sostenible, economía circular.

Contenido

1 INFORMACIÓN GENERAL 6
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO 6
1.2 CATEGORÍA DEL PROYECTO 6
1.3 ÁREA/LÍNEA DE INVESTIGACIÓN/INNOVACIÓN 6
1.3.1 ÁREA: 6
1.3.2 LINEA: 6
1.3.3 PROGRAMA DE ESTUDIOS: 6
1.3.4 EQUIPO INNOVADOR 6
2 DESCRIPCIÓN DE LA INNOVACIÓN 6
2.1 EL PROBLEMA 6
2.2 OBJETIVOS 8
2.2.1 General 8
2.2.2 Específicos 8
2.3 JUSTIFICACIÓN 8
2.4 MARCO REFERENCIAL 9
2.4.1 Antecedentes 9
2.4.1.1 Antecedentes Nacionales 9
2.4.1.2 Antecedentes Internacionales 10
2.4.2 Base teórica 10
2.4.2.1 El concreto 10
2.4.2.2 Concreto no estructural 11
2.4.2.3 Componentes del concreto 11
2.4.2.4 Cemento 12
2.4.2.5 Cemento Portland 12
2.4.2.6 Composición química del cemento Portland 12
2.4.2.7 El agua para el concreto 13
2.4.2.8 Agregados 13
2.4.2.9 Propiedades de concreto en estado endurecido 14
2.4.2.10 Resistencia a la tracción 14
2.4.2.11 Resistencia a la flexión 15
2.4.2.12 Cáscara de huevo 15
2.4.2.13 Ensayos de laboratorio para el diseño de mezclas 15
3 EJECUCIÓN DEL PROYECTO 16
3.1 Actividades de Inicio 16
3.2 Metodología Utilizada 16
3.3 Actividades de Desarrollo de la Innovación 16
3.3.1 Diseño y Construcción de la Innovación 16
3.3.2 Pruebas realizadas: 18
3.3.3 Impactos 24

4 CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES 27
5 BIBLIOGRAFIA 29
6 ANEXOS 30

Figuras

FIGURA 3-1: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS 18
FIGURA 3-2: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS 19
FIGURA 3-3: GRÁFICO DE ASENTAMIENTO DEL SLUMP 20
FIGURA 3-4: COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN DE BRIQUETAS 23
FIGURA 3-5: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO 25
FIGURA 3-6: DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 5% 25

Tablas

TABLA 2-1 BASE TÉCNICA DEL RESIDUO DE LA CÁSCARA DE HUEVO 7
TABLA 2-2 CONSUMO DE HUEVO A NIVEL REGIONAL-MOQUEGUA 7
TABLA 2-3 CONSUMO DE HUEVO A NIVEL NACIONAL 7
TABLA 2-4 CONSUMO DE HUEVO A NIVEL NACIONAL 7
TABLA 2-5 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA CÁSCARA DE HUEVO 15
TABLA 3-1 CUADRO COMPARATIVO DEL ASENTAMIENTO SLUMP (TRABAJABILIDAD) 19
TABLA 3-2 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE (7 DÍAS) 21
TABLA 3-3 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE 14 (DÍAS) 21
TABLA 3-4 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE (28 DÍAS) 21
TABLA 3-5 CUADRO COMPARATIVO DE PROMEDIOS DE F'C 22
TABLA 3-6 CUADRO COMPARATIVO CEMENTO AHORRADO 26
TABLA 6-1 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO 53
TABLA 6-2 TRANSPORTE DE MATERIALES 53
TABLA 6-3 ELABORACIÓN Y ENSAYO DE ROTURA DE BRIQUETAS 53
TABLA 6-4 TRANSPORTE DE BRIQUETAS 53
TABLA 6-5 DIFUSIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO 54
TABLA 6-6 RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO 54
TABLA 6-7 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO 54
TABLA 6-8 CUADRO DE ACTIVIDADES PARA EL DIAGRAMA DE GANTT 56

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Influencia de los porcentajes de sustitución (5%, 10% y 15%) de cemento por cáscara de huevo molida y tamizada en la resistencia a la compresión del concreto f'c = 140 kg/cm² para elementos no estructurales en Moquegua – 2026

1.2 CATEGORÍA DEL PROYECTO

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

1.3 ÁREA/LÍNEA DE INVESTIGACIÓN/INNOVACIÓN

1.3.1 ÁREA:

PRODUCCIÓN Y SERVICIOS INDUSTRIALES

1.3.2 LINEA:

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCION

1.3.3 PROGRAMA DE ESTUDIOS:

CONSTRUCCIÓN CIVIL

1.3.4 EQUIPO INNOVADOR

Docente Asesor: Ing. Alan Bustinza Cutisaca

Integrantes:
1. Roy Renzo Huamani Alanguia
2. Eleazar Meneses Esteba
3. Elvis Américo Luna Turpo
4. Eileen Castañeda Peña
5. Nikol Geraldine Guerra Nina

2 DESCRIPCIÓN DE LA INNOVACIÓN

2.1 EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, siendo el cemento Portland su principal componente. Sin embargo, la producción de cemento genera un importante impacto ambiental debido al consumo de recursos naturales y la emisión de dióxido de carbono. Paralelamente, en Moquegua se generan grandes cantidades de residuos de cáscara de huevo que son desechados sin ningún aprovechamiento.

Ante esta situación, surge la necesidad de investigar alternativas que permitan reutilizar estos residuos como sustitutos parciales del cemento, contribuyendo a reducir el impacto ambiental y promoviendo el uso sostenible de materiales en la construcción.

Por otro lado, en la región Moquegua, el consumo de huevo no se limita únicamente a la producción local, sino que está fuertemente influenciado por el abastecimiento proveniente de otras regiones del país debido a la limitada producción avícola regional. Esta situación genera un flujo continuo de ingreso

de huevos al mercado local, tanto en zonas urbanas como rurales, lo que incrementa la disponibilidad del residuo en forma de cáscara dentro del ámbito de consumo doméstico, comercial y gastronómico.

Asimismo, el consumo de huevo en el Perú se ha consolidado como un indicador relevante de demanda alimentaria, registrándose un consumo promedio de aproximadamente 247 huevos por persona al año, según datos reportados por la Asociación Peruana de Avicultura y difundidos por RPP Noticias. Este comportamiento de consumo refleja la alta presencia del huevo en la dieta diaria de la población, lo que contribuye directamente a la generación constante de residuos de cáscara de huevo en los diferentes niveles de consumo.

Para tener en cuenta el consumo y desecho de la cascara de huevo debemos saber que:

Tabla 2-1 Base técnica del residuo de la cáscara de huevo

Parámetro	Valor
Peso promedio de 1 huevo	55 g
Cáscara por huevo	5.5 g
Residuo seco útil (calcinado)	4–5 g

Fuente: Elaboración propia

Ahora procedemos a realizar los cálculos correspondientes para aproximar el consumo y desecho de la cascara de huevo.

Población estimada Moquegua: 200,000 habitantes:

Tabla 2-2 Consumo de huevo a nivel regional-Moquegua

Concepto	Cálculo	Resultado
Consumo total anual	247 × 34M	8,398 millones de huevos
Cáscara total	8,398M × 5.5 g	46,189 toneladas/año
Cáscara potencial útil	80% recuperación	36,951 toneladas/año

Fuente: Elaboración propia

Estimación de población Perú 34 millones de habitantes:

Tabla 2-3 Consumo de huevo a nivel nacional

Concepto	Cálculo	Resultado
Consumo total anual	247 × 34M	8,398 millones de huevos
Cáscara total	8,398M × 5.5 g	46,189 toneladas/año
Cáscara potencial útil	80% recuperación	36,951 toneladas/año

Fuente: Elaboración propia

Producción mundial de huevo:

Tabla 2-4 Consumo de huevo a nivel nacional

Concepto	Resultado	Concepto
Producción mundial huevo	86 millones toneladas	Producción mundial huevo
Cáscara (10%)	8.6 millones toneladas/año	Cáscara (10%)
Cáscara potencial útil	6–7 millones toneladas/año	Cáscara potencial útil

Fuente: Elaboración propia

Problema general

¿Cómo influye la sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo molida y tamizada en la resistencia a la compresión del concreto f'c = 140 kg/cm² para elementos no estructurales?

Problemas especificos

- ¿Cómo influye la sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo molida en proporciones del 5%, 10% y 15% sobre la resistencia a la compresión del concreto no estructural con un f'c = 140 kg/cm²?
- ¿Cuál de estos porcentajes presenta el mejor comportamiento mecánico en comparación con el concreto patrón?

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 General

Determinar el efecto de la adición de cáscara de huevo en porcentajes del 5%, 10% y 15% del peso del cemento sobre la resistencia a compresión y trabajabilidad de un concreto no estructural f'c=140 kg/cm².

2.2.2 Específicos

- Evaluar la resistencia a compresión del concreto f'c = 140 kg/cm² con reemplazos de 5%, 10% y 15% de cáscara de huevo, verificando que cumpla con el mínimo requerido para usos no estructurales.
- Analizar el efecto de la cáscara de huevo en la trabajabilidad del concreto mediante ensayos de asentamiento y pruebas de consistencia.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

La presente investigación se desarrolla con la finalidad de ampliar el conocimiento existente sobre el uso de residuos orgánicos como materiales complementarios en la elaboración del concreto. La cáscara de huevo posee un alto contenido de carbonato de calcio, compuesto que presenta características de interés para su incorporación como sustituto parcial del cemento.

El estudio permitirá generar información técnica sobre el comportamiento mecánico del concreto elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por cáscara de huevo molida y tamizada, contribuyendo al desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con materiales alternativos y sostenibles para la construcción civil.

Justificación práctica

La investigación surge ante la necesidad de buscar alternativas que permitan reducir parcialmente el consumo de cemento mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos que actualmente son desechados. A través de la incorporación de cáscara de huevo molida y tamizada se evaluará su influencia en la resistencia a la compresión del concreto f'c = 140 kg/cm².

Los resultados obtenidos permitirán determinar la viabilidad técnica de este material como sustituto parcial del cemento en elementos no estructurales, proporcionando información útil para futuras aplicaciones en el sector construcción.

Justificación metodológica

La investigación se desarrollará mediante un procedimiento experimental basado en la elaboración de mezclas de concreto con diferentes porcentajes de sustitución del cemento por cáscara de huevo molida y tamizada (5%, 10% y 15%). Posteriormente se realizaron ensayos de resistencia a la compresión conforme a las Normas Técnicas Peruanas y los lineamientos establecidos en la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La metodología aplicada permitirá obtener resultados confiables y verificables que podrán servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con materiales alternativos en la construcción.

Justificación económica

La presente investigación busca evaluar una alternativa que contribuya a disminuir parcialmente el consumo de cemento mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de huevo. Al tratarse de un material de bajo costo y fácil obtención, su utilización podría representar una alternativa económicamente viable para determinadas aplicaciones constructivas.

Asimismo, la reutilización de este residuo permitiría generar valor agregado a un material que normalmente es desechado, promoviendo el uso eficiente de recursos disponibles en el entorno local.

Justificación ambiental

La investigación contribuye a la reducción del impacto ambiental mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de huevo que habitualmente son descartados como desechos sólidos. Su reutilización en la elaboración de concreto promueve prácticas asociadas a la economía circular y a la gestión sostenible de residuos.

Además, al sustituir parcialmente el cemento Portland, se contribuye indirectamente a disminuir el consumo de materias primas utilizadas en su fabricación, fomentando alternativas más sostenibles dentro de la industria de la construcción.

2.4 MARCO REFERENCIAL

2.4.1 Antecedentes

2.4.1.1 Antecedentes Nacionales

Quispe y Huamán (2021), en su investigación titulada "Influencia de la incorporación de cáscara de huevo pulverizada en la resistencia a la compresión del concreto", se tuvo como objetivo evaluar el comportamiento mecánico del concreto al sustituir parcialmente el cemento por cáscara de huevo en porcentajes de 5%, 10% y 15%. La metodología consistió en elaborar probetas cilíndricas sometidas a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados demostraron que las mezclas con 5% de sustitución presentaron resistencias cercanas al concreto patrón, mientras que porcentajes mayores produjeron una disminución progresiva de la resistencia. Los autores concluyeron que la cáscara de huevo puede emplearse como material complementario en concretos de baja exigencia estructural.

