



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia del exoesqueleto de langostino en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Arana Calderon, Christian Dennis ([orcid.org/0009-0007-2882-473X](https://orcid.org/0009-0007-2882-473X))

Maza Huaman, Robert Alexander ([orcid.org/0009-0004-3047-6066](https://orcid.org/0009-0004-3047-6066))

**ASESOR:**

Mg. Arevalo Vidal, Samir Augusto ([orcid.org/0000-0002-6559-0334](https://orcid.org/0000-0002-6559-0334))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024

## **DEDICATORIA**

Dedicar en primer lugar a Dios por ser mi guía y mi fortaleza en cada momento. A mis padres Maximino y Luz, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo durante estos años de formación profesional, los cuales me han enseñado que nada es fácil, pero con esfuerzo y optimismo se logra todo. A mi hermano Jhon, esperando ser una fuente de motivación para que alcance sus metas. A mis hijos Valeria y Matthew, para demostrarles que con dedicación y esfuerzo se pueden conseguir muchas cosas en la vida.

### **Arana Calderón, Christian**

Quiero dedicar este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por su bendición infinita a toda mi familia. A mis padres Hilda y Anuario, por su amor, sabiduría y consejos durante mis años de vida. A mi pareja Brenda por su comprensión, fortaleza y apoyo incondicional día a día. A mis hermanos Javier y Yanina por sus buenos deseos y estar siempre junto a mí a pesar de la distancia.

### **Maza Huamán, Robert Alexander**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos a nuestros padres y familiares por el apoyo constante durante nuestra etapa de formación profesional.

A nuestro asesor, quien con sus experiencias y conocimientos ha sabido orientarnos en la culminación de nuestra tesis.

De igual manera a los amigos cercanos que facilitaron conseguir algunos materiales requeridos en la investigación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS, MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CHRISTIAN DENNIS ARANA CALDERON <b>DNI:</b> 42838905 <b>ORCID:</b> 0009-0007-2882-473X	Firmado electrónicamente por: CDARANAA el 18-03- 2024 07:38:48
ROBERT ALEXANDER MAZA HUAMAN <b>DNI:</b> 71087010 <b>ORCID:</b> 0009-0004-3047-6066	Firmado electrónicamente por: RAMAZA el 18-03-2024 07:42:34

Código documento Trilce: TRI - 0740474



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2023.", cuyos autores son ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS, MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 18 de Marzo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO <b>DNI:</b> 46000342 <b>ORCID:</b> 0000-0002-6559-0334	Firmado electrónicamente por: SAAREVALOV el 18- 03-2024 15:46:31

Código documento Trilce: TRI - 0740471

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	22
3.2. Variables .....	23
3.3. Población, muestra y muestreo.....	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección .....	27
3.5. Procedimientos .....	29
3.6. Métodos de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos .....	31
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Componentes de Cemento Portland</i> .....	17
<b>Tabla 2.</b> <i>Consistencia del Concreto</i> .....	18
<b>Tabla 3.</b> <i>Evaluación de calidad el concreto</i> .....	21
<b>Tabla 4.</b> <i>Evaluación de la calidad del concreto por porosidad</i> .....	21
<b>Tabla 5.</b> <i>Cantidad de Probetas necesarias para Ensayo de Resistencia a Compresión</i> .....	25
<b>Tabla 6.</b> <i>Cantidad de Vigas necesarias para Ensayo de Resistencia a Flexión</i> ...	25
<b>Tabla 7.</b> <i>Muestras para Ensayo de Asentamiento</i> .....	26
<b>Tabla 8.</b> <i>Muestras para Ensayo de Exudación</i> .....	26
<b>Tabla 9.</b> <i>Anexos y fichas técnicas</i> .....	28
<b>Tabla 10.</b> <i>Ubicación geopolítica de la investigación</i> .....	32
<b>Tabla 11.</b> <i>Tabla resumen de resultados de caracterización de agregados fino y grueso</i> .....	33
<b>Tabla 12.</b> <i>Resumen del Ensayo de Asentamiento del Concreto <math>f'c= 210\text{kg/cm}^2</math></i> .	36
<b>Tabla 13.</b> <i>Análisis de varianza para consistencia</i> .....	39
<b>Tabla 14.</b> <i>Resumen de ensayo de exudación</i> .....	40
<b>Tabla 15.</b> <i>Prueba de Friedman para exudación de concreto</i> .....	42
<b>Tabla 16.</b> <i>Resumen de Ensayo a Compresión a los 7, 14 y 28 días</i> .....	43
<b>Tabla 17.</b> <i>Análisis de varianza para compresión del concreto</i> .....	46
<b>Tabla 18.</b> <i>Resumen de Ensayo a Flexión a los 7, 14 y 28 días</i> .....	47
<b>Tabla 19.</b> <i>Análisis de varianza para resistencia a la flexión del concreto</i> .....	50
<b>Tabla 20.</b> <i>Resumen de Ensayo de Absorción a los 28 días</i> .....	51
<b>Tabla 21.</b> <i>Análisis estadístico de los datos de % de adsorción del concreto</i> .....	53
<b>Tabla 22.</b> <i>Resumen de Ensayo de Porosidad (vacíos) a los 28 días</i> .....	54
<b>Tabla 23.</b> <i>Análisis de varianza para resultados de % porosidad del concreto</i> .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Anatomía general del Litopenaeus Vannamei (Langostino Blanco) ....</i>	14
<b>Figura 2.</b> <i>Composición química del Exoesqueleto de langostino.....</i>	15
<b>Figura 3.</b> <i>Proporción de los componentes del concreto.....</i>	16
<b>Figura 4.</b> <i>Ensayo de slump según NTP.....</i>	19
<b>Figura 5.</b> <i>Esquematización de puntos de Carga en prueba de Flexión .....</i>	20
<b>Figura 6.</b> <i>Localización geográfica.....</i>	32
<b>Figura 7.</b> <i>Comparación de consistencia de mezclas ensayadas .....</i>	37
<b>Figura 8.</b> <i>Prueba de normalidad para consistencia del concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> .....</i>	38
<b>Figura 9.</b> <i>Exudación vs Dosificación.....</i>	40
<b>Figura 10.</b> <i>Prueba de normalidad para ensayo de exudación .....</i>	41
<b>Figura 11.</b> <i>Resumen de Ensayo a Compresión a los 7, 14 y 28 días .....</i>	44
<b>Figura 12.</b> <i>Análisis de normalidad para compresión del concreto .....</i>	45
<b>Figura 13.</b> <i>Resistencia a Flexión del concreto por dosificación a los 7, 14 y 28 días .....</i>	47
<b>Figura 14.</b> <i>Prueba de normalidad para resultados de resistencia a la flexión del concreto .....</i>	49
<b>Figura 15.</b> <i>Porcentaje de Absorción vs Dosificación a los 28 días.....</i>	51
<b>Figura 16.</b> <i>Prueba de normalidad para resultados de % de absorción .....</i>	52
<b>Figura 17.</b> <i>Porcentaje de Porosidad vs Dosificación a los 28 días .....</i>	54
<b>Figura 18.</b> <i>Prueba de normalidad para resultados de % de porosidad.....</i>	55



## RESUMEN

Nuestra investigación tuvo como objetivo general la evaluación de la influencia de incorporar ceniza de exoesqueleto de langostino sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con respecto a una mezcla de concreto convencional. El estudio de la investigación fue un estudio de tipo aplicada y diseño cuasi experimental, conformada por 27 probetas cilíndricas y 27 probetas de tipo viga. En los procedimientos se llevaron a cabo el diseño de concreto con una mezcla patrón y dos diseños de concreto con dosificaciones diferentes una con 1.5% y otra de 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino como sustitución al cemento. Los resultados obtenidos a la consistencia mostraron la disminución con el 2.5% de cemento sustituido de hasta 64.10% respecto al patrón, igualmente en la exudación disminuyó hasta un 38.59%, en cuanto a resistencia a la compresión la dosificación óptima a los 28 días fue la del 2.5% de cemento sustituido con un aumento de 9.33% en comparación al patrón, mientras que en la resistencia a flexión con la dosificación del 1.5% se superó al patrón en 7.75%. Se determinó que el óptimo porcentaje de ceniza de exoesqueleto de langostino para la resistencia a compresión es el 2.5% y para la resistencia a flexión es el 1.5%, para el caso del porcentaje de absorción y porosidad la dosificación del 2.5% tiene una diferencia de 2.89% y 6.4% con respecto al concreto patrón logrando un concreto de calidad cumpliendo con lo especificado a las normas técnicas.

**Palabras claves:** Ceniza de exoesqueleto de langostino, consistencia, exudación, resistencia del concreto, absorción, porosidad

## **ABSTRACT**

Our research aimed to evaluate the influence of incorporating shrimp exoskeleton ash on the physical and mechanical properties of concrete with a strength of  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, compared to conventional concrete mixtures. The study was an applied research with a quasi-experimental design, consisting of 27 cylindrical specimens and 27 beam specimens. In the procedures, concrete designs were carried out with a standard mixture and two different dosages of shrimp exoskeleton ash, one with 1.5% and another with 2.5% substitution for cement. The results showed a decrease in workability by up to 64.10% with 2.5% of replaced cement compared to the standard mixture. Similarly, bleeding decreased by up to 38.59%. Regarding compressive strength, the optimal dosage at 28 days was found to be 2.5% of replaced cement, showing an increase of 9.33% compared to the standard mixture. Meanwhile, in flexural strength, the dosage of 1.5% surpassed the standard mixture by 7.75%. It was determined that the optimal percentage of shrimp exoskeleton ash for compressive strength is 2.5%, and for flexural strength is 1.5%. Regarding absorption and porosity, the 2.5% dosage showed a difference of 2.89% and 6.4%, respectively, compared to the standard concrete, achieving high-quality concrete that complies with technical standards.

**Keywords:** Shrimp exoskeleton ash, consistency, exudation, concrete strength, absorption, porosity

## I. INTRODUCCIÓN

La problemática de la gestión de residuos generados por crustáceos, tales como las vieiras, cangrejos, langostinos, y las conchas de langosta, representa una preocupación creciente a nivel global, impactando negativamente tanto al medio ambiente como a la economía. Investigaciones realizadas por Teli y Sheikh (2015, p.35) y Cahú et al. en el mismo año, han arrojado luz sobre la magnitud de esta situación, revelando que anualmente se generan entre seis y ocho millones de toneladas de estos desechos mundialmente. Específicamente en la Unión Europea, los caparazones de crustáceos suman alrededor de 750,000 toneladas, destacando la severidad de la problemática y la búsqueda de soluciones efectivas para su manejo y disposición adecuada.

La industria acuícola, y en particular la cría intensiva de camarón ha sido identificada por Pájaro y Díaz (2012, p.16) como una de las principales fuentes de exacerbación de este problema. La producción en masa de camarones genera una cantidad significativa de residuos, principalmente exoesqueletos de langostinos, que se desechan sin un adecuado tratamiento, contribuyendo así a la contaminación ambiental. A pesar de que estos desechos poseen un potencial considerable para ser reutilizados, especialmente el exoesqueleto del langostino blanco, su aprovechamiento efectivo aún es limitado, lo que representa una oportunidad perdida tanto desde la perspectiva económica como ambiental.

En el caso específico de Perú, un país con una rica tradición pesquera y una industria acuícola en crecimiento, el problema de la gestión de desechos de crustáceos no es menos relevante. Según un informe de PROMPERÚ (2020, p.4), aunque la comercialización de carne de langostino en el país es considerable, con una producción anual que asciende a aproximadamente 32,118.4 toneladas y exportaciones que alcanzan las 29.9 mil toneladas, la gestión adecuada de los subproductos derivados de esta industria, en particular los residuos de langostinos, sigue presentando un desafío significativo. Esto resalta la importancia de desarrollar estrategias efectivas para el manejo de estos desechos, con el fin de reducir su efecto ambiental y maximizar su valor económico.

Ahmed (2019), hace mención que países en desarrollo como el Perú, los recursos naturales no utilizados, como los subproductos de langostinos, representan oportunidades económicas significativas que están siendo desaprovechadas. La falta de estrategias efectivas para el aprovechamiento de estos recursos contribuye no solo a la contaminación ambiental sino también limita las posibilidades de desarrollo sostenible y crecimiento económico en estas regiones.

Del mismo modo a nivel local, investigadores como Mosqueira y Pinillos (2021, p.20), han destacado la urgente necesidad de reutilizar los subproductos de crustáceos, como los exoesqueletos de cangrejo, como una medida para reducir la contaminación y fomentar prácticas más sostenibles. Este enfoque no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede contribuir a la creación de nuevos productos y mercados, impulsando así la economía local.

Ante esta problemática ambiental y económica, la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles es imperativa. Es en este contexto que se plantea la investigación sobre el uso potencial de las cenizas de exoesqueleto de langostino como opción viable al uso de cemento en la fabricación de hormigón. Este enfoque innovador busca no solo abordar la gestión eficiente de los residuos de crustáceos sino también mejorar la sostenibilidad y sus estándares en el sector de la construcción, ofreciendo una solución que tiene el potencial de revolucionar tanto la gestión de residuos como las prácticas de construcción, alineándose a los fines del avance sostenible y la economía circular.

Lo que nos lleva a plantear el estudio de la mezcla de exoesqueleto de langostino en la elaboración de un concreto  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ . Donde como problema general tenemos: ¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2023? Así como los problemas específicos 1: ¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la consistencia del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2023? Problemas específicos 2: ¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la exudación del concreto  $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ , en Lima 2023? Problemas específicos 3: ¿Qué influencia tiene la incorporación de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia

a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en Lima 2023? Problemas específicos 4: ¿Qué influencia tiene la incorporación de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en Lima 2023 y 5: ¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la absorción y porosidad del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en Lima 2023?

La presente investigación se embarca en un estudio pionero con múltiples facetas de justificación, abarcando desde teóricas hasta metodológicas, cada una con un peso crucial en el crecimiento y puesta en marcha de los resultados obtenidos. Iniciando con el ámbito teórico, este estudio se posiciona como un pilar fundamental para la comprensión y avance en el ámbito de la ingeniería y tecnología de materiales, especialmente en lo que respecta a la innovación en los componentes del concreto. Al incorporar exoesqueletos de langostino en el concreto, no solo se propone un uso innovador de desechos, sino que también se abre un nuevo capítulo en la investigación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción. Este enfoque permite la generación de teorías relacionadas con la influencia de aditivos orgánicos en el comportamiento del concreto, ofreciendo un punto de referencia invaluable para futuras investigaciones documentales y experimentales. La importancia de esta investigación se centra en su habilidad para fundamentar teóricamente los beneficios y limitaciones del uso de exoesqueletos de langostino en la mezcla de concreto, proporcionando así una base sólida para el desarrollo continuo en este campo emergente.

Desde la perspectiva práctica, la investigación se adentra en un análisis detallado sobre las proporciones óptimas de exoesqueleto de langostino para contribuir con las características del concreto. Se han seleccionado proporciones específicas de 1.5% y 2.5% tras una cuidadosa consideración de su potencial para optimizar tanto la resistencia como la durabilidad del concreto, sin comprometer su trabajabilidad o viabilidad económica. Estas proporciones se han elegido basándose en estudios preliminares que indican un equilibrio entre la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto y la mantenibilidad de su consistencia y facilidad de uso (Mosqueira y Pinillos, 2021, p.17). Al mejorar estas propiedades, se busca no solo avanzar en la calidad y eficacia del material sino también abrir la puerta a su

comercialización en mercados nacionales e internacionales, presentando una innovación significativa en la industria de la construcción.

La justificación ecológica de este estudio es, quizás, una de las más significativas, reflejando una creciente conciencia global sobre la necesidad de prácticas sostenibles. Al utilizar desechos de langostino, que de otra manera contribuirían a la degradación ambiental, este estudio propone una solución práctica y sostenible al problema de la gestión de residuos. Transformar estos desechos en un recurso valioso para la fabricación de concreto no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también promueve un ciclo de vida más sostenible para los materiales de construcción.

En el aspecto económico, la utilización de desechos de langostino como materia prima representa una oportunidad para reducir los costos de fabricación del concreto. Esta reducción de costos no se limita a la producción, también puede influir positivamente en el precio final para los consumidores, ofreciendo así una ventaja competitiva significativa en el mercado.

La justificación social subraya el impacto directo de esta investigación en las condiciones en las que las personas viven. Al mejorar las propiedades del concreto, se busca proporcionar viviendas con mayor resistencia y durabilidad, mejorando así la seguridad y el bienestar con la que viven los usuarios finales. Esta mejora en la calidad de las construcciones no solo beneficia a los propietarios de viviendas, cuenta también con el potencial de elevar los estándares de construcción a nivel global.

Finalmente, la justificación metodológica de este estudio se centra en la creación y validación de nuevos instrumentos que tiene la utilidad de recolectar datos. Estos instrumentos son cruciales para la precisión y fiabilidad de los datos resultantes obtenidos, asegurando que la investigación no solo aporte al conocimiento existente, sino que también establezca nuevos estándares metodológicos en el estudio de materiales de construcción innovadores.

Con respecto a la formulación de la hipótesis General: “La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, mejora el comportamiento físico y mecánico del

concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima -2023” así como hipótesis Específicas 1: “La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, influye favorablemente en la consistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2023”, hipótesis Específicas 2: “La incorporación de ceniza exoesqueleto de langostino, influye favorablemente en la exudación del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2023”, hipótesis Específicas 3: “La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, influye favorablemente la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2023”, hipótesis Específicas 4: “La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, influye favorablemente la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2023”, hipótesis Específicas 5: “La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, influye favorablemente en la absorción y porosidad del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2023”.

Dentro de los objetivos tenemos como objetivo General: Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2023. Así también como los objetivos Específicos 1: Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la consistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023. Objetivos Específicos 2: Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino en la exudación del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023. Objetivos Específicos 3: Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima -2023. Objetivos Específicos 4: Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2023, Objetivos Específico 5: Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la absorción y porosidad del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima- 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Dando inicio desde los antecedentes internacionales, tenemos a diversos estudios que han abordado la innovación en materiales de construcción, especialmente en lo que respecta al concreto, con el objetivo de contribuir en sus propiedades mecánicas y físicas a través la incorporación de materiales no convencionales. Entre estos, destacan investigaciones que han sentado precedentes importantes para nuestro estudio sobre el uso de exoesqueletos de langostino en la fabricación de concreto.