Según Vargas y Cárdenas (2022), en su estudio denominado "Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto utilizando residuos de cáscara de huevo como sustituto parcial del cemento", se analizaron mezclas de concreto con sustituciones del 5%, 10% y 15% de cemento. La investigación utilizó

ensayos de resistencia a compresión realizados conforme a normas técnicas vigentes. Los resultados evidenciaron que el concreto con 5% de sustitución mantuvo propiedades mecánicas aceptables, mientras que los porcentajes superiores redujeron significativamente la resistencia. Los investigadores concluyeron que el aprovechamiento de residuos de cáscara de huevo representa una alternativa sostenible para reducir parcialmente el consumo de cemento.

Paredes (2023) tuvo como finalidad determinar la influencia de la cáscara de huevo molida en las propiedades mecánicas del concreto convencional. Para ello se elaboraron probetas con diferentes porcentajes de sustitución parcial del cemento y posteriormente fueron sometidas a ensayos de compresión. Los resultados mostraron que la incorporación de pequeñas cantidades de cáscara de huevo no afecta considerablemente la resistencia del concreto, mientras que porcentajes elevados generan una reducción en su capacidad resistente. El estudio destacó el potencial de este residuo como material alternativo en aplicaciones no estructurales.

2.4.1.2 Antecedentes Internacionales

Yerramala (2014) en India, en su investiación titulada "Properties of Concrete with Eggshell Powder as Partial Replacement of Cement", se evaluó el uso de polvo de cáscara de huevo como sustituto parcial del cemento en diferentes proporciones. La metodología consistió en la fabricación de probetas de concreto y la realización de ensayos de resistencia a la compresión. Los resultados indicaron que porcentajes bajos de sustitución permitieron obtener resistencias similares al concreto convencional, concluyendo que la cáscara de huevo posee potencial para ser utilizada como material complementario en la producción de concreto.

Según Amu, Fajobi y Oke (2015), en su estudio desarrollado en Nigeria, se investigó la utilización de residuos de cáscara de huevo como adición mineral en mezclas de concreto. Los investigadores elaboraron diferentes dosificaciones con porcentajes variables de sustitución del cemento y evaluaron su resistencia mecánica. Los resultados demostraron que las mezclas con menores porcentajes de incorporación presentaron un comportamiento satisfactorio, mientras que niveles elevados ocasionaron reducciones significativas de resistencia. Los autores concluyeron que este material puede contribuir al aprovechamiento de residuos y a la reducción del impacto ambiental.

Balamurugan y Perumal (2018) tuvo como objetivo analizar el comportamiento del concreto elaborado con polvo de cáscara de huevo como sustituto parcial del cemento Portland. Para ello se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, absorción y durabilidad. Los resultados indicaron que las mezclas con porcentajes moderados de sustitución mantuvieron propiedades aceptables para aplicaciones de baja exigencia estructural. Los autores concluyeron que el uso de cáscara de huevo constituye una alternativa sostenible que favorece la reutilización de residuos orgánicos en la construcción.

2.4.2 Base teórica

2.4.2.1 El concreto

"El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos

entre ellas. En teoría, el volumen de mortero sólo debería llenar el volumen entre partículas" (Harmse, 2002)

El concreto empleado en la construcción es una mezcla compuesta principalmente por cemento, agua y agregados, como arena y piedra chancada. A veces, se pueden agregar aditivos para optimizar características específicas del concreto, tales como su resistencia, manejabilidad y durabilidad. El procedimiento de preparación y colocación del concreto es fundamental en la construcción de estructuras sólidas y duraderas. Este material es ampliamente utilizado en la industria de la construcción debido a sus propiedades destacadas, que incluyen:

- Resistencia y durabilidad: El concreto es capaz de soportar cargas pesadas y resistir el paso del tiempo, lo que lo convierte en una elección ideal para edificios, puentes, represas y otras estructuras de ingeniería.
- Versatilidad: Puede moldearse en diversas formas y tamaños, lo que permite la construcción de una amplia gama de estructuras arquitectónicas y de ingeniería.
- Economía: El concreto es relativamente económico en comparación con otros materiales de construcción, lo que lo hace asequible y accesible para proyectos de diversas escalas.
- Sostenibilidad: Parte de los componentes del concreto, como la arena y la grava, son recursos naturales abundantes, contribuyen a su sostenibilidad.
- Resistencia al fuego y al agua: El concreto es un material incombustible y resistente a la humedad, lo que aumenta su valor como material de construcción seguro y confiable.
- Bajo mantenimiento: Las estructuras de concreto generalmente requieren menos mantenimiento en comparación con otros materiales, lo que disminuye los costos a largo plazo.

El concreto de construcción ha sido una piedra angular en el desarrollo de la infraestructura moderna y ha contribuido significativamente al progreso de nuestras sociedades al proporcionar soluciones de construcción confiables y de larga duración. Sin embargo, también es importante considerar el impacto ambiental de su producción y se debe buscar continuamente formas de mejorar su sostenibilidad.

2.4.2.2 Concreto no estructural

El concreto no estructural es aquel que se utiliza en elementos cuya función principal no es soportar cargas importantes ni formar parte del sistema resistente de una edificación. Generalmente se emplea en veredas, pisos, sardineles, cunetas, contrapisos, pavimentos peatonales y otros elementos donde las exigencias mecánicas son menores en comparación con elementos estructurales como vigas, columnas o losas.

Según la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), los concretos destinados a elementos estructurales deben cumplir requisitos mínimos de resistencia y control de calidad. En contraste, los concretos de baja resistencia utilizados en aplicaciones no estructurales presentan menores exigencias de diseño, permitiendo la incorporación de materiales alternativos siempre que se garantice un comportamiento adecuado para su uso previsto.

2.4.2.3 Componentes del concreto

El concreto es un compuesto elaborado a partir de cemento, agua, agregados gruesos y agregados finos y en algunos casos cuando se requiere que el

concreto adquiera alguna propiedad extra se utilizan los aditivos. Los diferentes componentes del concreto aportan una característica única por lo que deben de tener una relación adecuada para llegar a la resistencia deseada.

2.4.2.4 Cemento

El cemento es un material aglomerante, es decir una sustancia cuando se combina con agua, este material forma una pasta que, con el tiempo, desarrolla una notable resistencia mecánica y capacidad de resistencia. Su función principal es unir y fijar diversos materiales para formar estructuras sólidas y duraderas.

En el Perú el cemento se rige principalmente por las normas establecidas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y debe cumplir con ciertos requisitos indicadas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), que especifica aquellos parámetros de calidad que deben de cumplir. Estos parámetros incluyen resistencias a la compresión, tiempos de fraguado, contenido de sulfatos, entre otros aspectos importantes para garantizar su desempeño adecuado en la edificación de cualquier forma de elementos de estructuras de concreto.

2.4.2.5 Cemento Portland

El cemento Portland es un tipo de material hidráulico producido al moler clinker, que es un producto intermedio derivado de la cocción de una mezcla uniforme de calizas y arcillas. Este proceso puede incluir la incorporación de sulfato de calcio o de otros aditivos activos, que no superan el 5% del peso total. Este tipo de cemento es ampliamente utilizado en la construcción debido a su resistencia y durabilidad.

2.4.2.6 Composición química del cemento Portland

Debido a que el cemento Portland es una combinación de múltiples compuestos minerales, no puede representarse mediante una única fórmula química. Sin embargo, más del 90% de su composición está constituida por cuatro compuestos principales que determinan sus propiedades físicas y mecánicas desde el estado fresco hasta el endurecimiento del concreto tras el proceso de hidratación. Estos compuestos son el silicato tricálcico (C_3S), responsable del desarrollo inicial de resistencia; el silicato dicálcico (C_2S), que contribuye a la resistencia a largo plazo; el aluminato tricálcico (C_3A), relacionado con el tiempo de fraguado y la liberación de calor; y el ferroaluminato tetracálcico (C_4AF), que influye en el proceso de fabricación y en algunas propiedades del cemento. La interacción de estos compuestos con el agua permite la formación de productos de hidratación que proporcionan resistencia y durabilidad al concreto.

La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 clasifica los siguientes tipos de cemento:

- Tipo I: Cemento de uso general sin requisitos especiales específicos para aplicaciones diversas.
- Tipo II (MH): Cemento de uso general diseñado para aplicaciones que requieren un calor de hidratación y resistencia moderados a los sulfatos.
- Tipo III: Cemento que se emplea cuando se necesitan altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Cemento indicado para situaciones donde se requiere un bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Cemento utilizado en situaciones que requieren una alta resistencia a los sulfatos.

2.4.2.7 El agua para el concreto

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser potable y libre de contaminantes que puedan deteriorar sus propiedades, tales como resistencia, durabilidad y trabajabilidad. A continuación, se detallan las características esenciales que el agua debe cumplir según las Normas Peruanas:

- Potabilidad: El agua empleada en el concreto debe que estar alineado a ciertas normas potables establecidas para el agua de consumo humano. Esto garantiza que el agua no contenga microorganismos, sustancias tóxicas o contaminantes que puedan afectar la salud de las personas o las propiedades del concreto.
- Sustancias orgánicas e inorgánicas: Este líquido debe estar libre de cantidades significativas de elementos orgánicas o inorgánicas que pueden reaccionar con los componentes del cemento o afectar la hidratación de este. La presencia de ciertos elementos puede influir negativamente a la durabilidad y resistencia del concreto.
- Cloruros y sulfatos: La presencia de cloruros y sulfatos en el agua puede ser perjudicial para el concreto, ya que pueden causar corrosión en las armaduras de acero y provocar daños en la estructura con el tiempo. Por lo tanto, las normas aseguran los límites máximos permitidos para estos elementos.
- pH: El pH del agua debe estar dentro de un rango específico para garantizar que no sea demasiado ácido ni demasiado alcalino. Un pH adecuado evita alteraciones en las reacciones para hidratar el cemento y la resistencia adecuado en el concreto.
- Contenido de sólidos disueltos: Las normas peruanas también limitados para el contenido de sólidos disueltos totales presentes en el agua. Demasiados sólidos disueltos pueden afectar la trabajabilidad del concreto y generar problemas en el fraguado.

Al usar agua de mar en la elaboración del concreto esta se debe tener con ciertas restricciones: para estructuras que presenten Para concretos que no están ni pretensados ni postensados, cuando la resistencia a la compresión es inferior a 175 kg/cm², se sugiere emplear un concreto con una resistencia final de entre el 110% y el 120% de la resistencia especificada. Esta recomendación se hace para compensar la disminución en la resistencia final que podría ocurrir.

2.4.2.8 Agregados

Los agregados son uno de los componentes fundamentales que constituyen la mayor parte de la mezcla de concreto y su correcta selección, clasificación y proporción son determinantes para obtener un concreto de calidad en términos de resistencia. Según las Normas Peruanas, los agregados se clasifican en:

- **Agregados finos**: Los agregados finos son aquellos que pasan Los materiales que pasan a través de un tamiz con malla de 4.75 mm (malla N° 4) y quedan retenidos en un tamiz de 0.075 mm (malla N° 200) generalmente corresponden a arena natural o arena triturada. Estos materiales cumplen la función de ocupar los huecos entre los agregados más grandes, así como de optimizar la trabajabilidad y la adherencia de la mezcla de concreto. La Norma Técnica Peruana 334.042 establece directrices relacionadas con estos aspectos, siendo los requisitos de calidad para los agregados finos, incluyendo granulometría, limpieza y contenido de materiales perjudiciales.
- **Agregados gruesos**: Los agregados gruesos son aquellos que pasan por el tamiz de 75 mm (3 pulgadas) y quedan atrapadas en el tamiz de 4.75 mm (malla N° 4). Estos materiales, generalmente piedras

chancada o grava, son esenciales para proporcionar resistencia mecánica al concreto. La Norma Técnica Peruana NTP 400.037 especifica los requisitos de calidad para los agregados gruesos, como resistencia, durabilidad y forma.

2.4.2.9 Propiedades de concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto se define como la habilidad de este material para soportar fuerzas que tienden a comprimirlo, es decir, fuerzas que tienden a reducir el volumen o/a aplastar el material. Esta propiedad es esencial en la mayoría de las estructuras de concreto, como columnas, vigas, losas y cimientos, ya que estas deben soportar cargas verticales y mantener su integridad estructural.

La resistencia a la compresión del concreto (f'c) se evalúa a través de ensayos de laboratorio realizados en muestras representativas. Este proceso consiste en aplicar fuerzas de compresión de manera gradual sobre las muestras y registrar la máxima carga que el concreto puede soportar antes de fallar o romperse. La carga máxima se mide en unidades de presión, típicamente en megapascales (MPa) o en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²). Según McCormac y Brown, para asegurar que la resistencia a la compresión del concreto en una estructura cumpla o supere el valor especificado f'c, el diseño de la mezcla de concreto debe considerar un valor mayor, denominado f'cr. La sección 5.3 del código ACI detalla cómo se deben determinar las proporciones de la mezcla de concreto basándose en las resistencias a la compresión deben superar significativamente las resistencias especificadas a los 28 días.

Factores que influyen en la resistencia a la compresión

- Proporciones de los materiales: La cantidad vs relación entre los componentes del concreto, como cemento, agregados (arena, grava) y agua.
- Calidad del cemento: La calidad del cemento utilizado para mezclar es crucial para obtener una mayor resistencia a la compresión.
- Curado: El proceso de curado, que implica mantener el concreto adecuadamente humedecido y protegido durante un período de tiempo después de su colocación, influye en la formación de una estructura interna resistente.
- Agregados: La calidad, forma y tamaño de los agregados que se encuentran en la resistencia del concreto.
- Aditivos: La adición de aditivos en el concreto puede mejorar o modificar sus características, incluida la resistencia a la compresión.

2.4.2.10 Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción del concreto es una propiedad mecánica que indica la capacidad del material para soportar fuerzas que tiende n a estirarlo o alargarlo. En contraste con la resistencia a la compresión, que mide cómo el concreto maneja cargas que lo comprimen, la resistencia a la tracción evalúa su habilidad para resistir tensiones. Esta propiedad se puede determinar a través de pruebas específicas, como la prueba de tracción directa.

En general, la resistencia a la tracción del concreto es considerablemente menor que su resistencia a la compresión, debido a que el concreto es un material frágil con una capacidad limitada para resistir la expansión de fisuras bajo tensiones de tracción. Según **McCormac y Brown**, la resistencia a la tracción del concreto suele estar entre el 8% y el 15% de su resistencia a la compresión.

Esta menor resistencia se debe en gran medida a la presencia de numerosas microfisuras en el material. Estas grietas son poco relevantes bajo cargas de compresión, ya que se cierran y permiten la transmisión de la compresión. Sin embargo, esto no ocurre con las cargas de tensión.

Para mejorar que tan resistente a la tracción del hormigón, es posible agregar materiales o fibras de refuerzo, como el acero, que proporciona una mayor resistencia.

2.4.2.11 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión del concreto es una característica mecánica que refleja la habilidad del material para soportar la flexión o curvatura cuando se le aplican cargas. Cuando un miembro estructural de concreto, como una losa, está sometido a fuerzas que tienden a curvarlo, se produce una distribución de tensiones en su sección transversal. **Según Rivera** este parámetro se utiliza en estructuras como pavimentos rígidos, los esfuerzos de compresión que se producen en la superficie de contacto entre las ruedas de un vehículo y el pavimento tienden a ser aproximadamente equivalentes a la presión de inflado de las llantas. En situaciones extremas, esta presión puede llegar hasta 5 o 6 kg/cm².

2.4.2.12 Cáscara de huevo

La cáscara de huevo es un residuo orgánico compuesto principalmente por minerales, destacando el carbonato de calcio ($CaCO_3$), el cual representa aproximadamente entre el 90% y 95% de su composición total como se presenta en la tabla 4-5:

Tabla 2-5 Componentes químicos de la cáscara de huevo

Componente	Porcentaje (%)
Carbonato de calcio ($CaCO_3$)	90 – 95
Fosfato de calcio ($Ca_3(PO_4)_2$)	1 – 3
Carbonato de magnesio ($MgCO_3$)	0.5 – 1
Materia orgánica	2 – 4
Otros minerales	<1

Fuente: Elaboración propia

Debido a esta característica, la cáscara de huevo ha despertado interés en el ámbito de la construcción como material complementario o sustituto parcial del cemento. Una vez sometida a procesos de limpieza, secado, molienda y tamizado, puede incorporarse en mezclas de concreto contribuyendo al relleno de vacíos y mejorando la distribución granulométrica de la pasta cementante.

2.4.2.13 Ensayos de laboratorio para el diseño de mezclas

Análisis Granulométrico

Ensayo que permite determinar la distribución de tamaños de las partículas presentes en los agregados finos y gruesos mediante el uso de una serie de tamices normalizados. Su finalidad es verificar que los agregados cumplan con los requisitos establecidos para la elaboración de concreto.

Peso Unitario de los Agregados

Permite determinar el peso de un volumen conocido de agregado en estado suelto y compactado. Este ensayo es utilizado para el cálculo de proporciones dentro del diseño de mezcla.

Peso Específico y Absorción

Determina la relación entre la masa del agregado y el volumen que ocupa, así como la cantidad de agua que puede absorber. Estos parámetros son fundamentales para corregir el contenido de agua en la mezcla.

Contenido de Humedad

Ensayo utilizado para determinar la cantidad de agua presente en los agregados antes de la elaboración del concreto. Permite realizar ajustes en la dosificación para mantener la relación agua-cemento establecida.

Ensayo de Revenimiento (Slump)

Permite evaluar la trabajabilidad y consistencia del concreto fresco mediante la medición del asentamiento de una muestra colocada en el cono de Abrams.

Elaboración y Curado de Probetas

Consiste en la fabricación de especímenes cilíndricos de concreto que posteriormente son sometidos a un proceso de curado controlado para desarrollar sus propiedades mecánicas.

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Permite determinar la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión. Para la presente investigación se realizaron ensayos a los 7, 14 y 28 días de curado.

3 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

3.1 Actividades de Inicio

Para el desarrollo del proyecto se realizó inicialmente la adquisición de los materiales necesarios, entre ellos cemento, agregados fino y grueso, agua y cáscara de huevo. Posteriormente se llevaron a cabo los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas de los agregados, tales como granulometría, peso específico, peso unitario, contenido de humedad y absorción tanto del agregado fino como del agregado grueso. Estos ensayos permitieron obtener los datos necesarios para el diseño de mezcla del concreto.

3.2 Metodología Utilizada

La metodología empleada fue de tipo experimental. En primer lugar, se caracterizaron los materiales mediante ensayos de laboratorio. Luego se diseñó una mezcla de concreto con resistencia de **140 kg/cm²**, que sirvió como mezcla patrón. Posteriormente se preparó la cáscara de huevo mediante un proceso de limpieza, secado y molienda para obtener un material fino que pudiera incorporarse al concreto como sustituto parcial del cemento. Finalmente, se elaboraron las briquetas, se realizó su curado y posteriormente se efectuaron ensayos de resistencia a la compresión para evaluar el comportamiento del concreto modificado.

3.3 Actividades de Desarrollo de la Innovación

3.3.1 Diseño y Construcción de la Innovación

La innovación propuesta consistió en la incorporación de **cáscara de** huevo **molida** como sustituto parcial del cemento en mezclas de concreto, con el objetivo de aprovechar un residuo orgánico y evaluar su influencia en la resistencia mecánica del concreto.

Las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

- Realización de ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los agregados.
- Elaboración del diseño de mezcla para una resistencia de 140 kg/cm².
- Recolección de cáscaras de huevo.

Limpieza y secado de las cáscaras.

- Molienda de las cáscaras hasta obtener un polvo fino.
- Preparación de las mezclas de concreto con diferentes porcentajes de sustitución:
  - Mezcla patrón (0%).
  - Mezcla con 5% de cáscara de huevo.
  - Mezcla con 10% de cáscara de huevo.
  - Mezcla con 15% de cáscara de huevo.
- Elaboración y vaciado de **12 briquetas por cada edad de ensayo**, distribuidas en:
  - 3 briquetas patrón.
  - 3 briquetas con 5%.
  - 3 briquetas con 10%.
  - 3 briquetas con 15%.
- Fabricación de muestras para ensayos a los 7, 14 y 28 días.
- Curado de todas las briquetas mediante inmersión en agua.

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario contar con materiales y equipos que garantizaran la adecuada ejecución de cada una de las etapas experimentales, desde la caracterización de los materiales hasta la elaboración, curado y evaluación de las probetas de concreto. La selección de estos insumos se realizó considerando los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y los procedimientos comúnmente utilizados en la tecnología del concreto. Asimismo, se emplearon materiales convencionales de construcción junto con la cáscara de huevo molida y tamizada, utilizada como material de sustitución parcial del cemento, con el propósito de evaluar su influencia en la resistencia a la compresión del concreto. Del mismo modo, se utilizaron equipos y herramientas de laboratorio que permitieron realizar los ensayos físicos y mecánicos necesarios para obtener resultados confiables y representativos. Los materiales y equipos empleados fueron los siguientes:

- Materiales y equipos utilizados
- Cemento Portland Tipo IP.
- Agregado fino (arena).
- Agregado grueso (piedra triturada).
- Agua potable para la elaboración de las mezclas.
- Cáscara de huevo molida y tamizada.
- Moldes cilíndricos para la elaboración de probetas de concreto.
- Equipos de laboratorio para ensayos físicos de agregados.
- Equipo para ensayo de revenimiento (Cono de Abrams).
- Máquina universal para ensayos de compresión.
- Tamices normalizados para análisis granulométrico.
- Balanza digital para control y pesaje de materiales.

- ❖ Herramientas auxiliares para mezclado, compactación y curado de probetas.

3.3.2 Pruebas realizadas:

Con el fin de comprobar la efectividad de la propuesta, se realizaron las siguientes pruebas:

1. Ensayo granulométrico de agregados fino y grueso.
2. Determinación de peso específico y peso unitario.
3. Determinación del contenido de humedad y absorción.
4. Elaboración de briquetas de concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por cáscara de huevo (5%, 10% y 15%)
5. Curado de las muestras en agua.
6. Ensayos de resistencia a la compresión a los **7, 14 y 28 días**.
   A los 7 días de curado, las briquetas se trasladaron al laboratorio para su rotura en la prensa de compresión, obteniéndose los primeros resultados experimentales. El mismo procedimiento se realizó posteriormente para las edades de 14 y 28 días, permitiendo comparar el comportamiento de cada dosificación respecto a la mezcla patrón.

Diseño de mezcla para concreto f'c= 140 kg/cm2

Figura 3-1: Propiedades físicas de los agregados

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

HUMEDAD NATURAL (ASTM C-566)

Descripción	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Nº Recipiente	1	2
Peso Recipiente	50.10	51.20
Peso Recipiente + Muestra húmeda	285.50	373.70
Peso Recipiente + Muestra seca	284.10	357.90
Humedad (%)	0.60	5.15
Humedad Promedio	*0.60 %*	*5.15 %*

PESO UNITARIO (ASTM C-29)

Descripción	AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
	suelto	varillado	suelto	varillado
Peso Molde	8791.50	8791.50	2377.00	2377.00
Volumen Molde	3887.73	3887.73	2827.44	2827.44
Peso Muestra + Molde	14403.17	14749.83	6909.17	7361.67
Peso Unitario	*1.443*	*1.533*	*1.603*	*1.763*

Fuente: Elaboración propia en EXEL

Figura 3-2: Gravedad específica y absorción de los agregados

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C-127)

Peso muestra sumergida	1564.50
Peso muestra húmeda (Sup. Seca)	2568.50
Peso muestra seca	2517.00
Gravedad Específica	2.558
Absorción	2.05
Gravedad Específica (valor promedio)	*2.558 gr. / cm3*
Absorción (valor promedio)	*2.05 %*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C-128)

Peso muestra húmeda (Sup. Seca)	500.01
Peso muestra seca	489.50
Peso muestra + matraz + H2 O	956.50
Nº de Fiola	F2
Temperatura de H2 O en fiola °C	22.60
Peso matraz + H2 O	650.00
Gravedad Específica	2.584
Absorción	2.15
Gravedad Específica (valor promedio)	*2.584 gr. / cm3*
Absorción (valor promedio)	*2.15 %*

Fuente: Elaboración propia en EXCEL

Resultados obtenidos del ensayo de Slump

Los resultados obtenidos en el ensayo de revenimiento muestran una disminución gradual de la trabajabilidad del concreto a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución del cemento por cáscara de huevo molida y tamizada. El concreto patrón y de 5% presentó un asentamiento de 3.00 pulgadas, mientras que las mezclas con 10% y 15% registraron valores aproximados de 2.50 y 2.00 pulgadas respectivamente como se observan en las imágenes del anexo 1.