En un estudio realizado por Almerco y Ayaipoma (2021), se evaluó cómo la adición de ceniza de cangrejo y hueso de aceituna afecta las características mecánicas y físicas del concreto con una resistencia característica de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ . Mediante un enfoque metodológico aplicado, experimental y cuantitativo, se prepararon mezclas de concreto estándar sin aditivos y otras con inclusiones del dos al nueve por ciento en peso del cemento. Al analizar el comportamiento del asentamiento, se observó que al añadir un 3% de ceniza de cangrejo y hueso de aceituna, los asentamientos fueron de 3.3 pulgadas y 2.9 pulgadas respectivamente. En cuanto a las pruebas de resistencia del concreto a los 28 días con un 3% de ceniza de cangrejo, se registró un incremento en la resistencia a la compresión, flexión y tracción de 8.46%, 2.10% y 8.22% respectivamente, en comparación con la mezcla de control. Por otro lado, al reemplazar un 3% de ceniza de aceituna, solo se observaron incrementos de 1.55% y 1.60% en las pruebas de compresión y tracción, respectivamente, mientras que la resistencia a la flexión no superó a la de la mezcla de control. Finalmente, se concluyó que agregar un 3% de estas cenizas mejora las resistencias a la compresión y tracción del concreto y que, al reducir la proporción de aditivos, la trabajabilidad del concreto se ve favorecida.

Siguiendo esta línea de investigación, Mosqueira y Pinillos (2021) investigaron el impacto de añadir ceniza de caparazón de cangrejo (CCC) en diferentes proporciones de hormigón con una resistencia base de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , centrando su estudio en cómo estas adiciones afectan las características mecánicas del material, especialmente su fortaleza a la compresión. Utilizando una metodología experimental aplicada, evaluaron muestras con adiciones de CCC del 1%, 3%, 5%,



7% y 9%, y las sometieron a pruebas de fortaleza a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los datos más destacados indican que la adición de un 5% de CCC resultó en la mayor fortaleza a la compresión, alcanzando 247.11 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, comparado con el hormigón patrón y otras proporciones. Sin embargo, incrementos de CCC por encima del 5% disminuyeron la resistencia, sugiriendo que aunque la ceniza de caparazón de cangrejo puede mejorar significativamente las características mecánicas del hormigón, existen límites óptimos de adición para aprovechar sus beneficios sin comprometer la resistencia del material.

En un estudio anterior, Chumioque y Villegas (2019) investigaron cómo el remplazo del cemento por concha de abanico en ceniza y bagazo de caña de azúcar afecta la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Aplicaron un diseño experimental para evaluar mezclas con adiciones del 3% y 6%, y luego del 5% y 10%, y finalmente del 7% y 14% de cenizas. Los hallazgos clave muestran que, a los 28 días, las mezclas con un 5% y 10% de adición alcanzaron resistencias de 217.9, 215.4 y 212.5 kg/cm<sup>2</sup>, superando las resistencias iniciales del concreto estándar. Concluyeron que estas proporciones de cenizas son las más efectivas para mantener la resistencia deseada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, demostrando que estas cenizas pueden ser alternativas viables al cemento tradicional sin comprometer la calidad estructural del concreto.

El resumen del estudio realizado por Caururo et al. (2021), se aborda el impacto de la ceniza de cáscara de papa (CCP) en la resistencia a la flexión del concreto. LA meta fue determinar cómo distintos porcentajes de CCP afectan esta propiedad en comparación con un concreto patrón, mediante un enfoque cuantitativo y experimental. Utilizando cemento Portland IP, agregados y CCP, se elaboraron mezclas siguiendo el método ACI 211.1, evaluando resistencias a la flexión en concretos de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con adiciones de CCP del 2%, 5% y 7%. Se realizaron 36 muestras, divididas en 9 viguetas por cada porcentaje de CCP. Los resultados revelaron mejoras significativas en la resistencia a la flexión con la adición de CCP, observándose incrementos del 37.15% al 45.88% a los 7 días, del 45% al 48.60% a los 14 días, y del 53.94% al 54.96% a los 28 días, con el mayor aumento registrado al añadir un 7% de CCP, alcanzando una resistencia de 149.44 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en comparación con el concreto patrón. Este estudio

demuestra el potencial de la CCP como agregado para incrementar la resistencia a la flexión del concreto, ofreciendo una alternativa sostenible y eficiente para el ámbito de la construcción.

Internacionalmente, diversos estudios han contribuido al conocimiento y desarrollo de materiales de construcción sostenibles, específicamente en la innovación del hormigón a través de la adición de desechos de origen marino. Estos antecedentes son fundamentales para entender el alcance global de investigaciones enfocadas en el incremento de las características del concreto y su impacto ambiental.

Álvarez (2021) investigó el impacto de utilizar conchas de crustáceos y moluscos, y caparazones como reemplazos porcentualmente menores en agregados en el concreto, enfocándose en su comportamiento mecánico y rendimiento. A través de un enfoque experimental, descubrió que reemplazar hasta un 25% del agregado fino y un 20% del agregado grueso con estas conchas es viable, afectando mínimamente las características mecánicas del concreto. Sin embargo, la utilización de conchas de moluscos presenta desafíos debido a su forma irregular y porosa, lo que incrementa la porosidad del concreto y dificulta la adhesión con la pasta de cemento. A pesar de estos retos, el reemplazo reduce los costos y mantiene las propiedades del concreto dentro de rangos aceptables, siendo especialmente efectivo hasta un 12.5% en mezclas de agregados finos y gruesos. Este enfoque no solo ofrece una alternativa sostenible a los agregados convencionales, sino que también promueve el reciclaje de desechos marinos.

Del mismo modo, Ortiz (2020) exploró el uso de quitosano, derivado de exoesqueletos de crustáceos, en concreto reforzado. En las pruebas mecánicas, el concreto con quitosano mejoró significativamente, alcanzando una fortaleza a la compresión de 125.02 kg/cm<sup>2</sup>, en contraste con los 91.33 kg/cm<sup>2</sup> de la muestra control. Sin embargo, las pruebas electroquímicas mostraron que el quitosano, especialmente cuando se mezclaba con 0.5 g de quitosano y vinagre de manzana, tenía un desempeño similar al de la muestra sin aditivos, con una variación de potencial de -890 mV a -12.98 mV y una densidad de corriente de 1.8E-3 mA/cm<sup>2</sup>. Aunque la probeta con quitosano presentó una menor probabilidad de corrosión y una resistencia elevada a soluciones de cloruro en comparación con la muestra

control, los resultados electroquímicos generales no superaron significativamente a los de la muestra sin aditivos. Este estudio concluye que, aunque el quitosano no mejora notablemente el desempeño electroquímico del concreto en entornos marinos, sí aumenta sus propiedades mecánicas, particularmente cuando se mantiene finamente molido y retenido en una malla número 100.

Palacios (2019), desde Chile, se enfocó en evaluar las características físicas y mecánicas de morteros con sustitución de cemento en parte por material fino obtenido de conchas de almejas. Con una metodología de tipo aplicada con diseño experimental. Los resultados obtenidos a una muestra concreto patrón y también con adiciones de cinco, quince; treinta; cuarenta y cinco por ciento de cenizas de concha de almeja reemplazando al cemento, las pruebas ensayadas fueron 3 iguales. Para analizar la fortaleza a compresión del concreto en edades de 28; 56; 90 y 240 días, teniendo como conclusión que las características físicas del concreto con adición de material fino de concha de almeja en reemplazo del cemento, en una edad de 240 días los morteros tanto cenizos o no, tienen una buena calidad y compacidad. Por otra parte, en las características mecánicas del concreto a 240 días, los morteros experimentales y patrón tuvieron la misma resistencia.

La investigación realizada por Quevedo (2018) investigó el efecto de reemplazar el cemento Portland con ceniza de bagazo de caña de azúcar en las características mecánicas mecánicas del concreto, apuntando hacia una construcción más sostenible. Se descubrió que una sustitución del 9% de ceniza (calcinada a 300 °C) por cemento Portland es óptima, mejorando la fortaleza a la compresión en un 3.42% a  $f'c=238.86 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia a la tracción en un 1.63% a  $22.12 \text{ kg/cm}^2$ , comparado con el concreto sin ceniza. Este hallazgo es significativo por dos razones principales: indica que la ceniza de bagazo de caña de azúcar puede fortalecer las características mecánicas del hormigón y ofrece una alternativa más sostenible y menos costosa al cemento Portland, conocido por su intensiva producción energética y sus altas emisiones de  $\text{CO}_2$ . La investigación subraya la viabilidad de utilizar subproductos agrícolas en la producción de concreto, promoviendo prácticas de construcción más verdes. Sin embargo, se recomienda realizar más estudios para evaluar las consecuencias a largo plazo de esta

sustitución y perfeccionar las proporciones y métodos de preparación para asegurar la calidad y seguridad estructural.

En el contexto de revisar antecedentes internacionales en otros idiomas, se aborda el estudio realizado por Nurul et al. (2019), in their article entitled "Physical and Mechanical Properties of Concrete Containing Green Mussel Shell Ash (*Perna viridis*) as Addixture" where its objective was to improve the load capacity of concrete using shell ash from green mussels as a proportional replacement for cement in the mix. Its design was experimental because the mussels were crushed and incinerated to use it as partially replaced cement by ash from mussels with proportions of 1%, 2%, 4% and 5% with curing stages of 7, 28 and 60 days, for which the physical properties of the modified concrete will also be developed with mussel ashes. Donde concluyeron que la adición de cenizas de mejillones en el concreto logro un desempeño mayor con respectos a la muestra modelo, en términos de esfuerzo a la rotura, y al adicionar ceniza de mejillón a la dosificación en un 2% fue ideal, registraron una resistencia a compresión de 42.75; 52.40 y 54 Mpa respectivamente, en comparación del mortero de la muestra patrón con resistencias de 37.50; 48.50 y 51 Mpa.

De igual forma, el estudio de Martínez et al. (2017), In the study titled "Behavior of the Mussel Shell as an Aggregate in Simple Concrete," the primary aim of the researcher was to investigate how mussel shells behave as aggregates in mass concrete. The experimental methodology involved subjecting mussel shells obtained from the canning industry to heat treatment at 135°C for 30 minutes. Subsequently, the shells were crushed and sieved to obtain aggregates resembling sand and gravel. Characterization of these new aggregates was conducted using X-ray diffraction analysis, TGA, and SEM microscopy. Two types of conventional concrete, NSC and SC, were designed, with natural aggregates replaced by mussel shell aggregates in varying proportions. Tests were conducted in both the fresh and hardened states to evaluate concrete properties. Results indicated that mussel shell replacement should not exceed 25% of either fine or coarse aggregates, or 12.5% of both, to ensure satisfactory performance in NSC and SC concretes. Analysis revealed that mussel shells primarily consist of calcite  $\text{CaCO}_3$  with traces of aragonite, matrix proteins, and chitin. The thermal treatment ensured safety in

handling the shells by eliminating bacteria, classifying them as inert material. Moreover, the flat and scaly shape of the shells was found to impact water demand and paste-aggregate bond, while the presence of organic substances influenced porosity and the concrete hydration process. En conclusión, este estudio demostró que la concha de mejillón tratada térmicamente puede ser utilizada como agregado en hormigón simple. Los porcentajes de reemplazo de hasta el 25% de árido natural por árido de concha de mejillón (ya sea arena o grava) y hasta el 12.5% de reemplazo de ambos áridos son adecuados para hormigones estructurales y no estructurales. Se observó que la forma plana y escamosa de las conchas afecta la trabajabilidad y la fortaleza del hormigón, mientras que la existencia de sustancias orgánicas disminuye la unión árido-pasta y aumenta la porosidad. Estos hallazgos tienen implicaciones para el uso de la concha de mejillón como un subproducto útil en la industria del hormigón, lo que contribuye a la sostenibilidad y reducción de residuos.

En el ámbito de la investigación sobre materiales sostenibles para la construcción en artículos publicados en revistas, el estudio llevado a cabo por Govindhan y Thamizha (2019) investigaron el uso de materiales más sostenibles en la fabricación de hormigón, centrándose en reemplazar el cemento por cenizas volantes y el agregado grueso por conchas marinas. Emplearon un enfoque experimental para evaluar los efectos de estas sustituciones en la fortaleza a la compresión del hormigón M20. Sus hallazgos indicaron mejoras significativas en la resistencia: un 30% de reemplazo de conchas marinas y un 5% de cenizas volantes resultaron en los mayores aumentos, con resistencias a la compresión de hasta 22.92 kg/cm<sup>2</sup> a los siete días y 34.25 kg/cm<sup>2</sup> a los veintiocho días para las conchas, y 33.62 kg/cm<sup>2</sup> a los veintiocho días para las cenizas volantes. Estos resultados sugieren que dichas sustituciones no solo son viables sino también beneficiosas para la resistencia del hormigón, además de ofrecer ventajas económicas y ambientales por la reducción en el uso de materiales convencionales.

También, Bhell, Meghwar, Sohu, Khoso, Kumar y Hussain (2018), en su investigación denominada "Experimental study on recycled concrete aggregates with rice husk ash as partial replacement of cement", de la Universidad Mehran, Pakistán. La meta de este trabajo fue analizar el reemplazo de cáscara de arroz en

ceniza en el cemento y agregado natural reciclado en las propiedades mecánicas del concreto. La tesis fue experimental, donde se realizaron muestras para reemplazar ceniza de cáscara de arroz con un 10% por volumen de cemento, produciendo 135 muestras de concreto. Se registraron datos de los ensayos de tensión y compresión a edades de 7, 14, 21, 28 y 56 días. Los resultados obtenidos con la dosificación del 10% de ceniza de cáscara de arroz y agregado reciclado fueron positivos para la consistencia siendo plástica, mejorando la manejabilidad del hormigón en estados frescos, también la fortaleza a la compresión y tracción a los 56 días mejoró en un 6% y 4% respectivamente, favoreciendo así las propiedades mecánicas. Los autores concluyeron que la mezcla reemplazando la cáscara de arroz con cemento no debe ser mayor al 10%, ya que la resistencia al esfuerzo de compresión disminuye.

Varhen, C., Carrillo, S., y Ruiz, G. (2017) en su estudio "Uso de la Vieira Peruana como Agregado Fino en el Concreto" exploraron el impacto de incorporar concha de vieira peruana triturada (CSS) como sustituto del añadido fino en el concreto. Se realizaron ensayos con mezclas de concreto que incluían CSS en proporciones variables y se evaluaron sus características tanto en estado endurecido como en fresco a los 7, 28 y 90 días, considerando diferentes relaciones agua/cemento ( $a/c$ ) de 0.75, 0.55, 0.45 y 0.41. Los resultados mostraron que el reemplazo de CSS influye positivamente en la trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, atribuido a la morfología angular de las partículas de CSS. Se sugirió un óptimo de reemplazo del 5% en general, con un máximo recomendado del 40% para partículas de tamaño entre 1.19 y 4.75 mm. Este estudio concluye que el CSS, tras procesos simples de limpieza, puede mejorar las propiedades del concreto convencional y recomienda evitar partículas menores a 1 mm en mezclas sin aditivos. La elección del nivel de reemplazo óptimo depende de la relación  $a/c$ , siendo menor en mezclas con mayor relación sin comprometer las propiedades del concreto.

Palomino y Torres (2021) llevaron a cabo un estudio para estudiar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) en las características mecánicas del concreto. Utilizando un método deductivo y un enfoque cuantitativo, se analizó el impacto de diferentes porcentajes de SCBA como reemplazo parcial

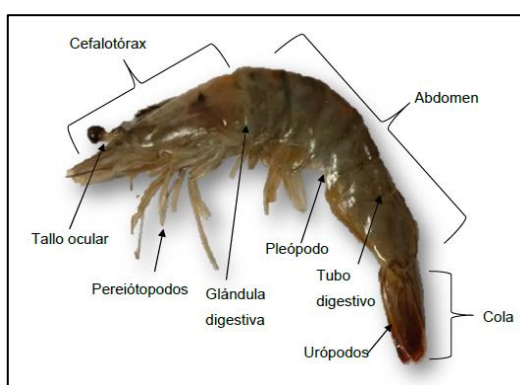
del cemento en las mezclas de concreto, específicamente en su resistencia a compresión y tracción a los 28 días de curado. Los hallazgos revelaron que al reemplazar el cemento con SCBA en un rango del 5% al 10% por peso, se optimizan significativamente las características mecánicas del hormigón, alcanzando resistencias máximas en contraste con las mezclas del hormigón patrón. A pesar de ello, incrementar la proporción de SCBA más allá del 10% disminuyó la resistencia debido a variables como las características del cemento, la relación agua/cemento, y el contenido de sílice de la ceniza. Los resultados indican que el uso de SCBA en proporciones de 5% a 10% incrementa la fortaleza y durabilidad del hormigón, reduciendo además el costo de producción. Con mezclas optimizadas, se logró una resistencia máxima de 312 kg/cm<sup>2</sup>, demostrando que el SCBA es un aditivo viable para incrementar las virtudes del concreto de manera económica y sostenible.

Continuando con las bases teóricas del estudio, tenemos al langostino blanco, conocido científicamente como *Litopenaeus Vannamei* y popularmente como langostino pájaro blanco, es un crustáceo de gran relevancia en la acuicultura, especialmente en el Perú. Según la FAO (2008), este crustáceo ha sido cultivado con éxito en el país, destacando entre otros tipos como el *L. stylirostris*, o langostino azul, que anteriormente se cultivaba a menor escala. Estos crustáceos proliferan desde las costas occidentales de México hasta el norte de Perú, siendo América el continente donde más se desarrolla esta especie. México, Brasil, Ecuador, Colombia y Venezuela se cuentan entre los principales productores, gracias a la creciente demanda internacional que ha impulsado significativamente el cultivo de langostinos. En Perú, la industria del langostino ha experimentado un notable impulso, especialmente en la región de Tumbes, donde las condiciones ambientales son idóneas para el crecimiento de estas especies. Según MINCETUR (2005), el país se ha especializado en la exportación de colas de langostinos congeladas, con o sin exoesqueleto, productos que alcanzan precios superiores en el mercado internacional en comparación con el langostino entero, siendo Estados Unidos el principal destino de estas exportaciones.

La morfología del langostino blanco es un aspecto crucial para entender tanto su biología como el impacto de su comercialización en la generación de residuos.

Según Barriga (2016, p. 15), el cefalotórax del langostino representa el 37.94% de su peso total, mientras que el abdomen o cola constituye el 27.30%. Estas proporciones son significativas ya que los desechos generados varían según el tipo de producto comercializado. Mero (2010) añade que los crustáceos macruros, caracterizados por su abdomen alargado, son carnívoros y de hábitos nocturnos. La estructura corporal del langostino se divide en tres partes principales: el cefalotórax, el abdomen y la cola, presentando una cabeza prominente y grandes ojos. Su forma es cilíndrica y alargada, con lados lisos y una parte superior más ancha.

Es relevante destacar que el exoesqueleto de camarón utilizado en este proyecto proviene del mar de la costa peruana, específicamente de la especie *Litopenaeus Vannamei*. Este detalle no solo subraya la importancia del langostino blanco en la economía y gastronomía peruana sino también su potencial en aplicaciones innovadoras como la propuesta en este estudio.



**Figura 1.** Anatomía general del *Litopenaeus Vannamei* (Langostino Blanco)

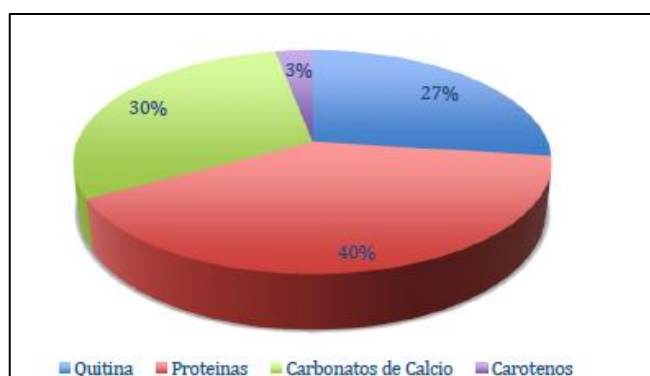
Fuente: (García Velázquez, E., 2023).

En el contexto de nuestra investigación, el foco se centra en el exoesqueleto de crustáceo, específicamente el desecho del langostino blanco (*Litopenaeus Vannamei*), que no se aprovecha para la venta, exportación ni consumo alimenticio. Este residuo representa una porción significativa del peso total del langostino, con la FAO (2008) señalando que hasta el ochenta y cinco por ciento del peso del langostino blanco está constituido por el exoesqueleto y las patas. Este componente externo, que protege y sostiene al crustáceo, está formado



principalmente por la cutícula y la quitina. A pesar de su función protectora y de soporte, el exoesqueleto no crece con el animal, lo que requiere que el crustáceo lo mude repetidamente a lo largo de su vida para reemplazarlo, según Graciano León et al. (2021, p.30).

Los desechos generados por el procesamiento del langostino, como el exoesqueleto, son vistos comúnmente como residuos orgánicos o basura, constituyendo un desafío para la industria de mariscos debido a los costos asociados con su disposición y el impacto ambiental negativo de su acumulación. Rivera (2020) destaca que la gestión de estos residuos sólidos representa una carga económica para las industrias procesadoras, dado el costo elevado de su eliminación. Sin embargo, estos desechos contienen componentes valiosos como proteínas, carbonato de calcio, carotenos y, sobre todo, quitina, un polímero natural abundante con un gran potencial industrial, tal como lo indica Barriga (2016, p.18).

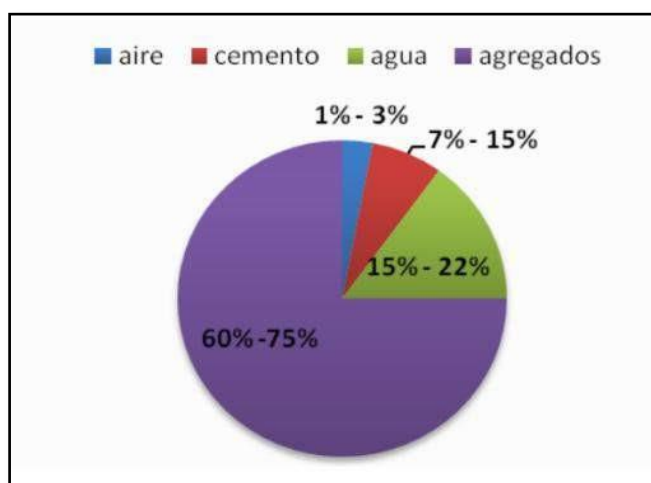


**Figura 2.** *Composición química del Exoesqueleto de langostino*

Fuente: (Barriga, 2016).

Del mismo modo, la investigación se apoya en la premisa de que el concreto, un material crucial en el sector de la edificación que está hecho agregados gruesos y finos, agua, cemento y, opcionalmente, aditivos, adquiere una forma compacta y resistente una vez endurecido. Esta mezcla, al solidificarse, transforma los agregados y el cemento Portland en un material capaz de soportar elevadas cargas, gracias a su propiedad distintiva de resistencia. Bamigboye (2015, p.25) resalta la importancia del concreto como un material moldeable que, con el tiempo, se convierte en una masa compacta y resistente, caracterizada por su capacidad para soportar esfuerzos significativos.

En este marco, nuestro estudio pretende explorar el potencial del exoesqueleto de langostino, un recurso hasta ahora subutilizado, como un componente innovador en la elaboración de concreto. Al hacerlo, no solo buscamos ofrecer una solución sostenible para la gestión de desechos del sector de mariscos sino también mejorar las propiedades del concreto, abriendo nuevas vías para la investigación y aplicación en el campo de la construcción y la ingeniería de materiales.



**Figura 3.** Proporción de los componentes del concreto

Fuente: (Pérez, 2015).

En la composición del concreto, diversos materiales desempeñan roles fundamentales para alcanzar la mezcla deseada con propiedades específicas de durabilidad, resistencia y trabajabilidad. Entre estos materiales se encuentran los agregados fino y grueso, el cemento, las puzolanas, así como la consideración de las características del concreto fresco.

El agregado fino, comúnmente referido como arena, proviene de la desintegración natural o artificial de rocas. Para cumplir con los estándares de calidad y ser adecuado para su uso en concreto, debe pasar por tamices específicos, quedando retenido entre el tamiz N°3/8" y el tamiz N°200. Abanto (2009) enfatiza la importancia de que este material sea compacto, durable y libre de impurezas, en línea con las directrices de la Norma NTP 400.037.

Por otro lado, el agregado grueso, según Sulymon et al. (2017), es aquel que, al ser tamizado por el N°4 (4.75mm), retiene al menos el 95% de su masa, cumpliendo

así con la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037). Este puede provenir de grava natural o de piedras trituradas, y su calidad impacta directamente en las propiedades estructurales del concreto.

El cemento, descrito por Huaquisto y Belizardo (2018), se obtiene de la calcinación de rocas como la caliza y la arcilla, capaces de adherirse a otros minerales y formar una mezcla que endurece al mezclarse hídricamente. El Cemento Portland, específicamente, se produce a partir del clinker pulverizado, compuesto en esencia por silicatos de calcio y aluminio (Manrique, 2012, p.35). La adición de nuevos materiales al cemento Portland es limitada, generalmente hasta un máximo del 1% del peso total, para no comprometer sus características.

**Tabla 1. Componentes de Cemento Portland**

Cantidades (%)	Componente Químico	Procedencia Usual
95%	Óx. Aluminio ( $Al_2O_3$ )	Arcillas
	Óx. Calcio ( $CaO$ )	Rocas Calizas
	Ox. Hierro ( $Fe_2O_3$ )	Pirita, Arcillas, Mineral de Hierro
	Óx. Sílice ( $SiO_2$ )	Areniscas
5%	Óx. Magnesio y Sodio	Otros minerales
	Fósforo y Manganeso	
	Potasio, Azufre, Titanio,	

Fuente: Pasquel (1998), Tecnología del Concreto en el Perú.

Las materias inorgánicas, con altos contenidos de sílice y alúmina, las puzolanas, carecen de valor cementante en su estado natural. Sin embargo, al ser finamente mezcladas con agua, estas sustancias experimentan una reacción química con la cal, generando un producto uniforme que adquiere propiedades cementantes (Jarre et al, 2017).

Estas son clasificadas en: Puzolanas Naturales y Puzolanas Artificiales. Las Puzolanas Naturales consisten en materiales de origen volcánico, así como arcillas o sedimentos rocosos que contienen sílice y comparten una composición química parecida a la de la cal. Por otro lado, las Puzolanas Artificiales se originan como

subproductos de actividades agrícolas e industriales, incluyendo elementos como la ceniza volante y el humo de sílice.

Las propiedades del concreto fresco suceden en transcurso en que el concreto al estar en estado blando tiene la cualidad de ser manejable y moldeable en formas distintas, en este estado se mantiene mediante la compactación y colocación. En donde las virtudes como consistencia y la exudación son de gran importancia para el concreto en estado fresco.

La Consistencia, hace referencia a una virtud del concreto en condición fresca del concreto, en donde el contenido de humedad está determinado por su fácil fluidez. Esta característica permite un fácil manejo del concreto (Godoy y Gándara, 2018). En esta propiedad tiene mucha importancia la forma del agregado que se incorpora a la mezcla y la proporción del agua y cemento.

**Tabla 2.** *Consistencia del Concreto*

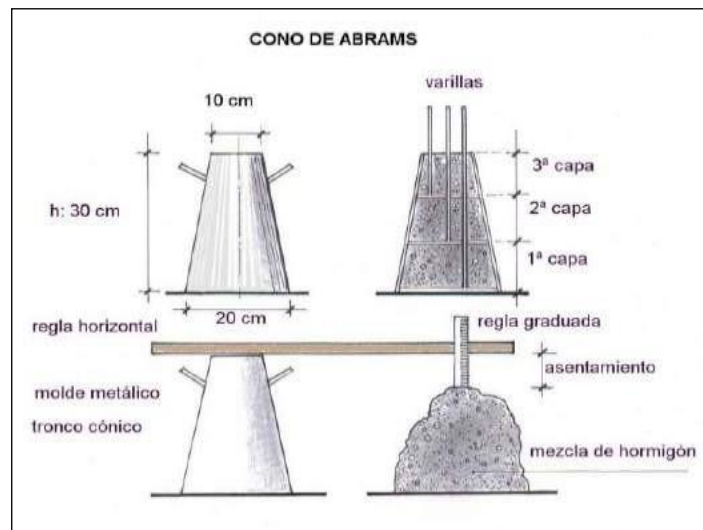
<b>Consistencia</b>	<b>Pulgadas de asentamiento</b>	<b>Manejabilidad</b>
Seca	Entre 0" a 2"	Poco manejable
Plástica	Entre 3" a 4"	Manejable
Fluida	Mayor que 5"	Muy manejable

Fuente: Obtenido de la Norma ASTM C-143

Las pruebas y técnicas necesarias para calcular las dimensiones de la variable dependiente se describen de la forma:

Ensayo de Asentamiento, se denomina así a la prueba de revenimiento, ayudando a evaluar la consistencia del concreto. Conforme al lineamiento demarcado en la ASTM C-143 y la NTP 339.035, después de quitar la mezcla compactada del molde y pasarla a un molde Tronco-Cónico se procede a medir, en pulgadas, el asentamiento. Se debe tener en cuenta que este ensayo tiene un tiempo máximo

de 5 minutos y no debe ser interrumpido al momento de ser realizado. En la Figura 2 se muestra las etapas para que la consistencia sea medida.



**Figura 4.** Ensayo de slump según NTP

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP)

El fenómeno de la exudación ocurre cuando el agua se acumula en la superficie del concreto mientras los componentes sólidos se sedimentan. Si este proceso se da en exceso, puede incrementar la porosidad y alterar cualidades fundamentales del concreto, tales como su resistencia y durabilidad (Godoy y Gándara, 2018).

Por otra parte, las virtudes definitivas del hormigón en su fase endurecida se establecen en el momento en que comienza a solidificarse y ganar resistencia, que es posterior al proceso de fraguado. Durante esta fase, el concreto adquiere sus capacidades de resistencia, incluyendo la habilidad para soportar fuerzas de compresión y flexión.

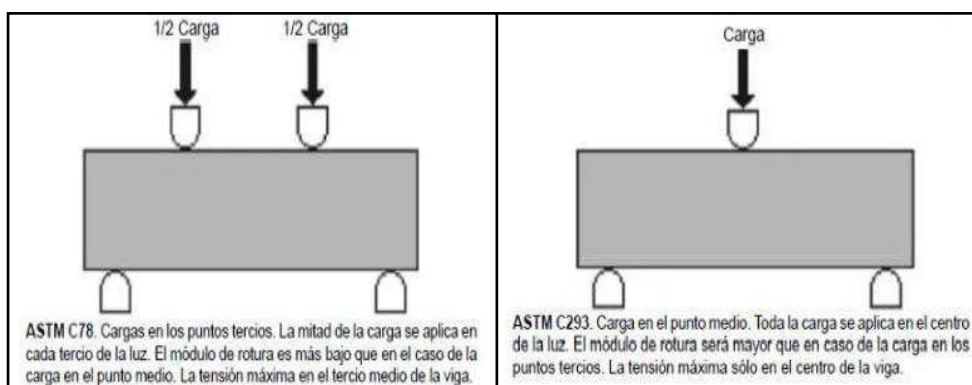
La fortaleza a la compresión es la propiedad que tiene el concreto al resistir cargas que se somete después de los 28 días de curado luego de vaciado el concreto según la normativa (Atilano et al. 2019). Este valor se utiliza para indicar que el concreto es de buena calidad.

El ensayo de resistencia a la compresión quiebra las muestras (probetas) cilíndrica utilizando equipos especiales en un laboratorio permitiendo el monitoreo de la resistencia y supervisión de los atributos del concreto. Los ensayos y elaboración

de estas probetas se rigen por especificaciones que son reguladas por Normas (ASTM).

Por tanto, la Resistencia a Flexión es una característica del concreto en estado endurecido donde se determina el momento de falla de una viga al ser sometida a cargas. Esta propiedad se evalúa mediante esfuerzos que actúan sobre un elemento en su lado superior longitudinal, hasta que el componente presente falencias, por ende, el resultado será valor de la máxima fuerza soportada (Chávez et al. 2020).

En el ensayo de resistencia a la flexión, se emplea una viga sujeta a cargas en los tercios de su longitud, según lo especificado en NTP 339.078 (ASTM C78), o también puede ser sometida a una carga en el centro, siguiendo las indicaciones de NTP 339.079 (ASTM C293). Los resultados de este ensayo se presentarán en términos del Módulo de Rotura, expresado en unidades de MPa. La distribución de las cargas aplicadas a las vigas conforme a los estándares de ASTM se detalla en la Figura 3.



**Figura 5.** Esquematización de puntos de Carga en prueba de Flexión

Fuente: ASTM C-78

En tanto la Absorción, es la propiedad que permite a un líquido penetrar en el concreto, ocupando los espacios vacíos o porosos disponibles en su estructura.

El ensayo para determinar el porcentaje de absorción generalmente involucra medir la capacidad de absorción a través de un procedimiento que comienza con el secado de la muestra hasta alcanzar un peso constante, seguido por la inmersión

de esta en agua y posteriormente calcular el aumento de peso en relación con el peso seco original, expresándolo como un porcentaje.

**Tabla 3.** *Evaluación de calidad el concreto*

<b>% Absorción</b>	<b>Tipo de Concreto</b>
< 3	Buena calidad y compacidad
3 – 5	Moderada calidad
> 5	Durabilidad inadecuada

Fuente: Obtenido de Salazar et al. (2004)

La Porosidad determina el número de espacios entre las partículas de concreto que no están separadas, o siendo ocupadas por minerales sólidos. Se refiere al volumen de huecos que se encuentran incrustados dentro de la masa del material, los cuales resultan de la evaporación del agua no ligada químicamente en la mezcla y de la inclusión de aire que se incorpora de manera inherente durante el proceso de mezclado (Sánchez,2003).

**Tabla 4.** *Evaluación de la calidad del concreto por porosidad*

<b>% Porosidad</b>	<b>Tipo de Concreto</b>
< 10	Buena calidad y compacidad
10 – 15	Moderada calidad
> 15	Durabilidad inadecuada

Fuente: Obtenido de Salazar et al. (2004).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Según Vargas (2009) en la investigación aplicada se hace necesario la búsqueda de bibliografía, para de ahí extraer de la teoría, los puntos necesarios que se van a aplicar para un determinado problema que se está investigando, en un contexto real; y con ello lograr obtener nuevos conocimientos. Por lo mencionado indicamos que esta investigación está en el marco de una investigación aplicada.

La investigación con enfoque cuantitativo lleva inmerso varios procesos por lo que tiene una secuencia y además con la finalidad de probar algo, por lo mencionado anteriormente cada fase antecede a la fase siguiente sin poder evadir pasos, siendo el orden inflexible. Inicia con una idea que va delimitándose para que más adelante broten preguntas y objetivos de la investigación, se examina la base teórica y se forma un marco teórico. De estas preguntas se instauran hipótesis y establecen variables; se realiza diseño que no es más que un plan para comprobarlas; se cuantifican las variables en el contexto que se está investigando; se estudian los resultados obtenidos usando métodos estadísticos, y se sacan conclusiones. Por ello esta investigación cuenta con un enfoque cuantitativo (Ñaupas et al, 2018; Hernández et al., 2014). Según lo mencionado el presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo.

Con respecto al diseño, esta es cuasi experimental busca poner a prueba una hipótesis de causa mediante la manipulación de las variables independientes. En este tipo de investigación, las unidades de investigación no se pueden distribuir aleatoriamente en grupos debido a razones éticas o logísticas (Monje., 2011). Por lo descrito esta investigación presenta un Diseño Experimental.

Según Arias (2012), en el nivel explicativo se busca la razón de los fenómenos o eventos instaurando relaciones causa-efecto. Por lo descrito esta investigación se fundamenta que el nivel es explicativo, ya que, a través de la obtención de resultados con respecto a los porcentajes de incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, se intentará darle una explicación lógica al fenómeno y a las magnitudes obtenidas en él.



### 3.2. Variables

**Variable independiente:**

#### **Ceniza de exoesqueleto de Langostino**

**Definición conceptual:**

También llamada coraza o caparazón, es el esqueleto externo que recubre todo el cuerpo del langostino y está constituido por quitina, proteínas, sales inorgánicas como CaCO<sub>3</sub> y fosfato de calcio (Universidad INCCA de Colombia, Grupo en Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical ECOBIT, 2016; Wardiatno et al., 2021).

**Definición operacional:**

Para medir la mezcla con exoesqueleto de langostino, se llevará a cabo la calcinación hasta llevarlo a la forma de ceniza y posteriormente su dosificación añadiendo al concreto porcentaje del 1.5% y también del 2.5% como sustitución del cemento en la mezcla del concreto en estudio.

**Dimensiones:**

Las dimensiones planteadas para la variable independiente del estudio estuvieron en base a los siguientes niveles: 0%, 1.5% y 2.5% de la ceniza de exoesqueleto de langostino (CEL). El indicador asociado viene a ser el siguiente:

$$\% \text{ CEL} = \left( \frac{\text{Kg de CEL}}{\text{Kg Totales de la mezcla}} \right) \times 100$$

**Variable dependiente:**

#### **Propiedades físicas y mecánicas del concreto**

**Definición conceptual:**

Las propiedades físicas del concreto (propiedades en estado fresco) son aquellas características básicas que tiene el concreto cuando su consistencia es una mezcla heterogénea conformada por una parte que es sólida (los agregados) los cuales están dispersos en un medio (pasta de cemento); así también las propiedades o

características mecánicas del concreto (propiedades del concreto en estado endurecido) son aquellas características que tiene el concreto posterior a que haya fraguado obteniendo una consistencia homogénea .(Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2004;Portugal, 2007).

#### **Definición operacional:**

Se emplearán un total de 27 muestras cilíndricas y 27 vigas para la medición de la variable. Para analizar las características o propiedades del concreto en su estado fresco, se llevarán a cabo pruebas de asentamiento y exudación. Asimismo, para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido, se realizarán ensayos de compresión, flexión, absorción y porosidad siguiendo las normativas establecidas por ASTM.