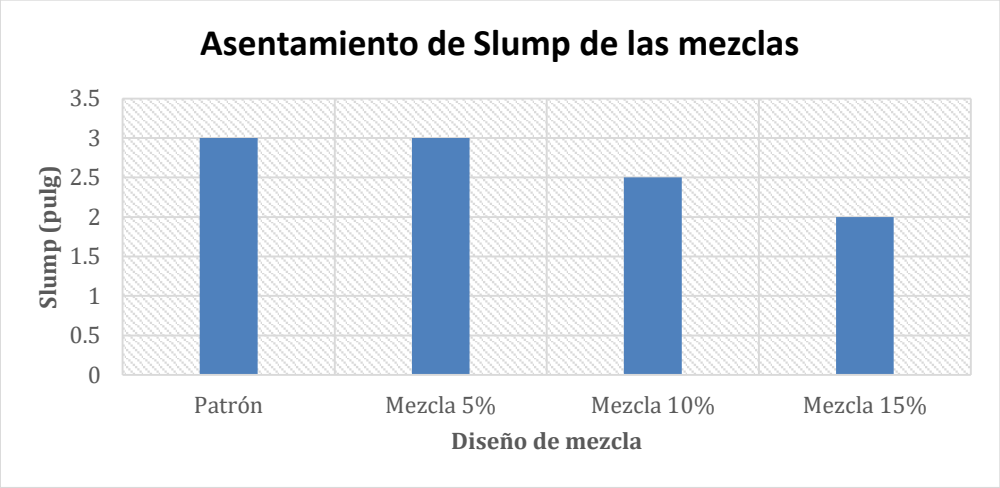
Tabla 3-1 Cuadro Comparativo del asentamiento Slump (Trabajabilidad)

Diseño de Mezcla	Sustitución de Cemento por Cáscara de Huevo	Slump (pulg)	Slump (cm)	Consistencia
Patrón	0%	3.00	7.62	Plástica
Mezcla 1	5%	3.00	7.62	Plástica
Mezcla 2	10%	2.50	6.35	Seco
Mezcla 3	15%	2.00	5.08	Seco

Fuente: Elaboración propia, Nota: ver anexo 1 (fotografía 18)

Durante la preparación de las mezclas se observó que las dosificaciones con mayor contenido de cáscara de huevo presentaban una consistencia más rígida, requiriendo un mayor esfuerzo durante el mezclado, vaciado y compactación de las probetas. Este comportamiento puede atribuirse a la textura y finura de las partículas de cáscara de huevo, las cuales incrementan la demanda de agua dentro de la mezcla y reducen su fluidez.

Figura 3-3: Gráfico de asentamiento del Slump



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se evidencia que el incremento del porcentaje de sustitución afecta directamente la capacidad de la mezcla para deformarse bajo su propio peso, disminuyendo progresivamente el asentamiento medido mediante el cono de Abrams.

Resultados obtenidos del ensayo de compresión

Tabla 3-2 Ensayo de compresión simple (7 días)

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
1	PATRON	140	02/06/2026	09/06/2026	7	12220	10.12	151.92	108.52%	105.12%	Tipo 3
2	PATRON	140	02/06/2026	09/06/2026	7	11300	10.10	141.04	100.74%		Tipo 3
3	PATRON	140	02/06/2026	09/06/2026	7	11970	10.13	148.52	106.09%		Tipo 3
4	5%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	11050	10.05	139.30	99.50%	97.63%	Tipo 5
5	5%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	11030	10.12	137.13	97.95%		Tipo 5
6	5%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	10770	10.13	133.63	95.45%		Tipo 3
7	10%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	9440	10.20	115.53	82.52%	84.22%	Tipo 3
8	10%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	9920	10.20	121.40	86.71%		Tipo 3
9	10%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	9450	10.15	116.79	83.42%		Tipo 5
10	15%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	7410	10.10	92.49	66.06%	69.11%	Tipo 5
11	15%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	7400	10.05	93.28	66.63%		Tipo 3
12	15%ADITIVO	140	02/06/2026	09/06/2026	7	8290	10.05	104.50	74.65%		Tipo 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3 Ensayo de compresión simple 14 (días)

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
13	PATRON	140	01/06/2026	15/06/2026	14	17350	10.11	216.13	154.38%	141.23%	Tipo 3
14	PATRON	140	01/06/2026	15/06/2026	14	15440	10.15	190.82	136.30%		Tipo 5
15	PATRON	140	01/06/2026	15/06/2026	14	14920	10.10	186.22	133.02%		Tipo 3
16	5%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	13020	10.09	162.83	116.31%	111.90%	Tipo 3
17	5%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	13010	10.15	160.79	114.85%		Tipo 3
18	5%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	11750	10.11	146.37	104.55%		Tipo 5
19	10%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	10250	10.20	125.44	89.60%	95.14%	Tipo 5
20	10%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	11140	10.13	138.22	98.73%		Tipo 5
21	10%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	11000	10.15	135.95	97.11%		Tipo 3
22	15%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	10080	10.20	123.36	88.11%	83.08%	Tipo 5
23	15%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	8460	10.00	107.72	76.94%		Tipo 3
24	15%ADITIVO	140	01/06/2026	15/06/2026	14	9480	10.12	117.86	84.18%		Tipo 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4 Ensayo de compresión simple (28 días)

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
25	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	17980	10.20	220.04	157.17%		Tipo 3
26	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16380	10.20	200.46	143.18%	147.54%	Tipo 5
27	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16340	10.22	199.19	142.28%		Tipo 5
28	5%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16520	10.18	202.97	144.98%		Tipo 3
29	5%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	15870	10.18	194.98	139.27%	142.86%	Tipo 3
30	5%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16190	10.10	202.08	144.34%		Tipo 3
31	10%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13140	10.12	163.36	116.69%		Tipo 6
32	10%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13460	10.15	166.35	118.82%	119.93%	Tipo 5
33	10%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13940	10.10	173.99	124.28%		Tipo 3
34	15%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12470	10.05	157.20	112.28%		Tipo 6
35	15%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12340	10.12	153.41	109.58%	109.90%	Tipo 5
36	15%ADITIVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12360	10.21	150.97	107.83%		Tipo 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5 Cuadro comparativo de promedios de f'c

Sustitución	7 días (kg/cm²)	14 días (kg/cm²)	28 días (kg/cm²)
Patrón (0%)	147.16	197.72	206.56
5% Cáscara de huevo	136.69	156.66	199.35
10% Cáscara de huevo	117.24	133.20	167.90
15% Cáscara de huevo	96.76	116.31	153.86

Fuente: Elaboración propia

Análisis de resultados

Concreto Patrón con 0% de sustitución

El concreto patrón presentó un incremento progresivo de resistencia conforme avanzó el proceso de curado. A los 7 días alcanzó en promedio 147.16 kg/cm², superando ligeramente la resistencia de diseño. A los 14 días registró en promedio de 197.72 kg/cm² y finalmente a los 28 días obtuvo en promedio 206.56 kg/cm², equivalente aproximadamente al 147.54% de la resistencia de diseño.

Este comportamiento evidencia un adecuado proceso de hidratación del cemento y sirve como referencia para comparar el desempeño de las mezclas con sustitución parcial de cemento por cáscara de huevo.

Concreto con 5% de sustitución

La mezcla con 5% de cáscara de huevo presentó una resistencia promedio de 136.69 kg/cm² a los 7 días, 156.66 kg/cm² a los 14 días y 199.35 kg/cm² a los 28 días.

Los resultados muestran que esta dosificación desarrolló resistencias muy cercanas al concreto patrón al finalizar el periodo de curado. La diferencia final fue mínima, demostrando que una sustitución moderada del cemento puede mantener un comportamiento mecánico aceptable para elementos no estructurales.

Concreto con 10% de sustitución

La mezcla con 10% de sustitución registró resistencias promedio de 117.24 kg/cm², 133.20 kg/cm² y 167.90 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Se observa una disminución significativa respecto al concreto patrón y al concreto con 5% de sustitución. Esto puede atribuirse a la reducción de la cantidad de cemento disponible para desarrollar los productos de hidratación responsables de la resistencia mecánica.

Aunque la resistencia continúa aumentando con el tiempo de curado, los valores obtenidos indican una pérdida importante de capacidad resistente.

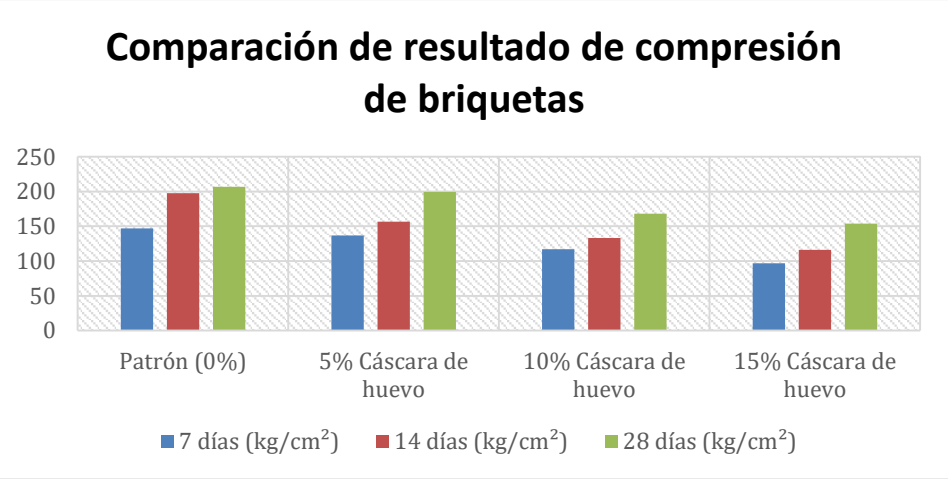
Concreto con 15% de sustitución

La mezcla con 15% de sustitución presentó las menores resistencias durante toda la investigación. Se obtuvieron valores promedio de 96.76 kg/cm² a los 7 días, 116.31 kg/cm² a los 14 días y 153.86 kg/cm² a los 28 días.

El incremento del porcentaje de reemplazo ocasionó una disminución considerable del contenido de cemento en la mezcla, afectando directamente el desarrollo de resistencia del concreto.

Estos resultados indican que porcentajes elevados de sustitución reducen significativamente las propiedades mecánicas del material.

Figura 3-4: Comparación de resultados de compresión de briquetas



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Los resultados obtenidos evidencian que existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de sustitución del cemento por cáscara de huevo molida y la resistencia a la compresión del concreto.

A medida que aumenta el porcentaje de sustitución:

- Disminuye la resistencia a la compresión.
- Se reduce la velocidad de ganancia de resistencia.
- Se incrementa la diferencia respecto al concreto patrón.

Sin embargo, la mezcla con 5% de sustitución alcanzó 199.35 kg/cm² a los 28 días, valor muy cercano al concreto convencional (206.56 kg/cm²), lo que demuestra que este porcentaje representa la alternativa más viable dentro de las dosificaciones evaluadas.

3.3.3 Impactos

La presente investigación contribuye significativamente a la protección del medio ambiente mediante el aprovechamiento de la cáscara de huevo como material alternativo en la elaboración de concreto. Actualmente, este residuo es generado en grandes cantidades por hogares, restaurantes, comedores, mercados y establecimientos dedicados a la preparación de alimentos, siendo generalmente descartado junto con los residuos sólidos urbanos y destinado a rellenos sanitarios o botaderos.

La incorporación de cáscara de huevo molida y tamizada en sustitución parcial del cemento permite reducir el volumen de residuos orgánicos que terminan en disposición final, promoviendo prácticas alineadas con los principios de la economía circular y la valorización de residuos.

Asimismo, la propuesta contribuye indirectamente a disminuir el impacto ambiental asociado a la producción del cemento Portland. La fabricación de cemento es considerada una de las actividades industriales con mayor generación de dióxido de carbono (CO_2), debido al proceso de calcinación de la piedra caliza y al elevado consumo energético requerido durante su producción. Al reemplazar parcialmente el cemento por cáscara de huevo, se reduce la demanda de este material, contribuyendo a la disminución del consumo de recursos naturales y de las emisiones asociadas a su fabricación:

Impacto ambiental

- Reduce la cantidad de residuos orgánicos generados por las cáscaras de huevo.
- Disminuye el impacto ambiental asociado a la producción de cemento.

Impacto económico

- Posibilita la reducción parcial del consumo de cemento.
- Promueve el uso de materiales alternativos de bajo costo y fácil acceso.