#### **Dimensiones:**

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> se dimensionaron iniciando con la consistencia, exudación, compresión, resistencia a la flexión, sorción y porosidad. El detalle de los indicadores se puede ver en la Tabla 9 y en los Anexos 3,4,5 y 6.

La operacionalización de variables es el proceso por el cual se convierte una variable (el cual contiene conceptos abstractos) a términos concretos que son susceptibles de ser verificables y medibles. (Arias, 2012). Según lo descrito, se desarrolla la operacionalización de variables de la investigación en el anexo 1.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Conjunto conformado por la totalidad de un fenómeno que se está estudiando, dentro de él se encuentran todas las unidades de análisis de este fenómeno con la característica de ser cuantificable para una determinada investigación. (Tamayo, 2003). Por la mención anterior se determinó que la población de estudio se centra en probetas de concreto con ceniza de exoesqueleto de langostino al 1.5% y 2.5%, y una mezcla patrón, todas preparadas en el laboratorio particular de INGEOCONTROL S.A.C y LACIBER de la UNI. Estas fueron específicamente

preparadas bajo protocolos detallados de ASTM C33, excluyendo aquellas que no cumplan con los estándares de mezcla o curado.

### **Muestra**

La muestra se determina a partir de la población a estudiar y se define con un fragmento representativo de la población, dependiendo esta característica de la validez y tamaño de dicha muestra. (Tamayo, 2003). La muestra de este proyecto de investigación estuvo formada por 27 probetas cilíndricas las cuales serán sometidas al ensayo que permita evaluar su resistencia a la compresión, y también se hicieron como muestra 27 vigas las cuales serán sometidas al ensayo a Flexión, siendo valoradas a los 7, 14 y 28 días para las dosificaciones en el diseño del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; de la misma manera se analizó para el ensayo de Asentamiento una cantidad de 6 muestras y para ensayo de Exudación de la misma manera 6 muestras. El detalle en las siguientes tablas:

**Tabla 5.** *Cantidad de Probetas necesarias para Ensayo de Resistencia a Compresión*

EDAD (DÍAS)	% SUSTITUCIÓN CON EXOESQUELETO DE LANGOSTINO			
	Patrón	1.5% CEL	2.5% CEL	TOTAL
7	3	3	3	9
14	3	3	3	9
28	3	3	3	9
TOTAL, DE PROBETAS				27

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6.** *Cantidad de Vigas necesarias para Ensayo de Resistencia a Flexión*

EDAD (DÍAS)	% SUSTITUCIÓN CON EXOESQUELETO DE LANGOSTINO			
	Patrón	1.5% CEL	2.5% CEL	TOTAL
7	3	3	3	9
14	3	3	3	9
28	3	3	3	9

TOTAL, DE PROBETAS	27
--------------------	----

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7. Muestras para Ensayo de Asentamiento**

% SUSTITUCIÓN CON MEZCLA DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO			
Patrón	1.5% CEL	2.5% CEL	TOTAL
2	2	2	6
TOTAL, DE MUESTRAS			6

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 8. Muestras para Ensayo de Exudación**

% SUSTITUCIÓN CON MEZCLA DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO			
Patrón	1.5% CEL	2.5% CEL	TOTAL
1	1	1	3
TOTAL DE MUESTRAS			3

Fuente: Elaboración Propia

## Muestreo

El proceso de muestreo se basa en principios estadísticos y matemáticos, donde se selecciona una muestra (denominada "n") de una población (denominada "N"). Los muestreos no probabilísticos prescinden del azar y del cálculo de probabilidades, lo que implica que la probabilidad de seleccionar un individuo específico de la población no se conoce con certeza. Las muestras obtenidas mediante este tipo de muestreo tienden a ser sesgadas y no proporcionan una medida confiable del nivel de confianza en los resultados de la investigación propuesta (Hernández et al., 2014; Salkind, 1999).

En el muestreo no probabilístico de tipo intencional los elementos muestrales son elegidos según los criterios y juicios determinados por el investigador del proyecto de investigación. (Gallardo, 2017).

Los párrafos anteriores indicaron que el proyecto de investigación utiliza un muestreo no probabilístico intencional. Esto se debe a que los investigadores seleccionaron las muestras de acuerdo con las normas de la Normativa Técnica Peruana (NTP) y el ASTM para llevar a cabo los ensayos necesarios para esta investigación.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección**

Los datos fueron recopilados mediante la utilización de instrumentos de recolección diseñados conforme a la metodología de la investigación. Se emplearon diversos métodos, técnicas y herramientas, tales como observación, diagramas de flujo, encuestas, diccionarios de datos, entrevistas, pruebas, entre otros (Behar-Rivero, 2008; Monje-Álvarez, 2011; Tamayo, 2003).

La técnica de la Observación permite registrar de manera sistemática, confiable y válida, el comportamiento evidente mediante la vista, de cualquier situación o fenómeno que se produzca en la naturaleza, relacionándolos a los objetivos que previamente se determinaron en proyecto que se está investigando. (Arias, 2006; Behar-Rivero, 2008; Tamayo, 2003).

Por ello, es que se utilizará la observación experimental en el presente trabajo de investigación en la cual se evaluó lo que sucede en los ensayos a realizar, determinado en las normas NTP y ASTM; y de esta manera poder evaluar las modificaciones en las propiedades del concreto según manda los objetivos del proyecto.

Un Instrumento de medición se define como el medio que utiliza el investigador con la finalidad de registrar aquella información relevante para la investigación y más aún registrar aquellos datos que crea importantes de las variables del proyecto de investigación. (Hernández, 2004). Para este proyecto de investigación se usarán las Fichas Técnicas como instrumento de recolección de datos; estas son formatos

estándar que se basan en las normativas que se han mencionado párrafos anteriores para poder determinar las características físicas y mecánicas del concreto. Para ello se realizó la siguiente tabla con la finalidad de identificarlas con su anexo.

**Tabla 9. Anexos y fichas técnicas**

<b>ANEXOS</b>	<b>FICHAS TÉCNICAS</b>
N°3	Formulario para la Recopilación de Datos para Ensayo de Asentamiento
N°4	Formulario para la Recopilación de Datos para Ensayo de Exudación
N°5	Formulario para la Recopilación de Datos para Ensayo de Resistencia a Compresión
N°6	Formulario para la Recopilación de Datos para Ensayo de Resistencia a Flexión

Fuente: Elaboración Propia

En este proyecto, la validez de cada instrumento fue evaluada mediante la participación de tres Ingenieros Civiles, como se menciona en Hernández (2004), quienes aportaron su experiencia para validar los instrumentos. Respecto a la confiabilidad, se siguió el criterio establecido en Hernández et al. (2014) y Kellstedt y Whitten (2013), donde se define como la consistencia y precisión de las mediciones al aplicarse repetidamente. En este sentido, se aseguró la confiabilidad de los instrumentos al cumplir con las normas ASTM, y el laboratorio en el cual se

realizaron los ensayos proporcionó certificados de calibración para las herramientas y equipos utilizados en el proceso de ensayos. Esto contribuyó significativamente a la obtención de resultados de calidad en la investigación.

### **3.5. Procedimientos**

El proceso de investigación para incorporar el exoesqueleto de langostino en la mezcla de concreto se desplegó a través de una serie de etapas meticulosamente planificadas, cada una diseñada para preparar y evaluar este inusual material para su potencial uso en la construcción.

Iniciamos con la recolección del exoesqueleto en el Terminal Pesquero V.M.T., ubicado en Villa María del Triunfo, Lima, apuntando a sustituir parcialmente el cemento en la mezcla de concreto con este desecho orgánico. A continuación, procedimos a lavar meticulosamente el exoesqueleto para eliminar restos orgánicos y obtener únicamente la cáscara del langostino, preparándola para las siguientes fases del proceso.

El material lavado fue sometido a un pre secado al aire libre por tres días, reduciendo significativamente el tiempo necesario para su secado completo posteriormente en horno. Este secado en horno se realizó a 110°C durante 24 horas, eliminando toda humedad restante. Posteriormente, el exoesqueleto se calcinó a 600°C durante seis horas en un horno artesanal, transformándolo en ceniza lista para ser pulverizada.

Utilizando un molino manual, pulverizamos la ceniza hasta lograr la finura necesaria para su paso a través de la Malla #200, asegurando su homogeneidad para la mezcla de concreto. La composición química de esta ceniza fue analizada en el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería, empleando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva.

Para el desarrollo del concreto, se extrajeron agregados de las canteras Yerbabuena y Chivas, en el distrito de Comas, y se utilizó Cemento Portland Tipo I junto con agua del mismo laboratorio. Los agregados fueron evaluados siguiendo las pautas establecidas por la norma ASTM C33, incluyendo análisis granulométricos, determinación del contenido de humedad, peso unitario, densidad relativa y absorción. Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

A. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

- B. Determinación del contenido de humedad del agregado fino y grueso.
- C. Medición del peso unitario del agregado fino y grueso.
- D. Determinación del peso específico (gravedad específica o densidad relativa) y absorción del agregado fino y grueso.
- E. Evaluación de la gravedad específica (peso específico) de la ceniza del exoesqueleto de langostino.

Posteriormente, se diseñaron mezclas de concreto siguiendo el método ACI-211, creando una mezcla estándar y otras con adiciones de ceniza de exoesqueleto de langostino del 1.5% y 2.5%. Evaluamos la trabajabilidad de estas mezclas por medio de ensayos exudación y asentamientos, siguiendo las normas ASTM correspondientes.

Fabricamos probetas cilíndricas y vigas con las mezclas diseñadas, siguiendo los estándares de moldeo y compactación. Estas muestras se sometieron a un proceso de curado en agua a temperatura controlada, preparándolas para los ensayos en estado endurecido. Los ensayos de fortaleza a flexión y compresión, así como los análisis de densidad, absorción y porosidad, se realizaron conforme a las normas ASTM pertinentes.

De acuerdo con el objetivo específico 1, para medir la consistencia del concreto se realizó el ensayo de asentamiento. Este procedimiento comenzó con la colocación de una muestra de concreto fresco en el cono de Abrams, seguido por el levantamiento del cono y la medición de la caída o asentamiento del concreto, lo que proporcionó datos sobre su trabajabilidad y fluidez.

En línea con el objetivo específico 2, el ensayo de exudación fue ejecutado para determinar el porcentaje de agua que se separa del concreto. Se colocó la muestra de concreto en un recipiente y, tras un periodo de reposo, se midió el agua que se segregó en la superficie, lo que indicó la tendencia del concreto a segregarse y su estabilidad.

Siguiendo el objetivo específico 3, se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión. Las muestras cilíndricas de concreto fueron sometidas a una carga progresiva en una prensa hidráulica hasta su fractura. La máxima carga aplicada antes del fallo fue registrada y utilizada para calcular la fortaleza a la compresión del concreto.



Con respecto al objetivo específico 4, el ensayo de resistencia a la flexión se efectuó utilizando vigas de concreto. Se aplicó una carga en el centro de la viga hasta que ocurrió la fractura, y la resistencia a la flexión se calculó basándose en la carga máxima soportada antes de la rotura.

Para el objetivo específico 5, el ensayo ASTM C642 es el método estándar para medir la absorción y la porosidad del concreto endurecido. Este ensayo implica secar las muestras en un horno hasta alcanzar una masa constante, sumergirlas en agua y medir la masa de la muestra saturada y la masa en estado sumergido. La diferencia entre estas masas permite calcular el porcentaje de absorción y la porosidad de las muestras, proporcionando información valiosa sobre la densidad y la calidad del concreto endurecido.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Los datos fueron procesados a través de programas y herramientas de análisis estadístico como Excel y Minitab v.19.0 mediante tablas y gráficos que permitirá llevar un orden y representar resultados los cuales son para analizar los objetivos de la investigación y realizar la constatación de las hipótesis planteadas. El primer punto para analizar fue la normalidad de los datos, que sirvió de base para definir al ANOVA como herramienta estadística para sacar conclusiones.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para asegurar la ética y la validez de este estudio, los investigadores se comprometen a adherirse a los estándares técnicos establecidos en Perú con el objetivo de confirmar la autenticidad de los resultados y la integridad en la recolección de datos a lo largo de la investigación. Asimismo, se mantendrá el respeto por las identidades de los autores y las fuentes consultadas para la redacción del trabajo. Para la mención de referencias bibliográficas, se empleó el formato APA en su séptima edición, lo cual respalda la autenticidad y la innovación del trabajo de investigación. Además, se ha utilizado el programa TURNITIN para procesar la información, lo que garantiza que el contenido del estudio es original y está libre de plagio, asegurando así la autoría propia de la investigación.

## IV. RESULTADOS

### Aspectos generales del proyecto

Denominación de la tesis.

“Influencia del exoesqueleto de langostino en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2023”.

Ubicación Geográfica

**Tabla 10.** *Ubicación geopolítica de la investigación*

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	Villa María del Triunfo
Coordenadas	12°10'23.1"S 76°56'50.5"W

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.** *Localización geográfica*

Vías de acceso:

Para llegar al distrito de Villa María del Triunfo, se pueden utilizar varias rutas. Una de las principales es a través de la Carretera Panamericana Sur, que conecta con

la ciudad de Lima y otras localidades del sur del país. La longitud de esta ruta puede variar dependiendo del punto de partida en Lima, pero aproximadamente es de 20 km desde el centro de la ciudad.

Clima:

Villa María del Triunfo tiene un clima similar al de otras zonas costeras de Lima. Es considerado subtropical desértico, con una temperatura cálida durante el día y una escasa probabilidad de lluvia. La temperatura promedio es alrededor de 22°C, con una humedad relativamente alta debido a su ubicación cercana al mar. La precipitación anual es muy baja, con un promedio de alrededor de 10 mm.

### **Variable independiente: Ceniza de exoesqueleto de langostino**

De manera inicial se obtuvo la ceniza de exoesqueleto de langostino siguiendo el procedimiento detallado en la metodología y representado en el Anexo 5 de este documento. Los resultados de caracterización de los agregados se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 11.** *Tabla resumen de resultados de caracterización de agregados fino y grueso*

<b>Material</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Norma de referencia</b>
CEL	Alto contenido de CaO	59.756%	Espectrometría de FRX
Agregado Fino (Arena Gruesa)	Módulo de Finura	3.05	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Grueso (Huso #67)	Módulo de Finura	6.64	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Fino	Contenido de Humedad	3.0%	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Grueso	Contenido de Humedad	1.11%	ASTM C33/C33M - 18

Agregado Fino	Peso Unitario Suelto y Compactado	1454 kg/m <sup>3</sup> y 1689 kg/m <sup>3</sup>	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Grueso	Peso Unitario Suelto y Compactado	1304 kg/m <sup>3</sup> y 1470 kg/m <sup>3</sup>	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Fino	Gravedad Específica y Absorción	2.629 y 2.673	ASTM C33/C33M - 18
Agregado Grueso	Gravedad Específica y Absorción	2.809 y 2.838	ASTM C33/C33M - 18
Ceniza de Exoesqueleto de Langostino	Gravedad Específica	2.57	ASTM C33/C33M - 18

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la caracterización de los materiales utilizados en el estudio resaltan significativas propiedades que son cruciales para evaluar el potencial del exoesqueleto de langostino en la mezcla de concreto. Notablemente, la ceniza del exoesqueleto de langostino tiene mayor proporción de óxido de calcio, CaO, con un 59.756%, lo cual es relevante dado que el óxido de calcio es un componente significativo en la producción de cemento. Los análisis granulométricos revelan que tanto el agregado fino como el grueso se mantienen dentro de los límites especificados por la norma ASTM C33, asegurando su idoneidad para el uso en concreto. En particular, el agregado fino exhibe una granulometría que permite un buen empaquetamiento y distribución dentro de la mezcla, con un módulo de finura de 3.05 y una distribución de tamaños que favorece la trabajabilidad y resistencia del concreto.

El agregado grueso, con un módulo de finura de 6.64, complementa adecuadamente al agregado fino, contribuyendo a la estructura y estabilidad de la mezcla. Además, el contenido de humedad registrado para ambos agregados está en niveles aceptables, lo que implica una mínima influencia en la relación agua-cemento de las mezclas. Los pesos unitarios sueltos y compactados, tanto del agregado fino como del grueso, son consistentes con los valores estándar, lo que

sugiere una densidad adecuada para la producción de concreto. La gravedad específica y la absorción tanto del agregado fino como del grueso, así como de la ceniza de exoesqueleto de langostino, presentan valores que indican una buena calidad del material y un potencial para contribuir a la densidad y durabilidad del concreto. Estos resultados subrayan el valor añadido de incorporar ceniza de exoesqueleto de langostino en el concreto, alineándose con el enfoque sostenible y de aprovechamiento de residuos que caracteriza a esta investigación. El detalle de cada prueba de caracterización se encuentra en el Anexo 6.

Del mismo modo, se realizaron el diseño de las mezclas de concreto según el método ACI 211 arrojaron datos significativos que cumplen con los objetivos de la investigación. La resistencia a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ) se calculó basándose en la ausencia de registros previos, estableciéndose en  $294 \text{ kg/cm}^2$  para un  $f'_{c}$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . El contenido de aire atrapado se determinó en un 2.5% para un tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ ", lo cual es esencial para la durabilidad del concreto en condiciones de congelamiento y deshielo.

El volumen unitario de agua se fijó en  $216 \text{ l/m}^3$ , ajustándose a un asentamiento de 3" a 4" y un TMN de  $\frac{1}{2}$ ", y la relación agua/cemento ( $a/c$ ) se calculó en 0.56 para alcanzar la resistencia requerida. Utilizando esta relación  $a/c$ , se determinó que el contenido de cemento debía ser de 385.71 kg, lo que equivale a aproximadamente 9.07 bolsas de cemento. Para el agregado grueso, el peso total se calculó en 845.25 kg, basándose en el Módulo de Fineza del agregado fino y el peso unitario seco compactado del agregado grueso.

El volumen absoluto de los materiales para el concreto mostró que la suma de los volúmenes de cemento, agregado grueso, agua y aire atrapado era  $0.665 \text{ m}^3$  por metro cúbico de concreto, dejando un volumen absoluto de agregado fino de  $0.335 \text{ m}^3$ . Este dato se utilizó para calcular el peso del agregado fino, resultando en 880.715 kg. También se efectuaron correcciones de los agregados por humedad y se determinó el aporte de agua a la mezcla por parte de los agregados, lo que permitió calcular el agua efectiva para la mezcla en  $204.42 \text{ l/m}^3$ .

Finalmente, se prepararon diseños de mezcla patrón y con inclusiones de ceniza de exoesqueleto de langostino al 1.5% y 2.5%, ajustando las proporciones de los componentes para cumplir con los requisitos de diseño. El detalle de estos diseños se encuentra en el Anexo 7.

**Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

**Dimensión 1: Consistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

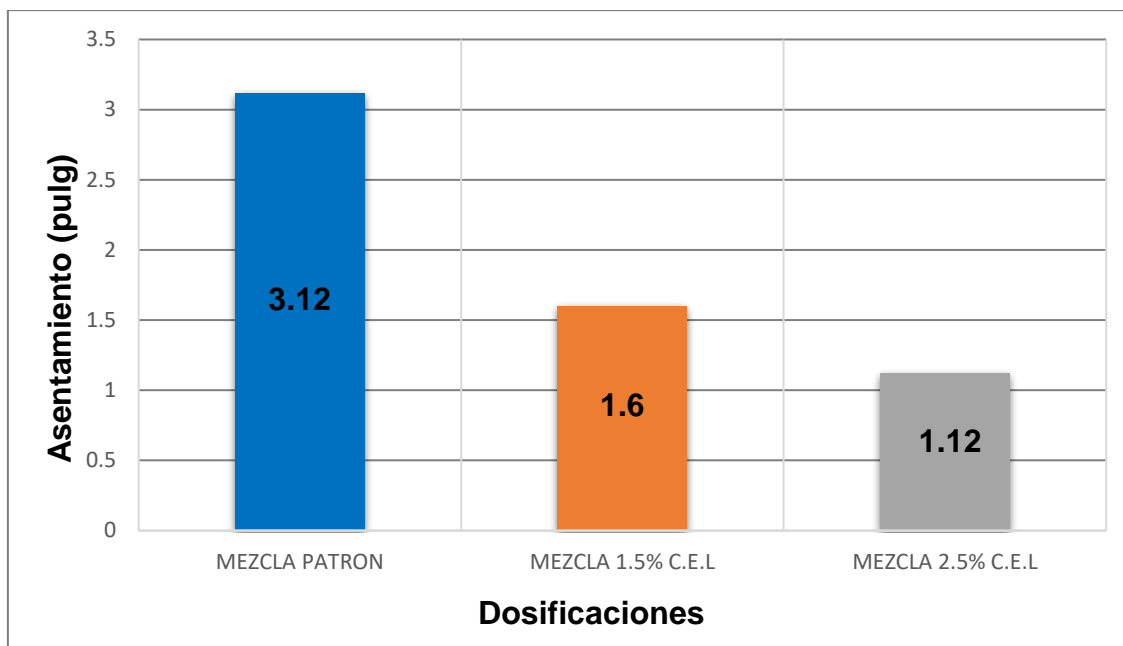
Para precisar la consistencia del concreto se optó por la prueba de asentamiento, los resultados fueron analizados estadísticamente y comparados con las hipótesis planteadas. El análisis inició con la comparación paramétrica de los resultados utilizando estadísticas descriptivas. Luego se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos y su finalmente se aplicó la prueba de ANOVA de un solo factor para su análisis. La totalidad de datos y análisis estadísticos se encuentran en el Anexo 8.

**Estadísticas descriptivas para consistencia del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>**

**Tabla 12. Resumen del Ensayo de Asentamiento del Concreto  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup>**

<b>Descripción</b>	<b>Asentamiento Promedio (Pulgada)</b>	<b>Tipo Consistencia</b>
Mezcla Patrón	3.12	Plástico
Mezcla 1.5% (C. de Exoesqueleto de Langostino)	1.6	Seca
Mezcla 2.5% (C. de Exoesqueleto de Langostino)	1.12	Seca

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 7.** Comparación de consistencia de mezclas ensayadas

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente Tabla 11 y Figura 6, se representan los resultados obtenidos en el ensayo de Asentamiento del concreto, para el concreto con mezcla Patrón y las mezclas con sustituciones al cemento con 1.5% y 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino. Para la el concreto con mezcla patrón resulto un asentamiento de 3” siendo esta una consistencia de tipo Plástico, la mezcla que contiene la sustitución de 1.5% (C. Exoesqueleto de Langostino) nos brinda un asentamiento de 1.60”, representando valores de una consistencia Seca, descendiendo en 48.72% con respecto al concreto patrón y por último la mezcla con sustitución al de cemento de 2.5% (C. Exoesqueleto de Langostino) obtuvo un asentamiento de 1.12” descendiendo 64.10% respecto a la mezcla patrón donde la consistencia es de tipo Seca. De los resultados mostrados podemos deducir que el diseño patrón es está por encima de los valores con los diseños con sustituciones del cemento por 1.5% y 2.5%, por consiguiente, a mayor cantidad de sustitución del concreto por ceniza de exoesqueleto de langostino la consistencia es menos fluida.

#### **Prueba de normalidad para consistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de consistencia se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

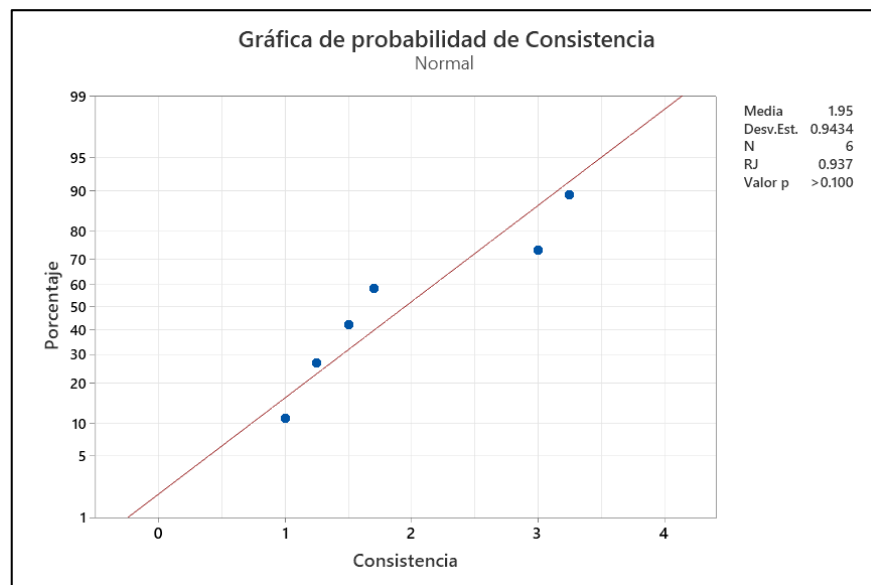
Ho: Los datos de consistencia exhiben una distribución normal

Ha: Los datos de consistencia no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)



**Figura 8.** Prueba de normalidad para consistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

La Figura 7 nos muestra que el valor de significancia es superior a 0.05, por lo que podemos afirmar que no existe evidencia suficiente para declinar la hipótesis nula y asumimos que los datos tienen una distribución normal.

### **Análisis inferencial para consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>**



Con ayuda del ANOVA se hizo una comparación de las medias de los datos de consistencia, para corroborar la diferencia estadística. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de consistencia de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de consistencia de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)

**Tabla 13.** *Análisis de varianza para consistencia*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	4.36750	2.18375	79.41	0.003
Error	3	0.08250	0.02750		
Total	5	4.45000			

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

El resultado indica un valor de significancia considerablemente inferior a 0.05, lo que conlleva a aceptar la hipótesis alternativa. Por consiguiente, se ha demostrado que la inclusión de distintos porcentajes de ceniza de exoesqueleto de langostino afecta la consistencia del concreto, siendo  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **Dimensión 2: Exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>**

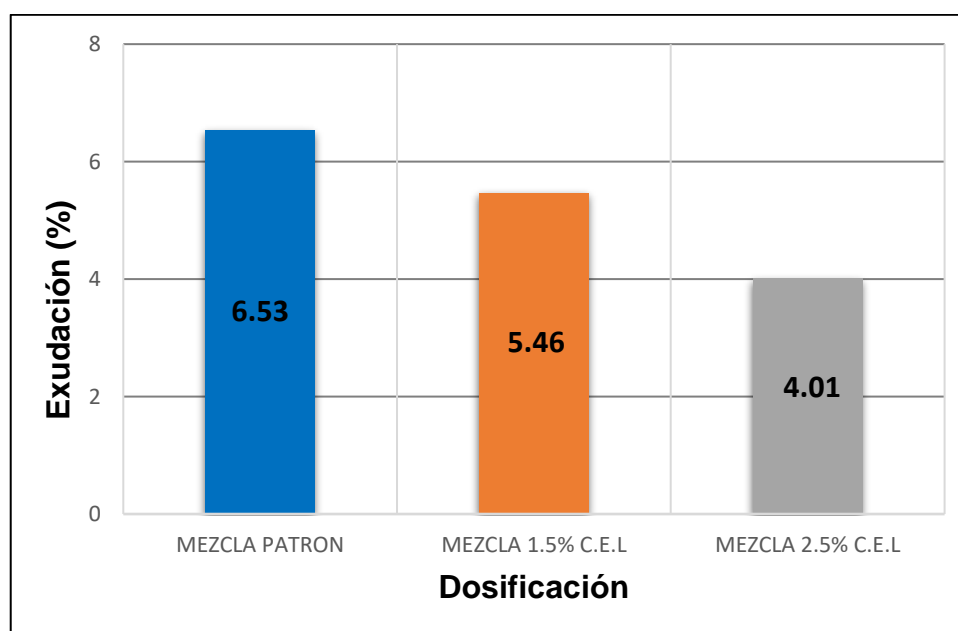
Para determinar la exudación del concreto se optó por el ensayo de exudación, los resultados fueron analizados estadísticamente y comparados con las hipótesis planteadas. El análisis inició con la comparación paramétrica de los resultados utilizando estadísticas descriptivas. Luego se realizó la prueba de normalidad de los datos y su finalmente se aplicó la prueba de Friedman para su análisis. La totalidad de datos y análisis estadísticos se encuentran en el Anexo 9.

## Estadísticas descriptivas para exudación del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla 14.** Resumen de ensayo de exudación

Descripción	Dosificación	Peso de la muestra de concreto	Vol. Acum. exudado (ml)	Exudación (ml /cm <sup>2</sup> )	Exudación %
Mezcla Patrón	0%	13.59	79.00	0.25	6.53
Mezcla 1.5% (C. de Exoesqueleto de Langostino)	1.5%	14.21	69.00	0.21	5.46
Mezcla 2.5% (C. de Exoesqueleto de Langostino)	2.5%	13.63	50.00	0.15	4.01

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 9.** Exudación vs Dosificación

Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 13 y Figura 8, se visualiza que el diseño de concreto con mezcla patrón de dosificación  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  obtuvo 6.53% de sangrado, siendo este el

valor superior, por otro lado la mezcla sustituida con 1.5% de Ceniza de Exoesqueleto de Langostino obtuvo 5.46% de sangrado de mezcla reduciendo en 16.39% con respecto a la muestra de mezcla patrón y sustituyendo al cemento en 2.5% de Ceniza de Exoesqueleto de Langostino el sangrado disminuye 4.01% descendiendo en 38.59% cuando se compara con la muestra patrón; esto es producto de las finuras de las cenizas añadidas que producen retrasos leves en el fraguado inicial, generando así desperdicio relativo del agua de la mezcla.

### Prueba de normalidad para exudación del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de consistencia se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

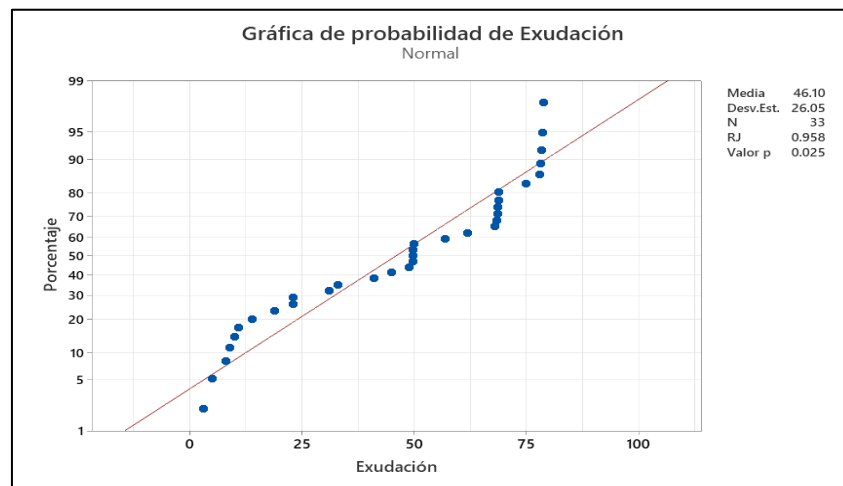
$H_0$ : Los datos de consistencia exhiben una distribución normal

$H_a$ : Los datos de consistencia no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ )

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa ( $H_a$ )



**Figura 10.** Prueba de normalidad para ensayo de exudación

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

La Figura 9 indica que el valor de significancia es menor a 0.05, lo que permite concluir que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Así, se asume que los datos no siguen una distribución normal, por lo que se procederá a analizar este conjunto de datos utilizando la prueba no paramétrica de Friedman.

### **Análisis inferencial para exudación del concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>**

Con ayuda del estadístico de Friedman se hizo una comparación de las medias de los datos de consistencia, para corroborar la diferencia estadística. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de exudación de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de exudación de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)

**Tabla 15.** Prueba de Friedman para exudación de concreto

<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Chi-cuadrada</b>	<b>Valor p</b>
No ajustado para empates	2	19.41	0.000
Ajustado para empates	2	19.86	0.000

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

La prueba mostró valores de significancia menores que 0.05, por lo que desestimamos la hipótesis nula y admitimos la alternativa. Es decir, la adición de porcentajes de ceniza de exoesqueleto de langostino si influye en los volúmenes de exudación del concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, presentando valores inferiores para la muestra de 2.5% de ceniza.

### **Dimensión 3: Compresión del concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>**

Para determinar la compresión del concreto se optó por aplicar el ensayo de resistencia a la compresión. Los datos resultantes fueron analizados estadísticamente y comparados con las hipótesis planteadas. El análisis inició con la comparación paramétrica de los resultados utilizando estadísticas descriptivas. Luego se procedió a aplicar la prueba de normalidad de los datos y su finalmente se aplicó la prueba de ANOVA para su análisis. La totalidad de datos y análisis estadísticos se encuentran en el Anexo 10 y 11.

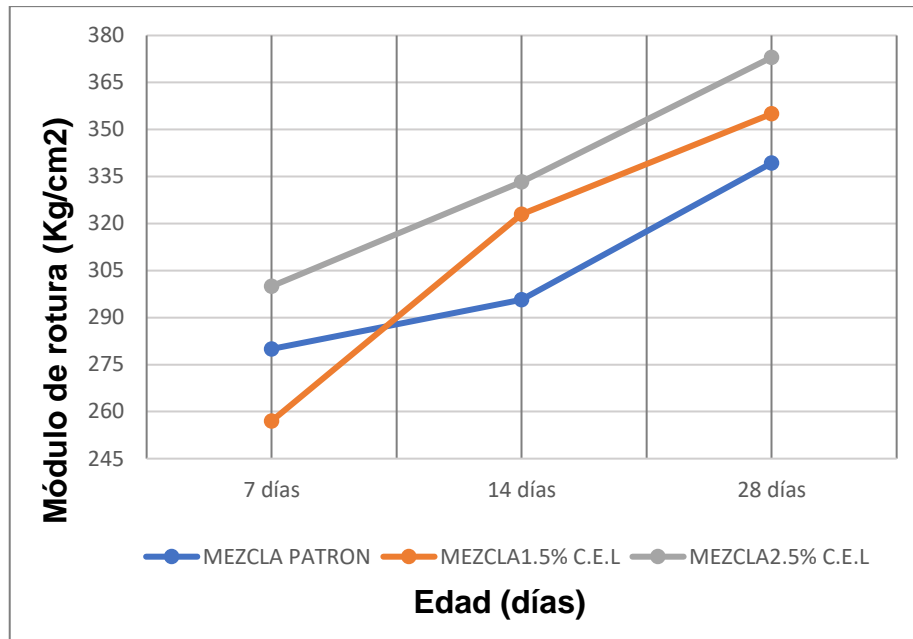
### **Estadísticas descriptivas para compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Se inició con la tabla resumen para los datos de compresión, seguido del gráfico de líneas.

**Tabla 16.** *Resumen de Ensayo a Compresión a los 7, 14 y 28 días*

<b>Edad (días)</b>	<b>Dosificación</b>		
	<b>Patrón</b>	<b>1.5%</b>	<b>2.5%</b>
7	280	257	300
14	295.7	323	333.3
28	339.3	355	373

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 11.** Resumen de Ensayo a Compresión a los 7,14 y 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 15 y Figura 10, nos muestra los resultados que comparan los concretos elaborados en nuestra investigación donde evaluamos la influencia que tiene la ceniza de exoesqueleto de langostino sustituyendo al cemento en 1.5% y 2.5% en edades de 7, 14 y 28 días, presentando que a los 7 días la sustitución en 1.5% disminuye en 8.21%, mientras que para la sustitución en 2.5% aumenta en 7.14 %, ambas comparadas con el concreto patrón. A los 14 días las mezclas realizadas con ceniza de exoesqueleto de langostino en dosificaciones del 1.5% y 2.5% aumentar su resistencia en 9.23% y 12.61%, estas comparadas con el concreto patrón, y las mezclas a una edad de 28 días las dosificaciones del 1.5% y 2.5% mostraron aumentos en la resistencia, las cuales fueron 4.63% y 9.93% respectivamente comparadas con el concreto de mezcla patrón.

### **Prueba de normalidad para exudación del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de consistencia se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

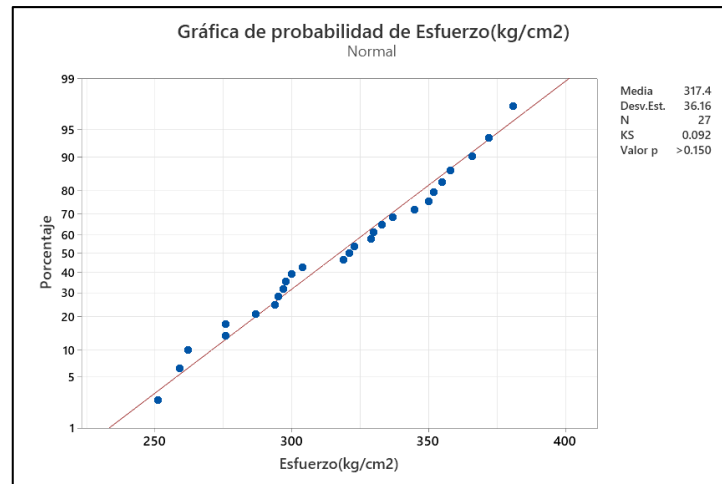
Ho: Los datos de compresión exhiben una distribución normal

Ha: Los datos de compresión no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)



**Figura 12.** Análisis de normalidad para compresión del concreto

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

La Figura 11 revela que el valor de significancia es mayor a 0.05, lo que nos lleva a concluir que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se asume que los datos siguen una distribución normal, y este conjunto de datos se analizará utilizando la prueba de ANOVA.

### **Análisis inferencial para exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>**

Con ayuda del ANOVA se hizo una comparación de las medias de los datos de consistencia, para corroborar la diferencia estadística. Se consideró trabajar con los días como factor bloque para evitar errores en los resultados estadísticos. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de compresión de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de compresión de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ )

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa ( $H_a$ )

**Tabla 17. Análisis de varianza para compresión del concreto**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mezcla	2	4659.9	2329.9	17.71	0.000
EDAD (días)	2	26450.1	13225.0	100.52	0.000
Error	22	2894.6	131.6		
Falta de ajuste	4	2090.6	522.6	11.70	0.000
Error puro	18	804.0	44.7		
Total	26	34004.5			

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

El ANOVA muestra la significancia para la variable de bloque y la variable de interés. El valor de significancia para la variable de los tratamientos (mezcla) tiene un valor inferior a 0.05, por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alternativa. Esto quiere decir que la adición de ceniza de exoesqueleto de langostino si influye de forma significativa en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , encontrándose según los datos descriptivos (Tabla 15) que la mezcla que tuvo 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino presentó mayores valores de compresión.

#### **Dimensión 4: Resistencia a la flexión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Para determinar la resistencia a la flexión del concreto se optó por aplicar el ensayo que lleva su mismo nombre. Los resultados fueron analizados estadísticamente y comparados con las hipótesis planteadas. El análisis inició con la comparación paramétrica de los resultados utilizando estadísticas descriptivas. Luego se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos y su finalmente se aplicó la prueba de ANOVA para su análisis. La totalidad de datos y análisis estadísticos se encuentran en el Anexo 12.



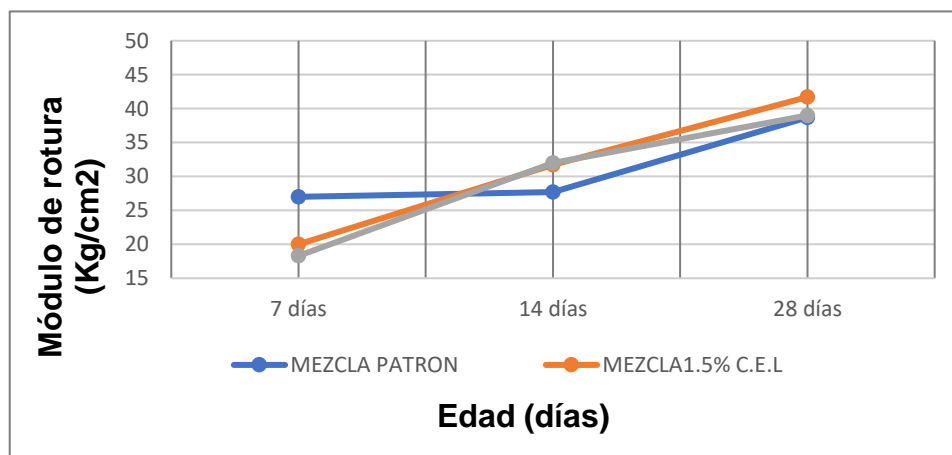
## Estadísticas descriptivas para resistencia a la flexión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Se inició con la tabla resumen para los datos de compresión, seguido del gráfico de líneas.

**Tabla 18.** Resumen de Ensayo a Flexión a los 7, 14 y 28 días

Edad (días)	Dosificación		
	Patrón	1.5%	2.5%
7	27.0	20.0	18.3
14	27.7	31.7	32
28	38.7	41.7	39

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 13.** Resistencia a Flexión del concreto por dosificación a los 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 55 y Figura 77, observamos la evaluación de la influencia de la ceniza de exoesqueleto sustituyendo al cemento en 1.5% y 2.5% en la resistencia a flexión a edades de 7, 14 y 28 días, en donde a los 7 días se observaron módulos de rotura inferiores al concreto patrón representado un descenso de 25.93% y 32.22% para las mezcla dosificadas con del 1.5% y 2.5% respectivamente, los módulos de rotura

a los 14 días para las dosificaciones del 1.5% y 2.5% presentaron un aumento en el módulo de rotura de 14.44% y 15.53% respectivamente comparados con la mezcla del concreto patrón, mientras tanto a los 28 días de curado en ambas dosificaciones continuaron aumentado los módulos de rotura, es así que para la dosificación de 1.5% su módulo de rotura represento el 7.75% de aumento comparándolo con el concreto con mezcla patrón mientras que la dosificación del 2.5% tuvo un avance lento representando el 0.78% de aumento con respecto al patrón siendo esta casi iguales.

### **Prueba de normalidad para resistencia a la flexión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de resistencia a la flexión se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

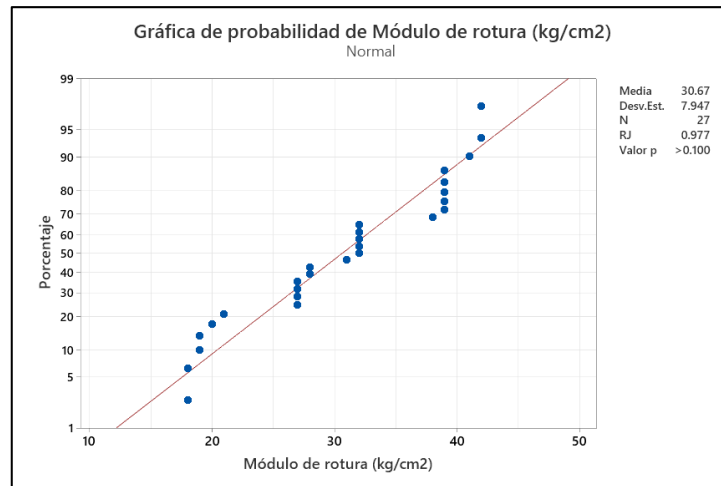
Ho: Los datos de resistencia a la flexión exhiben una distribución normal

Ha: Los datos de resistencia a la flexión no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)



**Figura 14.** Prueba de normalidad para resultados de resistencia a la flexión del concreto

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

Basándonos en la Figura 13, donde el valor de significancia es superior a 0.05, concluimos que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, asumimos que los datos siguen una distribución normal y, en consecuencia, este conjunto de datos se analizará mediante la prueba de ANOVA.

### **Análisis inferencial para resistencia a la flexión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Con ayuda del ANOVA se hizo una comparación de las medias de los datos de resistencia a la flexión, para corroborar la diferencia estadística. Se consideró trabajar con los días como factor bloque para evitar errores en los resultados estadísticos. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de resistencia a la flexión de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de resistencia a la flexión de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa ( $H_a$ )

**Tabla 19.** *Análisis de varianza para resistencia a la flexión del concreto*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mezcla	2	10.67	5.333	0.68	<b>0.517</b>
EDAD (días)	2	1458.67	729.333	92.93	0.000
Error	22	172.67	7.848		
Falta de ajuste	4	167.33	41.833	141.19	0.000
Error puro	18	5.33	0.296		
Total	26	1642.00			

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

El resultado del ANOVA indica que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por lo que se termina aceptando la misma. Esto quiere decir que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino no influye en la resistencia a la flexión del concreto, ya que los valores obtenidos de las mezclas al 1.5 y 2.5% no se diferencian significativamente a los valores obtenidos de la mezcla patrón.

### **Dimensión 5: Sorción y porosidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Para determinar la sorción y porosidad del concreto se optó por aplicar el ensayo que lleva su mismo nombre. Los resultados fueron analizados estadísticamente y comparados con las hipótesis planteadas. El análisis inició con la comparación paramétrica de los resultados utilizando estadísticas descriptivas. Luego se procedió a realizar la prueba de normalidad de los datos y su finalmente se aplicó la prueba de ANOVA para su análisis. La totalidad de datos y análisis estadísticos se encuentran en el Anexo 13.

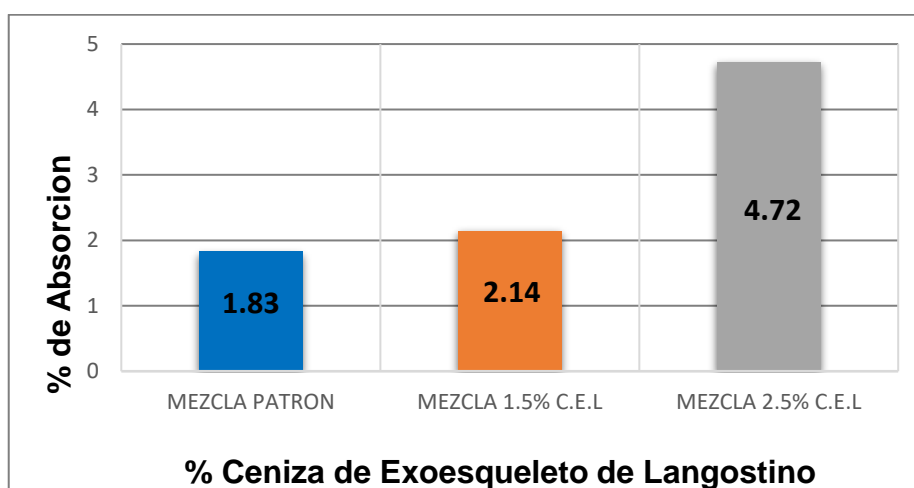
### **Estadísticas descriptivas para sorción del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Se inició con la tabla resumen para los datos de sorción, seguido del gráfico de barras.

**Tabla 20. Resumen de Ensayo de Absorción a los 28 días**

Dosificación	Edad (días)	% Absorción	Promedio de % Absorción
Mezcla Patrón	28	1.90	1.83
	28	2.00	
	28	1.60	
Mezcla 1.5% (C. Exoesqueleto De Langostino)	28	2.16	2.14
	28	2.17	
	28	2.11	
Mezcla 2.5% (C. Exoesqueleto De Langostino)	28	4.93	4.72
	28	4.62	
	28	4.62	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 15. Porcentaje de Absorción vs Dosificación a los 28 días**

Fuente: Elaboración Propia

Conforme a la Tabla 19 y Figura 14, en el ensayo de porcentaje de Absorción a la edad de 28 días nos muestra los resultados obtenidos tanto para el concreto patrón como para el concreto elaborado con sustituciones del 1.5% y 2.5%, siendo esta para el concreto patrón un promedio de porcentajes de 1.83%, mientras que en el reemplazo de cemento por ceniza de exoesqueleto de langostino en 1.5% el porcentaje de absorción fue de 2.14% aumentando en 0.31% respecto al patrón,

así mismo para la dosificación del 2.5% el porcentaje de Absorción fue 4.72% mostrando un aumento de 2.89% comparado con la muestra patrón.

### Prueba de normalidad para sorción del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de sorción se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

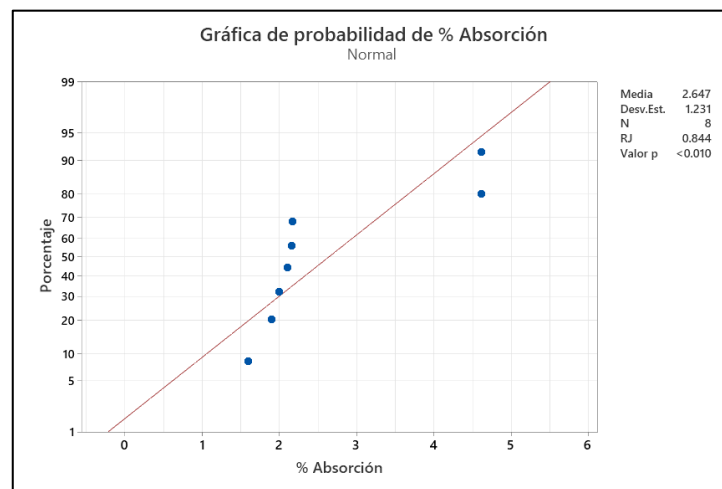
Ho: Los datos de sorción exhiben una distribución normal

Ha: Los datos de sorción no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)



**Figura 16.** Prueba de normalidad para resultados de % de absorción

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab 19.0

Basándonos en la Figura 15, donde el valor de significancia es inferior a 0.05, concluimos que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, asumimos que los datos no siguen una distribución normal y, en

consecuencia, este conjunto de datos se analizará utilizando el estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis.

### **Análisis inferencial para sorción del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Con ayuda del estadístico de Kruskal-Wallis se hizo una comparación de las medias de los datos de sorción, para corroborar la diferencia estadística. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de sorción de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de sorción de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)

**Tabla 21.** *Análisis estadístico de los datos de % de adsorción del concreto*

<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor p</b>
No ajustado para empates	2	6.25	0.044
Ajustado para empates	2	6.33	0.042

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

Como se puede apreciar en la Tabla 20, existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y afirmar que la incorporación de porcentajes de ceniza de exoesqueleto de langostino influye significativamente en la sorción del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Por tanto, podemos afirmar también que la adición del 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino obtuvo los valores más altos de sorción.

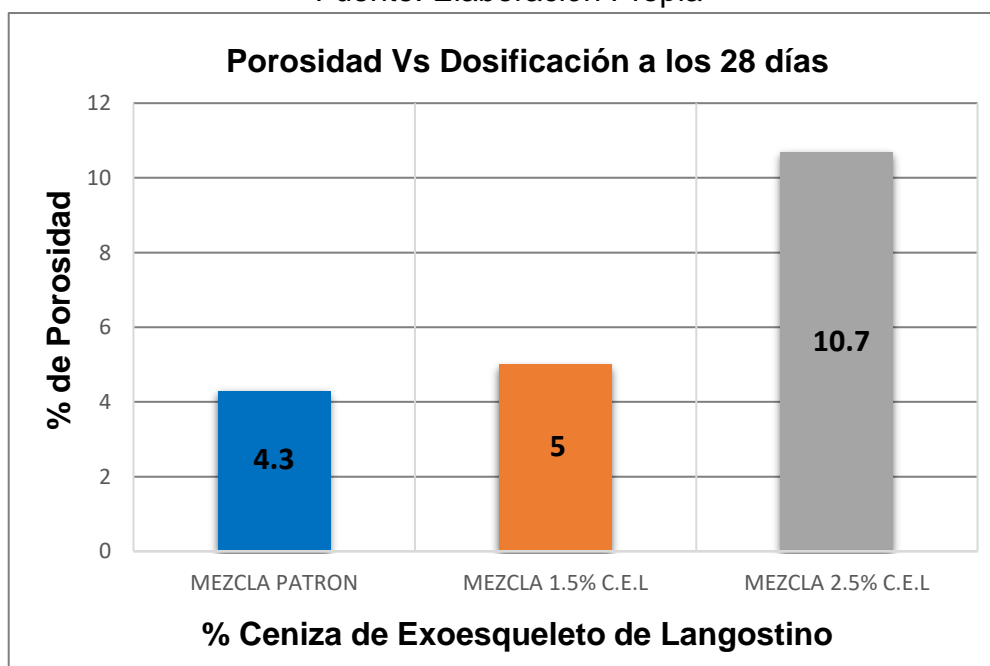
### **Estadísticas descriptivas para porosidad del concreto $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Se inició con la tabla resumen para los datos de sorción, seguido del gráfico de barras.

**Tabla 22. Resumen de Ensayo de Porosidad (vacíos) a los 28 días**

Dosificación	Edad (días)	% de Porosidad (vacíos)	Promedio de Porosidad
Mezcla Patrón	28	4.40	<b>4.30%</b>
	28	4.70	
	28	3.80	
Mezcla 1.5% (C. Exoesqueleto De Langostino)	28	5.00	<b>5.00%</b>
	28	5.10	
	28	4.90	
Mezcla 2.5% (C. Exoesqueleto De Langostino)	28	11.10	<b>10.70%</b>
	28	10.50	
	28	10.50	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 17.** Porcentaje de Porosidad vs Dosificación a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 21 y Figura 16, representa los resultados del ensayo de porcentaje de Porosidad (vacíos) a los 28 días de curado, obteniendo para el concreto patrón un



promedio de 4.3%, sin embargo la dosificación reemplazando al cemento por 1.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino el porcentaje de absorción fue de 5% aumentando 0.7 % en comparación al patrón, mientras tanto para la dosificación del 2.5% el promedio de porosidad fue 10.70% generando un aumento de hasta 6.4% respecto al concreto patrón.

### Prueba de normalidad para porosidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Para hacer el análisis estadístico correcto de los datos de sorción se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El planteamiento fue el siguiente:

La hipótesis de planteó de la siguiente forma:

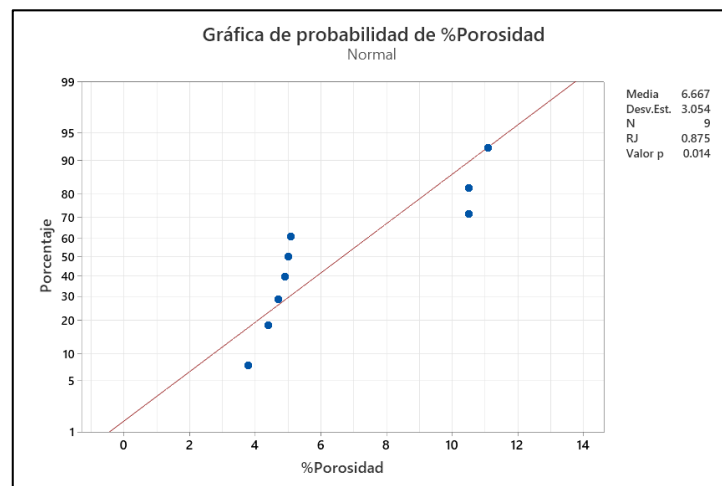
Ho: Los datos de porosidad exhiben una distribución normal

Ha: Los datos de porosidad no exhiben una distribución normal

El criterio de decisión se basó en lo siguiente:

Si  $p < 0,05$  se acepta la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se rechaza la hipótesis alternativa (Ha)



**Figura 18.** Prueba de normalidad para resultados de % de porosidad

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

La Figura 17 nos muestra que el valor de significancia es superior a 0.05, por lo que podemos afirmar que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y asumimos que los datos tienen una distribución normal, por lo que este grupo de datos se analizará con la prueba de ANOVA.

### **Análisis inferencial para porosidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Con ayuda del ANOVA se hizo una comparación de las medias de los datos de porosidad, para corroborar la diferencia estadística. Se consideró trabajar con los días como factor bloque para evitar errores en los resultados estadísticos. Del mismo modo, al ser una herramienta inferencial, se planteó las hipótesis de la siguiente forma:

Ho: No existe diferencia significativa entre los datos de porosidad de los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los datos de porosidad de los tratamientos.

Los resultados fueron analizados siguiendo el siguiente criterio:

Si  $p < 0,05$  se procede a aceptar la hipótesis alternativa (Ha)

Si  $p > 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis alternativa (Ha)

**Tabla 23.** *Análisis de varianza para resultados de % porosidad del concreto*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Dosificación	2	73.9400	36.9700	326.21	0.000
Error	6	0.6800	0.1133		
Total	8	74.6200			

Fuente: Datos obtenidos y procesados en Minitab v.19.0

Los resultados mostrados en la tabla de ANOVA muestran un valor de p inferior a 0.05, lo que nos indica que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa. Esto significa que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino si influye en la porosidad del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , y que, a mayor presencia de este, se obtendrá mayores porcentajes de porosidad.