- Aprovecha un residuo disponible localmente, reduciendo costos asociados a la adquisición de materiales convencionales.
- Genera ahorro económico acumulativo en proyectos de construcción de mayor volumen como se presenta en la figura 3-5:

Figura 3-5: Dosificación de concreto

DOSIFICACION DE CONCRETO				
Dosificación	Cemento	Agreg. fino	Agreg. grueso	Agua
En peso (kg)	1.00	2.57	2.64	0.62
Peso por tanda de 1 bolsa	42.50	109.37	112.23	26.32
En balde (20 litros) para 1Bolsa		3.41	3.89	1.32

Observaciones:

*Diseño realizado de acuerdo a las especificaciones del ACI

FACTOR CEMENTO 7.76 Bolsas / m3

COSTO DEL CONCRETO POR M3		
Cemento	S/.	201.76
Agregado grueso	S/.	54.00
Agregado Fino	S/.	80.00
Total	**S/.**	**335.76**

Fuente: Elaboración propia

El ahorro no proviene únicamente del costo del material sustituto (cáscara de huevo), sino principalmente de:

Reducción del consumo de cemento (de 7.76 a 7.37 bolsas/m³)

Disminución de aproximadamente:

0.39 bolsas de cemento por m³

Figura 3-6: Dosificación de concreto con sustitución del 5%

DOSIFICACION DE CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 5% DE CEMENTO POR CASCARA DE HUEVO					
Dosificación	Cemento	Casc. de huevo	Agreg. fino	Agreg. grueso	Agua
En peso (kg)	0.98	0.02	2.57	2.64	0.62
Peso por tanda de 1 bolsa	40.37	2.13	109.37	112.23	26.32
En balde (20 litros) para 1Bolsa			3.41	3.89	1.32

Observaciones:

*Diseño realizado de acuerdo a las especificaciones del ACI.

FACTOR CEMENTO 7.37 Bolsas / m3

COSTO DEL CONCRETO POR M3		
Cemento	S/.	191.67
Agregado grueso	S/.	54.00
Agregado Fino	S/.	80.00
Cascara de huevo	S/.	0.00
Total	**S/.**	**325.67**

Conclusión: La incorporación de cáscara de huevo reduce el costo en aproximadamente S/ 10.09 por m^3, manteniendo una dosificación similar y sin costo adicional por el material sustituto. Esto evidencia un ahorro económico y un potencial beneficio ambiental al reutilizar residuos.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, aunque el ahorro económico por metro cúbico parece moderado, su efecto acumulativo adquiere gran relevancia cuando se aplica en proyectos que demandan elevados volúmenes de concreto. En una vivienda unifamiliar, el ahorro puede superar los S/ 500; sin embargo, en edificaciones multifamiliares, conjuntos habitacionales o proyectos de pavimentación urbana, los

beneficios económicos alcanzan valores de miles o incluso cientos de miles de soles como se evidencia en la tabla 3-5:

Tabla 3-6 Cuadro comparativo cemento ahorrado

Tipo de proyecto	Volumen de concreto (m^3)	Ahorro unitario (S/ por m^3)	Ahorro económico total (S/)	Bolsas de cemento ahorradas
Vivienda unifamiliar (pisos, veredas, contrapisos)	50	10.09	504.50	19.5
Edificio de pequeña escala	100	10.09	1,009.00	39
Edificio multifamiliar	500	10.09	5,045.00	195
Conjunto habitacional	1,000	10.09	10,090.00	390
Pavimentación urbana o proyecto de infraestructura	5,000	10.09	50,450.00	1,950
Proyecto de gran envergadura	10,000	10.09	100,900.00	3,900

Fuente: Elaboración propia

Impacto social

- Fomenta la investigación, innovación y desarrollo tecnológico dentro del sector construcción.
- Promueve una cultura de reciclaje y aprovechamiento de residuos en la comunidad.
- Incentiva la participación de estudiantes en proyectos orientados a la sostenibilidad ambiental.
- Genera conciencia sobre la importancia de implementar soluciones constructivas con menor impacto ambiental.
- Contribuye al fortalecimiento de la responsabilidad ambiental dentro de las instituciones educativas y la sociedad.

Impacto técnico

- Permite evaluar el comportamiento mecánico del concreto con sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo molida y tamizada.
- Genera información técnica aplicable a futuros proyectos de investigación relacionados con materiales sostenibles.
- Demuestra la viabilidad de incorporar residuos orgánicos en mezclas de concreto para aplicaciones no estructurales.
- Proporciona una base experimental para futuras investigaciones orientadas a optimizar porcentajes de sustitución y mejorar el desempeño del material.

- Amplía el conocimiento sobre alternativas innovadoras para la reducción del consumo de cemento en la construcción.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El tamizado se realizó correctamente: la suma de las fracciones tamizadas arroja 999.50 g (agregado grueso) y 1000.50 g (agregado fino), con diferencias de ±0.50 g respecto a 1 000 g. Estas desviaciones (0.05 %) están muy por debajo del margen admisible del 1 %, por lo que los resultados son representativos y confiables.

- La granulometría del agregado grueso muestra una predominancia en las fracciones de 3/4" y 1/2" (≈66.1 % acumulado), aportando además fracciones de 3/8" y mallas finas hasta N°4. El módulo de fineza MF = 5.88 confirma que se trata de una grava media con baja presencia de finos.
- El agregado fino concentra la mayor parte del material en las mallas N°50 (≈50.0 %) y N°100 (≈33.2 %); solo el 3.6 % pasa por N°200, indicando una arena fina y relativamente limpia. El MF = 1.40 corrobora que es una arena de textura fina propia de depósitos fluviales.
- Las curvas muestran dos zonas bien definidas (línea azul: grueso; anaranjada: fino) sin una gradación continua entre ellas. Esa discontinuidad sugiere que usados por separado ambos agregados no garantizan un empaquetamiento óptimo; sin embargo, una dosificación controlada combinándolos puede resultar en una curva combinada aceptable para concreto o subbase.
- La escasa proporción de finos en la grava tenderá a aumentar vacíos y requerir más pasta (cemento) para concretos si no se ajusta la mezcla.
- La arena fina mejora el acabado y rellena vacíos, pero incrementa la demanda de agua. Por ello, la dosificación agua/cemento debe ajustarse para mantener trabajabilidad sin pérdida de resistencia.
- Agregado grueso: apropiado para capas de subbase, bases y mezclas de concreto (confirmar tamaño máximo nominal y limpieza).
- Agregado fino: apto para morteros, acabados y como componente de mezclas; en pavimentos puede servir en subbase o como aporte en la mezcla total de agregados.
- La aptitud final depende de la dosificación y control de mezclas; no se recomienda su uso individual en capas estructurales sin mezcla o tratamiento.
- El procedimiento y los resultados cumplen con los criterios básicos de ASTM C136 / NTP 400.037 y lo exigible por la Norma E.050 (RNE) en lo relativo al análisis granulométrico y control de masa en laboratorio.
- Falta de ensayos complementarios (Atterberg, Proctor, CBR, absorción y formación) que permitan una evaluación integral de comportamiento mecánico y volumétrico en obra.
- La variabilidad natural del cauce exige muestreos periódicos si se piensa en suministro continuo.

Los materiales evaluados presentan características favorables para uso en obras civiles si se controla su mezcla y se realizan ensayos complementarios. La evidencia experimental es sólida y permite recomendar acciones concretas para su utilización segura.

4.2 Recomendaciones

- Antes de iniciar el tamizado, verificar que las muestras tanto finas como gruesas se encuentren completamente secas y libres de humedad superficial, ya que la presencia de agua altera el peso real y, por ende, los porcentajes de material retenido.
- Colocar los tamices en orden descendente (del mayor al menor número) y mantenerlos firmemente asegurados en el tamizador mecánico. El tiempo de tamizado debe ser de 10 ± 2 minutos o hasta observar que el material deje de pasar significativamente a través de las mallas.
- Asegurarse de que los tamices estén limpios, secos y libres de partículas adheridas, ya que esto puede afectar la correcta clasificación de tamaños. Es recomendable cepillarlos suavemente antes y después de cada ensayo para evitar contaminación cruzada entre muestras.
- Registrar de inmediato todos los datos obtenidos (peso retenido, % retenido y % acumulado) en las fichas de laboratorio o plantillas Excel, evitando transcripciones posteriores que generen errores. Es recomendable validar los resultados con una revisión cruzada antes de pasar al gabinete.
- En la etapa de gabinete, representar la curva granulométrica en papel semilogarítmico o software (Excel, MATLAB, etc.), cuidando que las abscisas representen el tamaño de malla en escala logarítmica y las ordenadas el porcentaje que pasa. La curva debe ser continua y suave, sin quiebres bruscos.
- Comparar los resultados finales con las curvas envolventes de la norma ASTM C33 o NTP 400.037 para verificar si los agregados cumplen con los rangos establecidos. Si los resultados se alejan, se recomienda un reensayo de verificación.
- En gabinete, redactar las observaciones y conclusiones de forma técnica, precisa y verificable, acompañando el gráfico granulométrico, el cuadro de cálculo y las especificaciones de los equipos utilizados.
- Se destaca la relevancia de este tipo de ensayos en la formación académica y técnica del estudiante de ingeniería civil, ya que permiten fortalecer la comprensión del comportamiento de los materiales naturales que constituyen la base de toda estructura, contribuyendo a una ingeniería más sostenible, precisa y responsable en la región de Moquegua.

5 BIBLIOGRAFIA

- Mu, O. O., Fajobi, A. B., & Oke, B. O. (2015). Effect of eggshell powder on the engineering properties of concrete. International Journal of Engineering Research and Applications, 5(4), 85–91.
- ASTM International. (2023). Annual Book of ASTM Standards: Concrete and Aggregates. ASTM International.
- ASTM International. (2023). ASTM C136/C136M-19: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. ASTM International.
- Asociación Peruana de Avicultura. (2025). Estadísticas de consumo de huevo en el Perú. Asociación Peruana de Avicultura.
- Balamurugan, J., & Perumal, P. (2018). Utilization of eggshell powder as partial replacement of cement in concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(7), 210–218.
- Harmse, J. (2002). Concrete Materials and Construction. Engineering Publications.
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). NTP 400.037: Agregados. Método de ensayo para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos. INACAL.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma Técnica E.050: Suelos y Cimentaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones. Gobierno del Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma Técnica E.060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificaciones. Gobierno del Perú.
- Paredes, J. (2023). Influencia de la cáscara de huevo molida en las propiedades mecánicas del concreto convencional.
- Portland Cement Association. (2002). Design and Control of Concrete Mixtures (14.ª ed.). Portland Cement Association.
- Quispe, J., & Huamán, R. (2021). Influencia de la incorporación de cáscara de huevo pulverizada en la resistencia a la compresión del concreto.
- RPP Noticias. (2025). Consumo de huevo en el Perú alcanza 247 unidades por persona al año. RPP Noticias.
- UNACEM. (2023). Ficha Técnica del Cemento Portland Puzolánico Tipo IP. Unión Andina de Cementos S.A.A.
- Vargas, M., & Cárdenas, L. (2022). Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto utilizando residuos de cáscara de huevo como sustituto parcial del cemento.
- Yerramala, A. (2014). Properties of Concrete with Eggshell Powder as Cement Replacement. The Indian Concrete Journal, 88(10), 94–102.

6 ANEXOS

ANEXO A – PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO B – DISEÑO DE MEZCLA F’c 140 Kg/cm2

ANEXO C – RESULTADOS DE LAS COMPRESIONES DE PROBETAS

ANEXO D – PRESUPUESTO

ANEXO E – CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ANEXO A – PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRAFICO					
I. NOMBRE DEL PROYECTO:					
Influencia de los porcentajes de sustitución (5%, 10% y 15%) de cemento por cáscara de huevo molida y tamizada en la resistencia a la compresión del concreto f'c = 140 kg/cm² para elementos no estructurales en Moquegua – 2026					
II. UBICACIÓN					
Región:	Moquegua	Provincia:	Mariscal Nieto	Distrito:	Samegua
Localidad:	Laboratorio de construcción Civil, I.S.T.J.C.M.				
III. DATOS DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO					
Grupo:	✓ **Docente tutor:** Alan Bustinza Cutisaca. **Integrantes:** ✓ Roy Renso Huamani Alanguia ✓ Eleazar Meneses Esteba ✓ Nikol Geraldine Guerra Nina ✓ Eileen Ariana Castañeda Peña ✓ Elvis Americo Luna Turpo				
IV. PANEL FOTOGRAFICO					



Fotografía 1	Primero se procedió con la compra de agregados de la cantera Maron.





Fotografía 2	Luego se procedió con el lavado de la cascara de huevo para dejar reposar.




Fotografía 3	Secar la cascar de huevo.




Fotografía 4	Moler y tamizar con el tamiz N30 la cascara de huevo.




Fotografía 5	Ensayos de contenido de humedad.





Fotografía 6	Ensayos de Granulometría de agregado grueso y fino.





Fotografía 7	Ensayo de peso un unitario de agregado fino y agregado grueso.







Fotografía 8	Ensayo de gravedad especifica y absorción del agregado grueso.



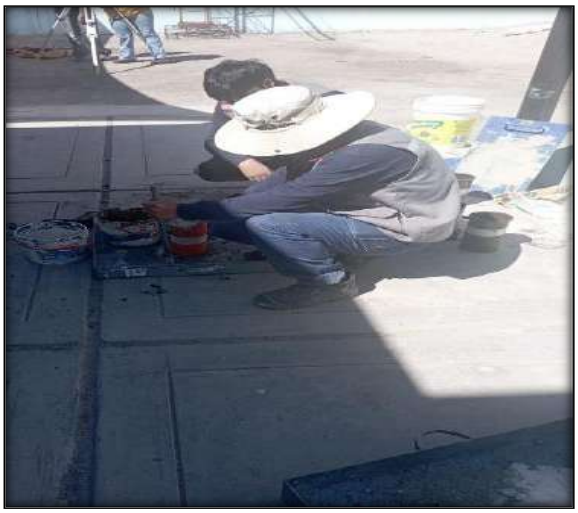
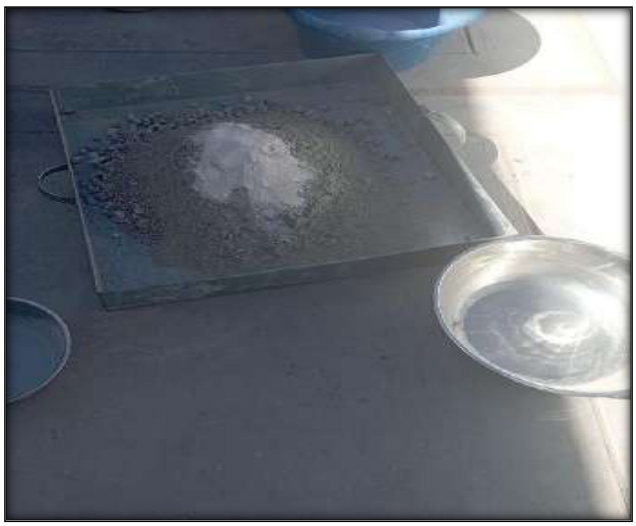


Fotografía 9	Ensayo de gravedad especifica y absorción del agregado fino.



PATRON			5% ADITIVO		
Agua	1.346	1.346 Kg	Agua	1.346	1.346 Kg
Cemento	2.173	2.173 Kg	Cemento	2.065	2.065 Kg
Agreg Grueso	5.740	5.740 Kg	Agreg Grueso	5.740	5.740 Kg
Agreg Fino	5.593	5.593 Kg	Agreg Fino	5.593	5.593 Kg
Aditivo	0.000	0.000 Kg	Aditivo	0.109	0.109 Kg
10% ADITIVO			15% ADITIVO		
Agua	1.346	1.346 Kg	Agua	1.346	1.346 Kg
Cemento	2.173	1.956 Kg	Cemento	2.173	1.847 Kg
Agreg Grueso	5.740	5.740 Kg	Agreg Grueso	5.740	5.740 Kg
Agreg Fino	5.593	5.593 Kg	Agreg Fino	5.593	5.593 Kg
Aditivo	0.217	0.217 Kg	Aditivo	0.326	0.326 Kg

Fotografía 10	Procesar datos obtenidos a base de los ensayos realizados.


Fotografía 11	Vaciado de Briquetas de 5%.





Fotografía 12	Vaciado de Briquetas de 10%.









Fotografía 13	Vaciado de Briquetas de 15%.









Fotografía 14	Desmoldado y Curado de las briquetas de 5%, 10% y 15%.







Fotografía 15	Rotura de probetas de 5%.





Fotografía 16	Rotura de probetas de 10%.







Fotografía 17	Rotura de probetas de 15%.





Fotografía 18	Slam de patrón - 5% - 10% -15%









ANEXO B – DISEÑO DE MEZCLA
F'c 140 Kg/cm2

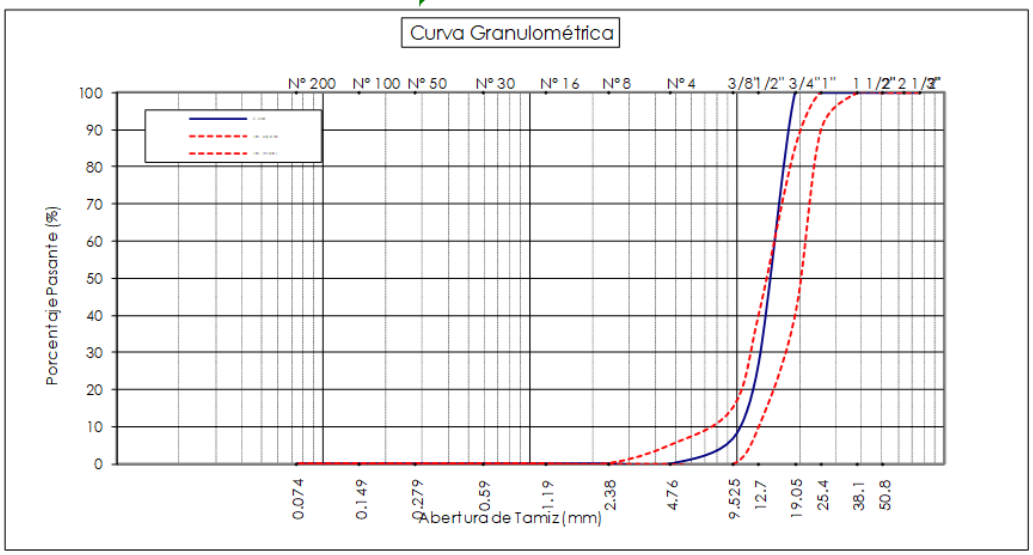
PROYECTO	:	"Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua-2026"
CANTERA	:	CANTERA MARON
SOLICITANTE	:	TECNOLÓGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI
FECHA	:	JUNIO DEL 2026

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C-136)

TAMIZ		%	%	Especificaciones	
Denominación	mm	Retenido	Pasante	ASTM C33	
3"	76.20	0.00	100.00	100	100
2 1/2"	63.50	0.00	100.00	100	100
2"	50.80	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.10	0.00	100.00	100	100
1"	25.40	0.00	100.00	90	100
3/4"	19.05	0.00	100.00	40	85
1/2"	12.70	72.97	27.03	10.00	40
3/8"	9.53	20.26	6.77	0	15
N° 4	4.76	6.72	0.05	0	5
N° 8	2.38	0.00	0.05	0	0
N° 16	1.19	0.00	0.05	0	0
N° 30	0.590	0.00	0.05	0	0
N° 50	0.279	0.00	0.05	0	0
N° 100	0.149	0.00	0.05	0	0
N° 200	0.074	0.00	0.05	0	0

Muestra	:	**Agregado Grueso**
Ø Máx. nominal	:	1/2 "
Mod. Fineza	:	6.93
Huso	:	56

: OBSERVACIONES



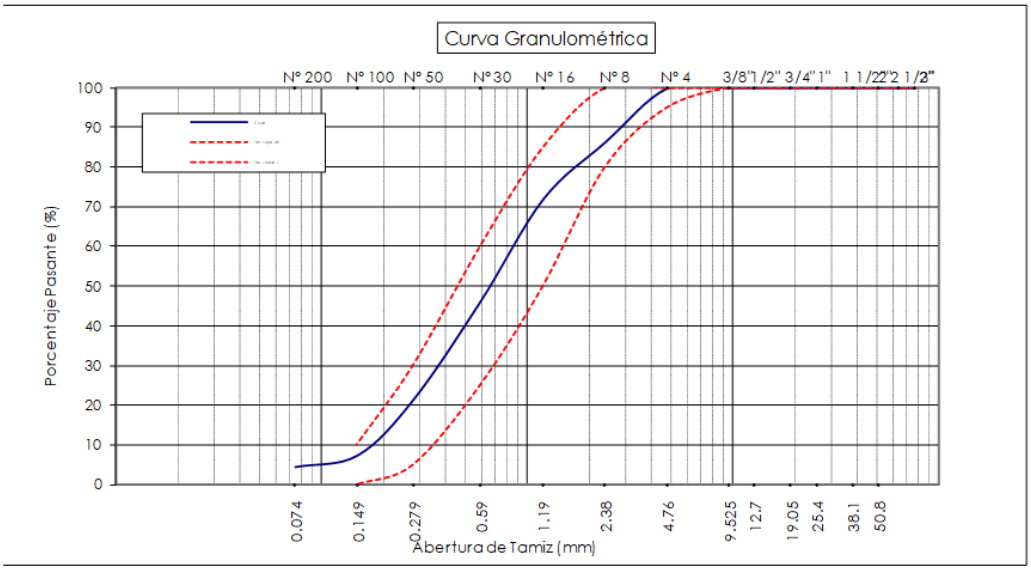
PROYECTO	:	"Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua-2026"
CANTERA	:	CANTERA MARON
SOLICITANTE	:	TECNOLÓGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI
FECHA	:	JUNIO DEL 2026

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C-136)

TAMIZ		%	%	Especificaciones	
Denominación	mm	Retenido	Pasante	ASTM C33	
3"	76.20	0.00	100.00		
2 1/2"	63.50	0.00	100.00		
2"	50.80	0.00	100.00		
1 1/2"	38.10	0.00	100.00		
1"	25.40	0.00	100.00		
3/4"	19.05	0.00	100.00		
1/2"	12.70	0.00	100.00		
3/8"	9.53	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.76	0.14	99.86	95	100
N° 8	2.38	13.59	86.27	80	100
N° 16	1.19	14.30	71.97	50	85
N° 30	0.590	25.75	46.21	25	60
N° 50	0.279	24.70	21.51	5	30
N° 100	0.149	14.13	7.38	0	10
N° 200	0.074	2.94	4.44	0	0

Muestra	:	**Agregado Fino**
Cantera	:	CANTERA MARON
Peso muestra	:	315.69 gr.
% Finos	:	4.44
Mod. Fineza	:	2.67

:OBSERVACIONES



PROYECTO	:	"Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua-2026"
CANTERA	:	CANTERA MARON
SOLICITANTE	:	TECNOLÓGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI
FECHA	:	JUNIO DEL 2026

DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO METODO ACI

140 Kg / cm2

Tipo de Cemento: CBB Tipo IP — P.e. = 3.05 kg/cm3

PROPIEDADES FÍSICAS	Agregado Grueso	Agregado Fino
Tamaño máximo nominal	1/2 "	-
Módulo de fineza	6.93	2.67
Peso específico	2.558	2.584
Peso unitario (suelto)	1.443	1.603
Peso unitario (varillado)	1.533	1.76
% Humedad natural	0.60	5.15
% Absorción	2.05	2.15

CONSIDERACIONES:

Slump	3" @ 4"	
Agua	216.00	
Aire atrapado	2.50	
Relación agua-cemento	**0.655**	
Vol. Agregado	0.6509	m3

Materiales para 1 m3 de Concreto	Volumen Absoluto (m3)	Peso (kg.)
Agua	0.216	216.000
Cemento	0.116	329.831
Aire	0.025	
Agregado Grueso	0.338	865.836
Agregado Fino	0.312	807.241

1.008

Corrección por humedad y absorción	Volumen Aparente (m3)	Peso (kg.)
Agua	0.204	204.282
Cemento	0.220	329.831
Agregado Grueso	0.603	871.017
Agregado Fino	0.530	848.827

Dosificación	Cemento	Agreg. fino	Agreg. grueso	Agua
En peso (kg)	1.00	2.57	2.64	0.62
En volumen (Pie3)	1.00	2.41	2.74	0.93
Peso por tanda de 1 bolsa	42.50	109.37	112.23	26.32
En balde (20 litros) para 1Bolsa		3.41	3.89	1.32

Observaciones:

* Diseño realizado de acuerdo a las especificaciones del ACI.