## V. DISCUSIÓN

Después de haber obtenido los resultados de los ensayos en esta investigación se procedió a discutir estos con los resultados de otras investigaciones con la finalidad de contrastar estos resultados.

### **OE 1: Determinar cómo influye incorporación de exoesqueleto de langostinos sobre el asentamiento del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>, en Lima 2023.**

Al evaluar el nivel de Asentamiento del concreto en esta investigación, se obtuvo que a mayor sustitución del concreto con ceniza de exoesqueleto de langostino la consistencia es menor perdiendo fluidez, dado que en comparación con el diseño patrón, los diseños con la sustitución del cemento se variaron en -48.72% (diseño con 1.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino) y -64.10% (diseño con 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino) en relación al nivel de asentamiento del diseño patrón. Según Godoy y Gándara (2018), la consistencia, es una propiedad referida al estado fresco del concreto, en donde la humedad está determinada por su fácil fluidez, la cual permite un fácil manejo del concreto.

De manera similar, Mosqueira y Pinillos (2021) descubrieron que a medida que aumentaba la adición de ceniza de caparazón de cangrejo (CCC), el asentamiento en las mezclas de concreto disminuía, con un porcentaje de variación del 7,5 % (1% CCC), -11.75% (3% CCC), -19.25% (5% CCC), -31.75% (7% CCC) y -35.75% (9% CCC), con respecto al concreto patrón.

Este resultado concuerda con lo que se ha hallado en esta investigación, ya que de forma similar al aumentar los porcentajes de reemplazo de concreto disminuye el asentamiento de este.

### **OE 2: Analizar cómo influye incorporación de exoesqueleto de langostinos sobre la exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>, en Lima 2023**

En el estudio de la incidencia que tiene la ceniza de exoesqueleto de langostino en la exudación del concreto, se descubrió que la mezcla estándar

de concreto con una resistencia de  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> presentó un sangrado del 6.53%. No obstante, al modificar esta mezcla estándar con un 1.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino, el sangrado disminuyó a 5.46%, lo que representa una reducción del -16.39%. Asimismo, al incrementar la sustitución a 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino, el sangrado se redujo aún más a 4.01%, evidenciando una disminución del -38.59% comparado con la mezcla estándar. Según lo señalado por Godoy y Gándara (2018), la exudación ocurre cuando el agua asciende a la superficie y los sólidos se depositan en el fondo, lo cual puede incrementar la porosidad y afectar negativamente características como la resistencia y la durabilidad del concreto.

En un estudio paralelo, Almanza y Zamudio (2020) experimentaron con la sustitución del cemento por ceniza de lodo de papel en proporciones del 7% y 11%. Los datos mostraron que mientras la exudación en la mezcla estándar era del 3.2%, las mezclas con un 7% de ceniza experimentaron una disminución del 14.69% en la exudación, y las que contenían un 11% de ceniza mostraron una reducción del 21.56%, en comparación con la mezcla estándar de concreto.

### **OE 3: Determinar cómo influye incorporación de exoesqueleto de langostinos sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>, en Lima 2023**

Al analizar la influencia de la ceniza de exoesqueleto de langostino en la resistencia a la compresión del concreto se obtuvo que a los 7 días la sustitución en 1.5% disminuye en -8.21%, mientras que para la sustitución en 2.5% aumento en +7.14 %, ambas comparadas con el concreto patrón. A los 14 días la mezcla realizada con ceniza de exoesqueleto de langostino en dosificaciones del 1.5% y 2.5% aumentaron su resistencia en +9.23% y +12.61% respectivamente también en comparación del patrón, del mismo modo a los 28 días el empleo de la mezcla de ceniza de exoesqueleto de langostino en dosificaciones del 1.5% y 2.5% mostraron un aumento en la resistencia, siendo estas en +4.63% y +9.93% respectivamente comparadas con concreto patrón. Según Atilano et al. (2019), la resistencia a la

compresión define la capacidad que tiene el concreto al resistir cargas que se somete después de los 28 días de curado luego de vaciado el concreto según la normativa.

En una investigación similar, Almanza y Zamudio (2020) reemplazaron el cemento con una mezcla de ceniza de lodo de papel y esquisto en un 7% y un 11%, lo que resultó en una resistencia de 361 Kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días en el concreto patrón. El concreto con sustitución de cemento al 7% tuvo la resistencia más alta, alcanzando una resistencia de 364.6 Kg/cm<sup>2</sup>, superando el patrón en un 0.1%. Por otro lado, el concreto que se sustituyó por cemento en un 11% tuvo una resistencia de 344,3 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representó una disminución del 4,63% en comparación con el patrón.

En un estudio realizado por Mosqueira y Pinillos (2021), se evaluó el efecto de incorporar ceniza de caparazón de cangrejo en las propiedades mecánicas del concreto, con una resistencia base de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Se experimentó añadiendo proporciones de ceniza que variaban del 0.0% al 9.0% en relación con el peso del cemento, observando un incremento en la resistencia desde la primera adición de ceniza, así como un aumento comparativo respecto a la mezcla de control. Específicamente, la adición de un 1% de ceniza elevó la resistencia en un 1.34%, un 3% en un 3.01%, un 5% en un 11.58%, un 7% en un 6.4%, y finalmente, un 9% en un 2.58%.

Este descubrimiento coincide con investigaciones previas, mostrando que la incorporación de pequeñas cantidades de ceniza como sustituto del cemento puede resultar en mejoras significativas en la resistencia. Este fenómeno se atribuye principalmente a la capacidad de la ceniza para rellenar los poros del concreto, derivado de su finura, así como a su composición química, que incluye un contenido elevado de calcio, lo cual contribuye a una mayor resistencia a la compresión cuando se mezcla con agua.

#### **OE 4: Determinar cómo influye incorporación de exoesqueleto de langostinos sobre la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>, en Lima 2023**

Al analizar la influencia de la sustitución del cemento en 1.5% y 2.5% por ceniza de exoesqueleto de langostino en la resistencia a flexión en edades

de 7, 14 y 28 días, en la edad de 7 días se observaron módulos de rotura inferiores al concreto patrón representado una disminución del 25.93% y 32.22% para las dosificaciones del 1.5% y 2.5% respectivamente, mientras que los módulos de rotura a los 14 días en las muestras que se adiciono ceniza de exoesqueleto de langostino al 1.5% y 2.5%, observamos un aumento de módulo de rotura de 14.44% y 15.53% respectivamente en comparación del concreto patrón, y a los 28 días de curado en ambas dosificaciones continuaron con módulos de rotura positivos pero siendo la dosificación del 1.5% quien continua la diferencia equilibrada representado el 7.75% comparado la muestra patrón mientras que la dosificación del 2.5% tuvo un avance lento representando el 0.78% de aumento con respecto al patrón siendo esta casi iguales. Según Chávez et al. (2020), define la Resistencia a Flexión como una característica donde mide el momento que falla una viga al ser sometida a cargas, evaluándose mediante esfuerzos que actúan sobre un elemento en su cara longitudinal, hasta que esté elemento presenta falencias, por ende, el resultado será valor de la máxima fuerza soportada.

En un estudio paralelo realizado por Almanza y Zamudio (2020), se experimentó con la sustitución del cemento por una combinación de ceniza de lodo de papel y esquisto en proporciones del 7% y 11%. En términos de resistencia a la flexión, los datos recolectados a los 28 días revelaron lo siguiente: el concreto de referencia registró un módulo de rotura promedio de 41.6 kg/cm<sup>2</sup>. Por su parte, el concreto que incorporó un 7% de ceniza de lodo de papel y esquisto inicialmente mostró un aumento de resistencia; no obstante, a los 28 días, su módulo de rotura promedio disminuyó a 39.6 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa una reducción del 4.81% en comparación con el concreto de referencia. En contraste, la mezcla con un 11% de ceniza evidenció una mejora significativa, alcanzando un módulo de rotura de 53.6 kg/cm<sup>2</sup>, superando al concreto de referencia en un 28.85%.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en investigaciones similares, demostrando que el incremento en el porcentaje de sustitutos del cemento mejora la resistencia a la flexión del concreto. Este efecto se atribuye a la composición química del material sustituto, rico en óxido de calcio, el cual

confiere propiedades puzolánicas al concreto y favorece un incremento en su resistencia a la flexión.

**OE 5: Determinar cómo influye incorporación de exoesqueleto de langostinos sobre la resistencia a la absorción y porosidad del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en Lima 2023**

Por último, En el estudio final sobre el efecto de reemplazar el cemento por ceniza de exoesqueleto de langostino en proporciones de 1.5% y 2.5% respecto a la absorción y porosidad, encontramos que ambos parámetros mostraron incrementos significativos en comparación con el concreto de control. Específicamente, la mezcla con un 1.5% de ceniza presentó un aumento en la absorción del 16.94% y en la porosidad del 157.94%, mientras que para el 2.5% de ceniza, los incrementos fueron del 16.27% en absorción y 148.83% en porosidad. Según Sánchez Guzmán (2003), la absorción refleja la capacidad del concreto para permitir la penetración de líquidos a través de sus poros permeables, y la porosidad indica el volumen de espacios vacíos dentro del material, los cuales pueden resultar de la evaporación del agua o la inclusión de aire.

En contraste, Mosqueira y Pinillos (2021) observaron que incrementar el porcentaje de ceniza de caparazón de cangrejo en el concreto tendía a disminuir los valores promedio de absorción, partiendo de un 8.43% en el concreto sin adición hasta alcanzar un mínimo del 6.40% con un 5% de ceniza añadida. Posteriormente, al incrementar aún más la ceniza hasta el 9%, la absorción volvió a aumentar, situándose en un 8.2%. Este patrón sugiere que, aunque la adición de ciertos tipos de ceniza puede mejorar inicialmente la densidad y reducir la porosidad del concreto, efectos excesivos pueden revertir este beneficio, afectando negativamente la absorción y, potencialmente, otras propiedades del material.

En cuanto a la porosidad, la cantidad de ceniza en el caparazón de cangrejo tiene un impacto en el ensayo de porosidad. Al aumentar la cantidad de ceniza, los valores promedios del ensayo de porosidad comenzaron a disminuir ligeramente, alcanzando un 11.78% en el patrón de concreto,

mientras que la porosidad mínima se obtuvo con la adición de un 5% de CCC, que alcanzó un 9.05%, a partir de ahí, a medida que aumenta la cantidad de ceniza, la absorción aumenta nuevamente, alcanzando el valor final de 10,2% después de agregar un 9 % CCC.

Por ello, estos resultados contradicen a lo que se obtuvo en la presente investigación, dado que para nuestra investigación se obtuvo porcentajes de absorción y porosidad que catalogan al concreto como concreto de buena calidad y compacidad dado que se encuentra dentro del porcentaje permitido más sin embargo en la investigación con la cual se ha realizado la discusión, esta presenta valores de absorción y porosidad que catalogan al concreto que ensayaron como concreto de moderada calidad.



## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostinos al concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> evidencia una disminución en la fluidez con el aumento de la sustitución del cemento por esta ceniza. Por lo tanto, a mayor proporción de esta menor es la consistencia y fluidez del concreto, afectando así su asentamiento y su trabajabilidad.
2. Se determinó cómo la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostinos afecta la exudación del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, observándose un impacto significativo en la reducción del sangrado. Demostrando que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino en la mezcla de concreto puede ser una estrategia efectiva para controlar la exudación, mejorando potencialmente su calidad y sostenibilidad.
3. Se determinó que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostinos influye significativamente en la resistencia a la compresión. Los resultados subrayan el potencial de la ceniza de exoesqueleto de langostino como aditivo para mejorar la resistencia a la compresión del concreto, ofreciendo una alternativa para la ingeniería de materiales.
4. Se determinó que la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostinos afecta lentamente a la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuyo análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre las dosificaciones, sugiriendo que, a pesar de las variaciones observadas en las etapas iniciales, la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino no tiene un impacto significativo en la resistencia a la flexión del concreto a largo plazo.
5. Se determinó que la inclusión de ceniza de exoesqueleto de langostino en la mezcla de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> impacto significativamente en las propiedades de resistencia a la absorción y porosidad del material. Los resultados contradicen las expectativas iniciales de mejorar la resistencia del concreto a través de este tipo de adiciones, indicando que la efectividad de tales sustitutos depende ampliamente de su proporción y de las características específicas del material.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la inclusión de aditivos plastificantes o retardantes del fraguado para contrarrestar el efecto de secado que presentan las cenizas de exoesqueleto de langostino al reemplazar el cemento. Esta medida ayudaría a mantener una adecuada manejabilidad del concreto.
2. Se aconseja ajustar cuidadosamente la relación agua-cemento (a/c) para mejorar el asentamiento del concreto. Dado que la finura de la ceniza de exoesqueleto de langostino puede reducir el asentamiento, un incremento controlado en la relación a/c podría compensar esta disminución, mejorando la fluidez sin comprometer significativamente las propiedades mecánicas del concreto.
3. En cuanto a la proporción de sustitución del cemento por ceniza de exoesqueleto de langostino, se sugiere mantener los estudios futuros dentro del rango del 1.5% al 2.5%. Este rango parece ser prometedor para optimizar la resistencia a la flexión del concreto, por lo que determinar el porcentaje exacto dentro de este intervalo que maximiza la resistencia permitiría identificar el límite óptimo de adición para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.
4. La calcinación de la ceniza de exoesqueleto de langostino debería realizarse en laboratorios certificados para asegurar un control riguroso del proceso, incluyendo el tiempo y la temperatura de calcinación.
5. Adicionalmente, se propone realizar un estudio específico centrado en la evaluación del impacto ambiental y la sostenibilidad de utilizar ceniza de exoesqueleto de langostino en el concreto. Este estudio debería incluir un análisis del ciclo de vida del concreto modificado con ceniza, desde la producción de las cenizas hasta la demolición del concreto, evaluando la huella de carbono, el uso de recursos y la generación de residuos en comparación con el concreto tradicional. Dicho estudio permitiría no solo validar la viabilidad técnica de esta innovación, sino también su contribución a la construcción sostenible y la economía circular, aspectos fundamentales en el contexto del cambio climático y la escasez de recursos naturales.

## REFERENCIAS

- *A new marine biomaterial: the shell of mangrove horseshoe crabs, Carinoscorpius rotundicauda (Latreille, 1802) emphasizing its physico-chemical characteristics.* Wardiatno, Y., Riyanto, B., Iskandar, NA., Kleinertz, S., Funch, P., & Kurniawan, F. 2017. *Frontiers in Marine* : s.n., 2017.
- **A.C., Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. 2004.** *Conceptos básicos del concreto. Revista construcción y tecnología. Capítulo 2.* 2004.
- **Abanto, F. 2009.** *Tecnología del Concreto. 2ª ed.* Lima : Editorial San Marcos, 2009. ISBN: 978-612-302-060-6. Pág. 23.
- **ALMANZA MUÑOZ, Sayda Pilar y ZAMUDIO LOARTE, Melissa Brigitte. 2020.** *Influencia de la mezcla de ceniza de lodo de papel y esquistos en las propiedades del concreto  $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$ , La Libertad-2020.* Trujillo, La Libertad : Repositorio Universidad César Vallejo, 2020.
- **ALMERCÓ VALERIO, Mario Esteban y AYAIPOMA PÉREZ, Juan. 2021.** *Análisis de propiedades físicas mecánicas del concreto  $f'c= 210\text{ Kg/cm}^2$  sustituyendo hueso de aceituna y ceniza de cangrejo, VES Lima-2021.* Trujillo-Perú : Repositorio de la Universidad César Vallejo, 2021.
- **ALMERCÓ, M. y AYAIPOMA, J. 2021.** *Análisis de propiedades físicas mecánicas del concreto  $f'c= 210\text{ Kg/cm}^2$  sustituyendo hueso de aceituna y ceniza de cangrejo, VES Lima-2021.* s.l. : Universidad César Vallejo, Lima, 2021.
- **ÁLVAREZ LÓPEZ, Ricardo Andrés. 2021.** *Rendimiento de caparzones y conchas de crustáceos y moluscos como sustituto parcial de agregados en mezclas de concreto.* s.l. : Repositorio unicartagena, 2021.

- **ARIAS, Fidas G. 2012.** *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta. s.l. : Fidas G. Arias Odón, 2012.*
- *Assessment of compressive strength of concrete produced from different brands of Portland cement. Bamigboye, G. O., y otros. 2015.* s.l. : Civil and Environmental Research, 2015, Vols. vol. 7, no 8.
- *Bamboo rayon–copper nanoparticle composites as durable antibacterial textile materials. TELI, M. D. y SHEIKH, Javed. 2014.* s.l. : Composite Interfaces , 2014, Vols. vol. 21, no 2, p. 161-171.
- **BARRIGA GAIBOR, Karla Massiel. 2016.** *Obtención de glucosamina por hidrólisis ácida a partir de quitina derivada de la cascara de camarón.* Quito: UCE : Tesis de Licenciatura, 2016.
- **CAURURO ROJAS, Omayra Yosvi y CUENCA VEGA, Guido Gustavo. 2021.** *Análisis de la resistencia a flexión de un concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , con adición de ceniza de cáscara de papa.* Huaraz : Repositorio Universidad César Vallejo, 2021.
- *Cemento y concreto. Revista Virtual Pro. Colombia. MANRIQUE, Ainara. 2012.* 2012, Vols. vol. 1, p. 3-4.
- **CHAVEZ ATALAYA, Janeth Yolanda y ALVA SARMIENTO, Anita Elizabet. 2020.** *Physical and mechanical properties of compacted adobe with incorporation of coconut fibers.* 2020.
- *Chitin and its derivatives: Structural properties and biomedical applications. Ahmad, S. I., y otros. 2020.* s.l. : International Journal of Biological Macromolecules, 2020, Vols. vol. 164, p. 526-539.
- **CHUMIOQUE BEDON, Katherine Elizabeth y VILLEGAS CASTILLO, Linda Briggith. . 2019.** *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  al sustituir el cemento por ceniza de concha de abanico y bagazo de caña de azúcar.* Chimbote : Repositorio Universidad César Vallejo, 2019.

- *Comportamiento de un concreto especial experimental elaborado con agregado reciclado.* **Pineda, J. J. A., y otros. 2019.** s.l. : Revista Innova Ingeniería, 2019, Vols. vol. 1, no 4, p. 10-10.
  
- **Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional de, y otros. 2016.** *Artrópodos.* Bogota, Colombia: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca : s.n., 2016.
  
- *Efecto de la variación agua/cemento en el concreto.* **Guevara. G., Madrigal, C. H., García, M. P., Valenciano, I. R., Vega, L. D. R., & Guzmán, G. S. 2012.** s.l. : Tecnología en marcha, 2012, Vols. vol. 25, no 2, p. 80-86.
  