FACTOR CEMENTO **7.76 Bolsas / m3**

PROYECTO	:	"Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua-2026"
CANTERA	:	CANTERA MARON
SOLICITANTE	:	TECNOLÓGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI
FECHA	:	JUNIO DEL 2026

DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE CONCRETO METODO ACI

140 Kg / cm2

Tipo de Cemento CBB Tipo IP P.e.= 3.05 kg/cm3

PROPIEDADES FÍSICAS	Agregado Grueso	Agregado Fino
Tamaño máximo nominal	1/2 "	-
Módulo de fineza	6.93	2.67
Peso específico	2.558	2.584
Peso unitario (suelto)	1.443	1.603
Peso unitario (varillado)	1.533	1.76
% Humedad natural	0.60	5.15
% Absorción	2.05	2.15

CONSIDERACIONES:

Slump	3" @ 4"	
Agua	216.00	
Aire atrapado	2.50	
Relación agua-cemento	**0.655**	
Vol. Agregado	0.6509	m3

Materiales para 1 m3 de Concreto	Volumen Absoluto (m3)	Peso (kg.)
Agua	0.216	216.000
Cemento	0.116	329.831
Aire	0.025	
Agregado Grueso	0.338	865.836
Agregado Fino	0.312	807.241

1.008

Corrección por humedad y absorción	Volumen Aparente (m3)	Peso (kg.)
Agua	0.204	204.282
Cemento	0.220	329.831
Agregado Grueso	0.603	871.017
Agregado Fino	0.530	848.827

Dosificación	Cemento	Agreg. fino	Agreg. grueso	Agua
En peso (kg)	1.00	2.57	2.64	0.62
En volumen (Pie3)	1.00	2.41	2.74	0.93
Peso por tanda de 1 bolsa	42.50	109.37	112.23	26.32
En balde (20 litros) para 1Bolsa		3.41	3.89	1.32

Observaciones:

*Diseño realizado de acuerdo a las especificaciones del ACI.

ANEXO C – RESULTADOS DE LAS COMPRESIONES DE PROBETAS

Ensayo de compresión 7 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM C - 39

PROYECTO : "Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua – 2026."

SOLICITANTE : TECNOLOGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI

UBICACIÓN : SAMEGUA

FECHA : 9/06/2026 **HORA DE ENSAYO** : 10:15:00 a. m.

TEMPERATURA AMBIENTE : 20.50 °C **HUMEDAD** : 38%

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
1	PATRON	140	2/06/2026	9/06/2026	7	12220	10.12	151.92	108.52%	105.12%	Tipo 3
2	PATRON	140	2/06/2026	9/06/2026	7	11300	10.10	141.04	100.74%		Tipo 3
3	PATRON	140	2/06/2026	9/06/2026	7	11970	10.13	148.52	106.09%		Tipo 3
4	5% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	11050	10.05	139.30	99.50%	97.63%	Tipo 5
5	5% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	11030	10.12	137.13	97.95%		Tipo 5
6	5% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	10770	10.13	133.63	95.45%		Tipo 3
7	10% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	9440	10.20	115.53	82.52%	84.22%	Tipo 3
8	10% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	9920	10.20	121.40	86.71%		Tipo 3
9	10% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	9450	10.15	116.79	83.42%		Tipo 5
10	15% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	7410	10.10	92.49	66.06%	69.11%	Tipo 5
11	15% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	7400	10.05	93.28	66.63%		Tipo 3
12	15% CASCARA DE HUEVO	140	2/06/2026	9/06/2026	7	8290	10.05	104.50	74.65%		Tipo 3

Observaciones:

* Las probetas fueron puestas en laboratorio por el solicitante.
* Los datos fueron proporcionados por el solicitante

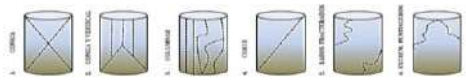


Figura 1. Esquema de Patrones tipicos de Fractura

Roy I. Manani Cuayla
INGENIERO CIVIL
CIP. 144495

Ensayo de compresión 14 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM C - 39

PROYECTO : "Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua – 2026."

SOLICITANTE : TECNOLOGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI
UBICACIÓN : SAMEGUA

FECHA : 15/06/2026 **HORA DE ENSAYO** : 10:04:00 a. m.
TEMPERATURA AMBIENTE : 20.70 °C **HUMEDAD** : 27%

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
13	PATRON	140	1/06/2026	15/06/2026	14	17350	10.11	216.13	154.38%	141.23%	Tipo 3
14	PATRON	140	1/06/2026	15/06/2026	14	15440	10.15	190.82	136.30%		Tipo 5
15	PATRON	140	1/06/2026	15/06/2026	14	14920	10.10	186.22	133.02%		Tipo 3
16	5% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	13020	10.09	162.83	116.31%	111.90%	Tipo 3
17	5% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	13010	10.15	160.79	114.85%		Tipo 3
18	5% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	11750	10.11	146.37	104.55%		Tipo 5
19	10% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	10250	10.20	125.44	89.60%	95.14%	Tipo 5
20	10% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	11140	10.13	138.22	98.73%		Tipo 5
21	10% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	11000	10.15	135.95	97.11%		Tipo 3
22	15% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	10080	10.20	123.36	88.11%	83.08%	Tipo 5
23	15% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	8460	10.00	107.72	76.94%		Tipo 3
24	15% CASCARA DE HUEVO	140	1/06/2026	15/06/2026	14	9480	10.12	117.86	84.18%		Tipo 3

Observaciones:

* Las probetas fueron puestas en laboratorio por el solicitante.
* Los datos fueron proporcionados por el solicitante

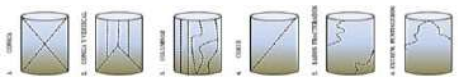


Figura 1. Esquema de Patrones tipicos de Fractura

Roy I. Mamani Cuayla
INGENIERO CIVIL
CIP. 144495

Ensayo de compresión 28 días

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

ASTM C - 39

PROYECTO : "Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua – 2026."

SOLICITANTE :TECNOLOGICO JOSE CARLOS MARIATEGUI

UBICACIÓN : SAMEGUA

FECHA : 24/06/2026 **HORA DE ENSAYO** : 9:04:00 a. m.

TEMPERATURA AMBIENTE : 19.90 °C **HUMEDAD** : 23%

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	FECHA			DATOS		RESISTENCIA	%	PROMEDIO	TIPO DE FRACTURA
		f`c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (dias)	Carga (kg)	Diametro (cm)	f`c (kg/cm2)			
25	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	17980	10.20	220.04	157.17%	147.54%	Tipo 3
26	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16380	10.20	200.46	143.18%		Tipo 5
27	PATRON	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16340	10.22	199.19	142.28%		Tipo 5
28	5% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16520	10.18	202.97	144.98%	142.86%	Tipo 3
29	5% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	15870	10.18	194.98	139.27%		Tipo 3
30	5% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	16190	10.10	202.08	144.34%		Tipo 3
31	10% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13140	10.12	163.36	116.69%	119.93%	Tipo 6
32	10% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13460	10.15	166.35	118.82%		Tipo 5
33	10% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	13940	10.10	173.99	124.28%		Tipo 3
34	15% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12470	10.05	157.20	112.28%	109.90%	Tipo 6
35	15% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12340	10.12	153.41	109.58%		Tipo 5
36	15% CASCARA DE HUEVO	140	27/05/2026	24/06/2026	28	12360	10.21	150.97	107.83%		Tipo 3

Observaciones:

* Las probetas fueron puestas en laboratorio por el solicitante.

* Los datos fueron proporcionados por el solicitante



Figura 1. Esquema de Patrones tipicos de Fractura

Roy I. Mamani Cuayla
INGENIERO CIVIL
CIP. 144495

Gráfico de resultados de compresión a los 7 dias



Gráfico de resultados de compresión a los 14 dias

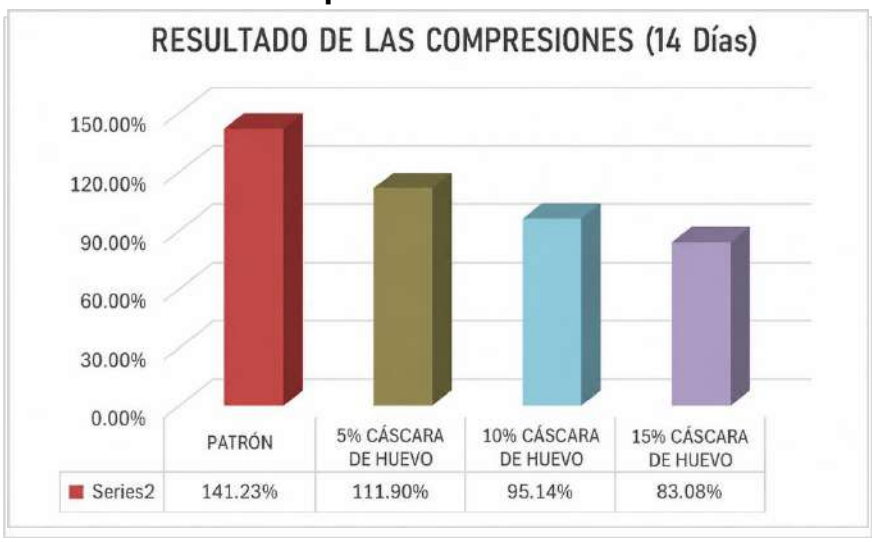
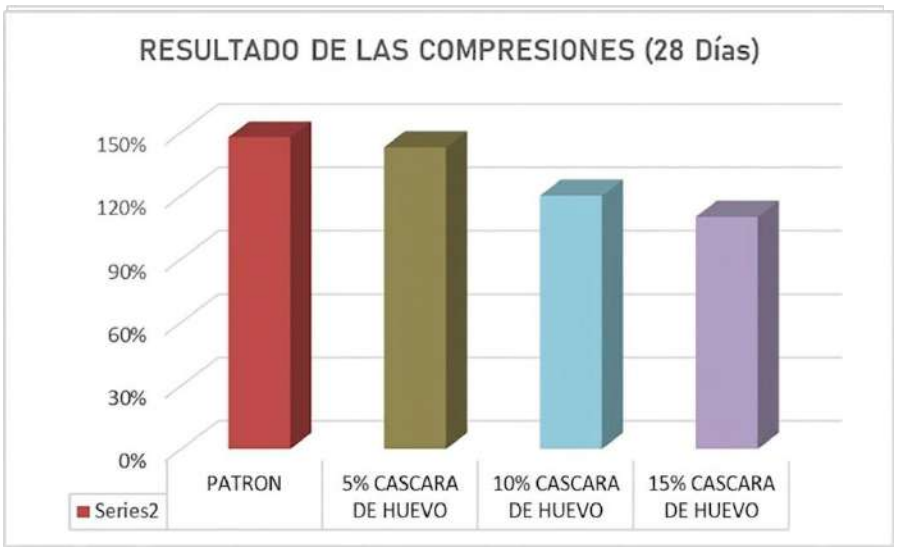


Gráfico de resultados de compresión a los 28 dias



ANEXO D– PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

A. Materiales

Tabla 6-1 Materiales para la elaboración de concreto

Ítem	Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Cemento Portland Tipo IP (CBB)	2 bolsas	26.00	52.00
2	Agregado grueso	3 sacos	8.00	24.00
3	Agregado fino	3 sacos	6.00	18.00
			Subtotal A	**94.00**

Fuente: Elaboración propia

B. Transporte

Tabla 6-2 Transporte de materiales

Ítem	Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Transporte de agregado grueso y cemento	1 viaje	40.00	40.00
2	Transporte de agregado fino	1 viaje	30.00	30.00
			Subtotal B	**70.00**

Fuente: Elaboración propia

C. Elaboración y ensayo de probetas

Se fabricaron:

- 4 dosificaciones (Patrón, 5%, 10% y 15%)
- 3 probetas por dosificación
- 3 edades de ensayo (7, 14 y 28 días)

Total = 36 probetas

Tabla 6-3 Elaboración y ensayo de rotura de briquetas

Ítem	Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Alquiler de moldes cilíndricos (10 x 20 cm)	36 usos	2.00	72.00
2	Servicio de rotura de probetas	36 unidades	12.00	432.00
			Subtotal C	**504.00**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-4 Transporte de briquetas

Ítem	Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Traslado de probetas para ensayos del Instituto al laboratorio	3 viajes	40.00	120.00
			Subtotal D	**120.00**

Fuente: Elaboración propia

E. Difusión y presentación del proyecto

Tabla 6-5 Difusión y presentación del proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Impresión de informe final	1 unidad	35.00	35.00
2	Impresión de trípticos a color	50 unidades	1.50	75.00
3	Impresión de paneles A1	10 unidades	5.00	50.00
4	Gigantografía 2.00 x 1.20 m	1 unidad	70.00	70.00
			Subtotal E	**230.00**

Fuente: Elaboración propia

F. Resumen General del Presupuesto

Tabla 6-6 Resumen general del presupuesto

Partida	Costo (S/.)
A. Materiales	94.00
B. Transporte de materiales	70.00
C. Elaboración y ensayo de probetas	504.00
D. Transporte de probetas	120.00
E. Difusión y presentación	230.00
TOTAL GENERAL	**S/ 1,018.00**

Fuente: Elaboración propia

G. Financiamiento

Tabla 6-7 Financiamiento del proyecto

Fuente	Monto (S/.)
Aporte de los integrantes del proyecto	S/. 1,018.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E– CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

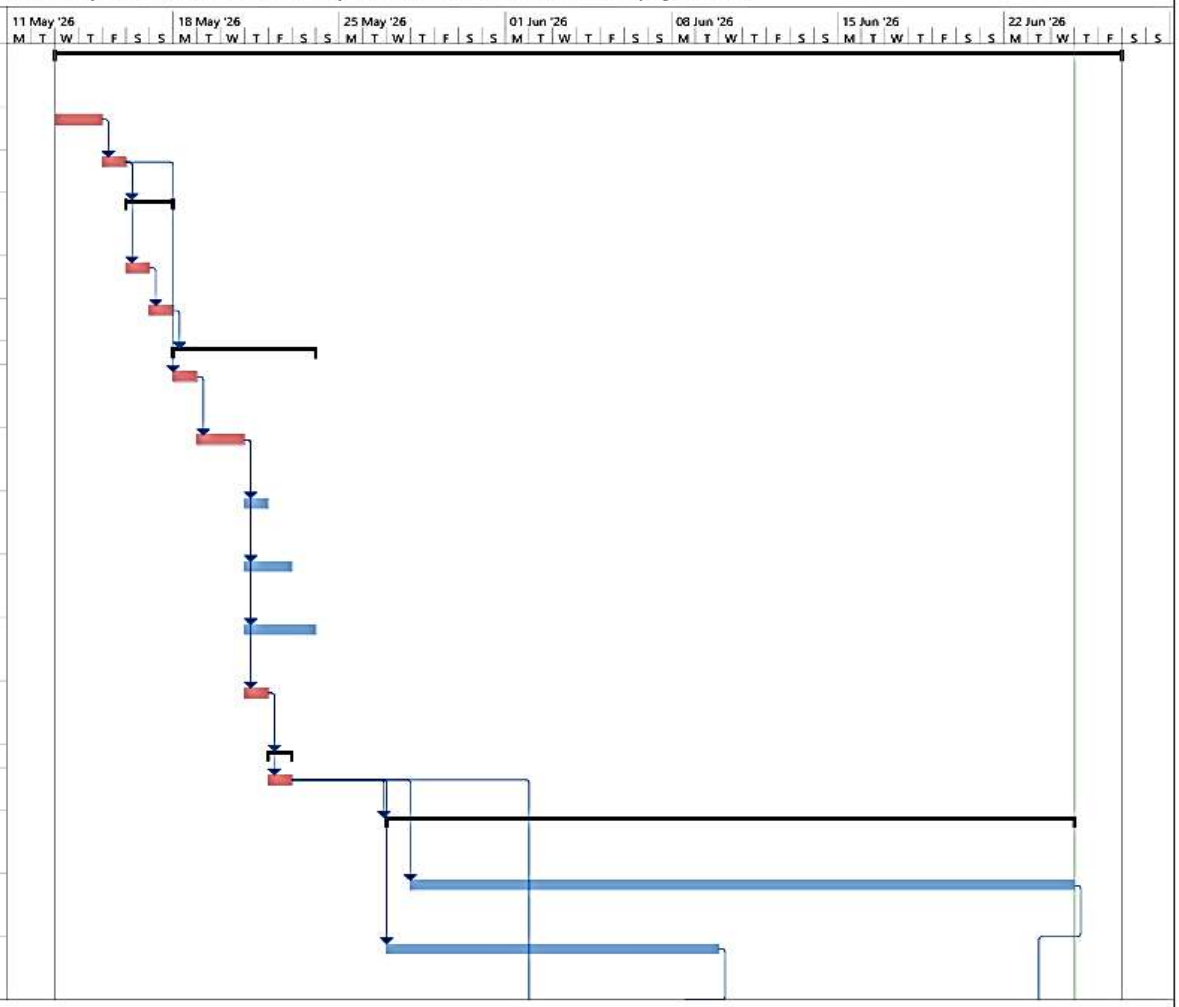
Tabla 6-8 Cuadro de actividades para el Diagrama de Gantt

Código	Actividad	Duración (días)	Predecesora
A	Formulación de la idea del proyecto	1	-
B	Revisión bibliográfica y antecedentes	1	A
C	Proyecto aprobado por personal docente	1	B
D	Adquisición de materiales	1	C
E	Recolección de cáscaras de huevo	1	C
F	Limpieza y secado de cáscaras	1	E
G	Molienda y tamizado	1	F
H	Diseño de mezcla de concreto	2	D
I	Compra y traslado de los agregados y cemento	1	H
J	Ensayo % de humedad de los agregados	2	I
K	Ensayo de granulometría de los agregados	1	J
L	Ensayo de absorción del agregado fino	1	K
M	Ensayo de los pesos unitarios de los agregados	1	K
N	Ensayo de peso específico de los agregados	3	K
O	Elaboración de briquetas (28 días)	1	N
P	Elaboración de briquetas (14 días)	1	N
Q	Elaboración de briquetas (7 días)	1	N
R	Curado de probetas	7	O
S	Curado de probetas	14	P
T	Curado de probetas	28	Q
U	Ensayos de compresión a 7 días	1	R
V	Ensayos de compresión a 14 días	1	S
W	Ensayos de compresión a 28 días	1	T
X	Procesamiento de resultados	1	U, V, W
Y	Elaboración del informe final	3	X
Z	Elaboración de tríptico y presentación	2	Y
AA	Sustentación del proyecto	1	Z

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO : **"Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua – 2026."**

ID	Task Mode	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Predecessors
1		**FORMULACION Y ELABORACION DEL PROEYCTO**	**45 days**	**Wed 13/05/26**	**Fri 26/06/26**	
2		Formulación de la idea del proyecto	2 days	Wed 13/05/26	Thu 14/05/26	
3		Elaboración y aprobación del	1 day	Fri 15/05/26	Fri 15/05/26	2
4		**PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACION**	**2 days**	**Sat 16/05/26**	**Sun 17/05/26**	**3**
5		Recolección de la cáscara de	1 day	Sat 16/05/26	Sat 16/05/26	3
6		Molienda y Secado de las	1 day	Sun 17/05/26	Sun 17/05/26	5
7		**DISEÑO DE MEZCL**	**6 days**	**Mon 18/05/2**	**Sat 23/05/26**	**6**
8		Compra y translado de los agregados y el	1 day	Mon 18/05/26	Mon 18/05/26	3
9		Ensayo del % de humedad de los agregados	2 days	Tue 19/05/26	Wed 20/05/26	8
10		Ensayo de granulometria de los	1 day	Thu 21/05/26	Thu 21/05/26	9
11		Ensayo de Absorción del Agregado fino	2 days	Thu 21/05/26	Fri 22/05/26	9
12		Ensayo de Peso Específico de los Agregados	3 days	Thu 21/05/26	Sat 23/05/26	9
13		Ensayo Peso unitario de los Agregados	1 day	Thu 21/05/26	Thu 21/05/26	9
14		**GABINETE**	**1 day**	**Fri 22/05/26**	**Fri 22/05/26**	**13**
15		Cálculo del Diseño de	1 day	Fri 22/05/26	Fri 22/05/26	13
16		**ELABORACION Y COMPRESION DE LAS PROBETAS**	**29 days**	**Wed 27/05/26**	**Wed 24/06/26**	**15**
17		Elaboracion/cur de probetas de 28 dias	28 days	Thu 28/05/26	Wed 24/06/26	15
18		Elaboracion/cur de probetas de 14 dias	14 days	Wed 27/05/26	Tue 09/06/26	15FS+4 days



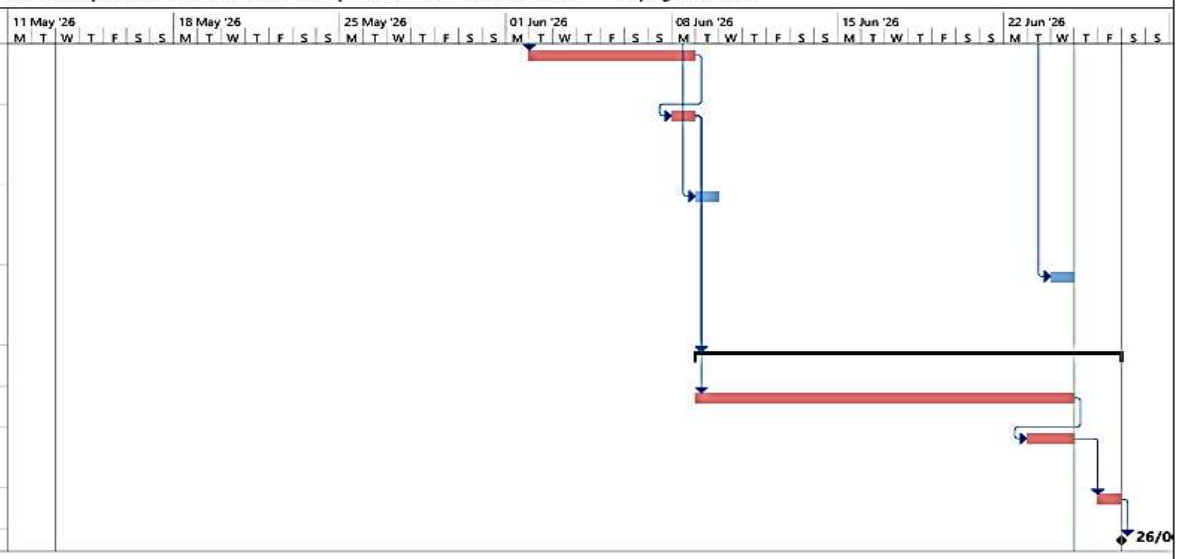
Proyecto: TRABAJO DE INVESTI
Fecha: Thu 25/06/26

Critical Split	Resumen del proyecto	solo duración	Tareas externas	Critical
Tarea	Tarea inactiva	Informe de resumen manual	Hito externo	
División	Hito inactivo	Resumen manual	Fecha límite	
Hito	Resumen inactivo	solo el comienzo	Progreso	
Resumen	Tarea manual	solo fin	Progreso manual	

Página 1

PROYECTO : "Uso de cascaras de huevo como sustituto parcial del cemento en concreto para elementos no estructurales en Moquegua – 2026."

ID	Task Mode	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Predecessors
19		Elaboracion/cura de probetas de 7 días	7 days	Tue 02/06/26	Mon 08/06/26	15FS+10 days
20		Ensayo de compresión de las probetas a los 7 dias	1 day	Mon 08/06/26	Mon 08/06/26	19FS-1 day
21		Ensayo de compresión de las probetas a los 14 días	1 day	Tue 09/06/26	Tue 09/06/26	18FS-1 day
22		Ensayo de compresión de las probetas a los 28 días	1 day	Wed 24/06/26	Wed 24/06/26	17FS-1 day
23		**RESULTADOS OBTENIDOS**	**18 days**	**Tue 09/06/26**	**Fri 26/06/26**	**20**
24		Elaboración del Informe	16 days	Tue 09/06/26	Wed 24/06/26	20
25		Elaboracion de los tripticos y presentacion	2 days	Tue 23/06/26	Wed 24/06/26	24FS-2 days
26		Sustentacion del proyecto	1 day	Fri 26/06/26	Fri 26/06/26	25FS+1 day
27		FIN	0 days	Fri 26/06/26	Fri 26/06/26	26



Proyecto: TRABAJO DE INVESTI
Fecha: Thu 25/06/26

Critical Split	Resumen del proyecto	solo duración	Tareas externas	Critical
Tarea	Tarea inactiva	Informe de resumen manual	Hito externo	
División	Hito inactivo	Resumen manual	Fecha límite	
Hito	Resumen inactivo	solo el comienzo	Progreso	
Resumen	Tarea manual	solo fin	Progreso manual	

Página 2