- *El uso de ceniza volante y aditivos en la elaboración del concreto como solución ecológica.* **Godoy, M. E. y Vivar, C. L. G. 2018.** s.l. : DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE, 2018, Vols. vol. 11, no 31.
  
- **ELRASHEED, Tamador. 2019.** *Partial Replacing Of OrdinaryPortland Cement With Corncob Ash In Concrete.* s.l. : Tesis Doctoral. Sudan University of Science and Technology, 2019.
  
- *Engineering properties of concrete made from gravel obtained in South-West Nigeria.* **Sulymon, Nurain et al. 2017.** s.l. : Cogent Engineering, 4, pp. 1 - 11., 2017.
  
- *Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones.* **Romero–Serrano, A. y Pereira, J. 2020.** s.l. : Revista INGENIERÍA UC, 2020, Vols. vol. 27, no 2, p. 118-135.
  
- *Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete.* **VARHEN, Christian, CARRILLO, Shirley y RUIZ, Gaby. 2017.** s.l. : Construction and Building Materials, 2017, Vols. vol. 136, p. 533-540.

- *Experimental study on recycled concrete aggregates with rice husk ash as partial cement replacement.* **Bheel, N., y otros. 2018.** s.l. : Civil Engineering Journal, vol. 4, no 10, p. 2305-2314., 2018.
- **FAO. 2008.** Perfil del mercado y competitividad exportadora del langostino. [En línea] 2008. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_peru/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es).
- **FRANCO MERO, Danny Javier, et al. 2010.** *Análisis de parámetros físicos y químicos en la maduración en cautiverio del camarón de río Macrobrachium rosenbergii (De Man, 1879) en las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Mar de la ULEAM.* 2010.
- **Gallardo Echenique, E. 2017.** *Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo.* 2017.
- **GARCÍA ZAVALA, Cesar Agustín. . 2017.** *Obtención de quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (Litopenaeus vannamei), para el tratamiento de efluentes industriales.* Chiclayo : Tesis pregrado, Repositorio Universidad Señor de Sipán, 2017.
- **GOVINDHAN y THAMIZHA. 2019.** *Estudio experimental del hormigón utilizando conchas y ceniza volante.* s.l. : Artículo ( ingeniería civil),Revista internacional de investigación de ingeniería y tecnología , 2019.
- **Guevara, L. 2007.** *Generalidades de quitina y quitosano.* 2007.
- **Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. 2014.** *Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386).* s.l. : México: McGraw-Hill Interamericana., 2014.
- *Impacto de la utilización de puzolanas naturales ecuatorianas.* **Jarre Castro, C. M. .: Albear, J. J. H., Alcivar, M. S. G. y Brito, S. 2017.** s.l. : Revista de

- Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 2017, Vols. vol. 2, no 1, p. 1-5.
- **KELLSTEDT, Paul M. y WHITTEN, Guy D. 2018.** *The fundamentals of political science research.* s.l. : Cambridge University Press, 2018.
  - *La dureza total del agua afecta la muda, calcificación, crecimiento y supervivencia de *Cryphiops caementarius* (Palaemonidae).* **GRACIANO LEÓN, Fiorella, VÁSQUEZ MORI, José y REYES-AVALOS, Walter. 2022.** s.l. : Acta Biológica Colombiana, 2022, Vols. vol. 27, no 1, p. 88-96.
  - *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* **VARGAS CORDERO, Zoila Rosa Vargas. 2009.** s.l. : Revista educación , 2009, Vols. vol. 33, no 1, p. 155-165.
  - **MINCETUR. 2005.** Perfil del Mercado y Competitividad exportadora del Langostino. [En línea] 2005. <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Langostino.pdf>.
  - **Monje-Álvarez, C. A. 2011.** *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica.* s.l. : Universidad Surcolombiana, 2011.
  - **MORGADO, F. 2018.** *Propuesta de una Planta Piloto para la obtención de quitosano por vía química a partir de los residuos de langosta *Panulirus argus*.* s.l. : Tesis Doctoral. tesis de pregrado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, 2018.
  - **Ñaupas, H., y otros. 2018.** *Metodología de la investigación cualitativa-cuantitativa y redacción de tesis.* Bogotá, Colombia : Ediciones de la U., 2018.
  - *Obtención de quitina y quitosano a partir de caparazones de langostinos y centollas.* **AVILA, A. J., COSTAMAGNA, V. y STRUMIA, M. C. 2007.** s.l. : Naturalia patagonica, 2007, Vols. vol. 3, no 2, p. 1-8.

- **Ortiz, I. R. 2022.** *Utilización de exoesqueleto de crustáceos para aplicaciones en concreto reforzado.* s.l. : Repositorio Institucional de Acceso Abierto (RIAA) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), 2022.
  
- **PALACIOS MARTÍNEZ, Juan Pablo. 2019.** *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mortero con reemplazo parcial de cemento por material fino proveniente de conchas de almejas.* 2019. s.l. : Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería en Construcción, Universidad de Valparaíso, 2019.
  
- **PALOMINO LAZO, Evelin Aracelly y TORRES JULCA, Javier Alejandro. 2021.** *Ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.* Lima, Perú : Repositorio Institucional de La Universidad Ricardo Palma, 2021.
  
- *Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete.* **Martínez-García, C., y otros. 2017.** s.l. : Construction and building materials, 2017, Vols. vol. 139, p. 570-583.
  
- *Physical and mechanical properties of concrete containing green mussel (Perna viridis) shell ash as an admixture.* En *IOP Conference Series.* **ISMAIL, Nurul Nabilah, et al. 2019.** s.l. : Materials Science and Engineering. IOP Publishing p. 012034, 2019.
  
- *Planificación estratégica y los niveles de competitividad en la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.* **RIVERA, Ruth Jimena. 2020.** s.l. : Tesis de Maestría. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas, 2020.
  
- **Portugal Barriga, P. 2007.** *Tecnología del concreto de alta desempeño.* s.l. : Editorial Leonardo Da Vinci, 2007.



- **PRODUCE. 2019.** Anuario estadístico pesquero y acuícola. [En línea] 2019. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1116-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2022>.
  
- **QUEVEDO CASTILLO, Victor Gabriel. 2018.** *Resistencia a la compresión y tracción del concreto  $f' c= 210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo al cemento con 7%, 9% y 11% de ceniza de bagazo caña de azúcar–2018.* s.l. : Repositorio de la Universidad César Vallejo, 2018.
  
- *Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) processing waste.* **Cahú, T. B., y otros. 2012.** s.l. : Process Biochemistry, 2012, Vols. vol. 47, no 4, p. 570-577.
  
- *Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón.* **PÁJARO, Yina y DÍAZ, Fredyc. 2012.** s.l. : Revista Colombiana de Química, 2012, Vols. vol. 41, no 2, p. 283-298.
  
- **RIVERO, Daniel. 2013.** *Metodología de la investigación.* s.l. : Ediciones Shalom, 2013.
  
- **Salkind, N. J. 1999.** *Métodos de investigación (3ra ed.).* s.l. : Editorial Prentice Hall, 1999.
  
- **Tamayo y Tamayo, M. 2003.** *El Proceso De La Investigación Científica.* s.l. : Editorial LIMUSA S.A., 2003.
  
- *Use of the flying ash in the dosing of the concrete as a substitute for the cement.* **Huaquisto Caceres, S. y Belizario Quispe, G. 2018.** s.l. : REVISTA

INVESTIGACIONES ALTOANDINAS-JOURNAL OF HIGH ANDEAN  
RESEARCH, 2018, Vols. vol. 20, no 2, p. 225-234.

## **ANEXOS**


## ANEXO 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Ceniza de exoesqueleto de langostino (independiente)	También llamada coraza o caparazón, es el esqueleto externo que recubre todo el cuerpo del langostino y está constituido por quitina, proteínas, sales inorgánicas como CaCO <sub>3</sub> y fosfato de calcio (Universidad INCCA de Colombia, Grupo en Ecología Evolutiva y Biogeografía Tropical ECOBIT, 2016; Wardiatno et al., 2021).	Para medir la mezcla con exoesqueleto de langostino, se llevará a cabo la calcinación hasta llevarlo a la forma de ceniza y posteriormente su dosificación añadiendo al concreto porcentaje del 1.5% y también del 2.5% como sustitución del cemento en la mezcla del concreto en estudio.	Dosificación de Exoesqueleto de langostino	0% Exoesqueleto de langostino	De razón
				1.5% Exoesqueleto de langostino	
				2.5% Exoesqueleto de langostino	
			Propiedades químicas	Composición química (%)	De razón
Propiedades físicas y mecánicas (dependiente)	Las propiedades físicas del concreto (propiedades en estado fresco) son aquellas características básicas que tiene el concreto cuando su consistencia es una mezcla heterogénea conformada por una parte que es sólida (los agregados) los cuales están dispersos en un medio (pasta de cemento); así también las propiedades o características mecánicas del concreto (propiedades del concreto en estado endurecido) son aquellas características que tiene el concreto posterior a que haya fraguado obteniendo una consistencia homogénea. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2004; Portugal, 2007).	Se utilizarán 27 probetas y 27 vigas para medir la variable. Para determinar las características o propiedades del concreto en su estado fresco, se realizarán ensayos de asentamiento y exudación y para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido se realizarán ensayos de compresión, flexión, absorción y porosidad según las normas ASTM.	Propiedades físicas (concreto fresco)	Asentamiento (pul)	De intervalo
				Exudación (%)	De razón
			Propiedades mecánicas (concreto endurecido)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	De razón
				Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	De razón
				Absorción y porosidad (%)	De razón

## ANEXO 2. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima-2023?	Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima-2023	La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino mejora el comportamiento físico y mecánico del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima -2023"	Ceniza de exoesqueleto de langostino (independiente)	0% Exoesqueleto de langostino	De razón
				1.5% Exoesqueleto de langostino	
				2.5% Exoesqueleto de langostino	
				Problemas específicos	Objetivos Específicos
¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima - 2023.	La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino influye favorablemente en la consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima-2023	Propiedades físicas y mecánicas (dependiente)	Asentamiento (pul)	De intervalo
¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , en Lima 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino en la exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima - 2023	La incorporación de ceniza exoesqueleto de langostino, influye favorablemente en la exudación del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima-2023		Exudación (%)	De razón
¿Qué influencia tiene la incorporación de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , en Lima 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima -2023.	La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino influye favorablemente la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2023		Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	De razón
¿Qué influencia tiene la incorporación de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , en Lima 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la resistencia a la flexión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima- 2023	La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino influye favorablemente la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2023		Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	De razón
¿Qué influencia tiene la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la absorción y porosidad del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , en Lima 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino sobre la absorción y porosidad del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima- 2023.	La incorporación de ceniza de exoesqueleto de langostino, influye favorablemente en la absorción y porosidad del concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2023		Absorción y porosidad (%)	De razón

### Anexo 3. Ficha técnica de Recolección de datos del Ensayo de Asentamiento y exudación

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>
<b>ENSAYO:</b>	<b>ASENTAMIENTO (ASTM C-143)</b>
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DEL EXOSQUELETO DE LANGOSTINOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup> , LIMA - 2023
<b>TESISTAS:</b>	ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER

DESCRIPCION	DENOMINACIÓN	ASENTAMIENTO		PROMEDIO	
		pulg.	cm.	pulg.	cm.
MUESTRA PATRÓN	M1				
	M2				
MUESTRA CON EL 1.5% CEL	M3				
	M4				
MUESTRA CON EL 2.5% CEL	M5				
	M6				

CLASIFICACION POR CONSISTENCIA		
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	COMPORTAMIENTO
SECO	0" a 2"	POCO TRABAJABLE
PLASTICO	3" a 4"	TRABAJABLE
FLUIDO	>5"	MUY TRABAJABLE

VALIDACIÓN		
APELLIDOS Y NOMBRES	PUNTAJE	FIRMA
EXPERTO N°1: <i>Llujya Espinoza Victor Hugo</i>	18	
EXPERTO N°2: <i>Navarro Tello Rojer Job</i>	19	
EXPERTO N°3: <i>Retamozo Martinez Ludeus</i>	19	
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.7</b>	

  
 VICTOR HUGO  
 LLUYA ESPINOZA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 104511

  
 LUCAS BENITO  
 RETAMOZO MARTINEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 137273

  
 ROJER JOB  
 NAVARRO TELLO  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 195071

Fuente: Elaboración propia



### Anexo 4. Ficha técnica de Recolección de datos del Ensayo de Resistencia a compresión y flexion

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
ENSAYO:	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (ASTM C-39)							
TESIS:	INFLUENCIA DEL EXOSQUELETO DE LANGOSTINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 LIMA - 2023							
TESISTAS:	ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER							
F'c DE DISEÑO:	210 KG/CM2	TIPO DE MUESTRA:	CONCRETO ENDURECIDO					
F'c REQUERIDO:	294 KG/CM2	PRESENTACIÓN:	PROBETAS CILINDRICAS 4"x 8"					
TIPO DE FALLA								
DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	F'c OBTENIDA	F'c PROMEDIO
MUESTRA PATRON (0%)	M1							
	M2							
	M3							
MUESTRA CON EL 1.5% CEL	M4							
	M5							
	M6							
MUESTRA CON EL 2.5% CEL	M7							
	M8							
	M9							

LUDWIG WENTO  
ROBERTO MARTINEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 127273

VALIDACIÓN		
APELLIDOS Y NOMBRES	PUNTAJE	FIRMA
EXPERTO N°1: Lluvia Espinoza Victor Hugo	18	
EXPERTO N°2: Navarro Tello Rober Job	19	
EXPERTO N°3: Roberto Martinez Ludus	19	
PROMEDIO	18.7	

VICTOR HUGO  
LLUYA ESPINOZA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 104511

ROBER JOB  
NAVARRO TELLO  
Ingeniero Civil  
CIP N° 195071



**FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

<b>ENSAYO:</b>	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (ASTM C-78)</b>		
<b>TESIS:</b>	INFLUENCIA DEL EXOSQUELETO DE LANGOSTINOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F <sub>c</sub> =210 Kg/cm <sup>2</sup> , LIMA - 2023		
<b>TESISTAS:</b>	ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER		
<b>F'c DE DISEÑO:</b>	210 KG/CM <sup>2</sup>	<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	CONCRETO ENDURECIDO
<b>F'c REQUERIDO:</b>	294 KG/CM <sup>2</sup>	<b>PRESENTACIÓN:</b>	VIGAS RECTANGULAR DE 15cm x 15cm

DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (CM)	MODULO DE ROTURA (KG/CM <sup>2</sup> )	MR PROMEDIO (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA PATRON	M1							
	M2							
	M3							
MUESTRA CON EL 1.5% CEL	M4							
	M5							
	M6							
MUESTRA CON EL 2.5% CEL	M7							
	M8							
	M9							

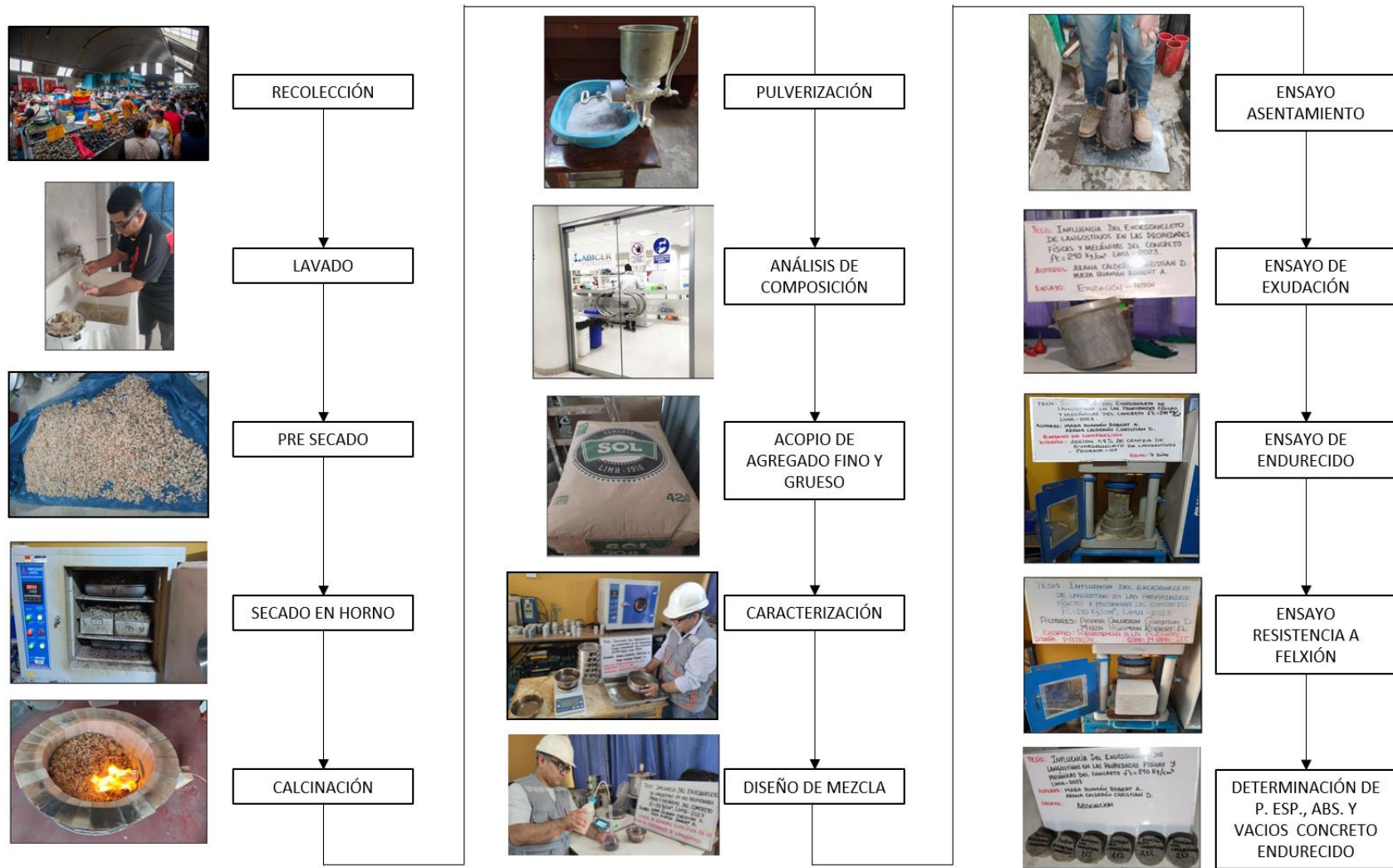
LUSMAYO  
RETAMOSO MARTINEZ  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 127273

VALIDACIÓN		
APELLIDOS Y NOMBRES	PUNTAJE	FIRMA
EXPERTO N°1: LILYA Espinoza Victor Hugo	18	
EXPERTO N°2: Navarro Tello Rojer Job	19	
EXPERTO N°3: Retamozo Martinez Lusmayo	19	
PROMEDIO	18.7	

VICTOR HUGO  
LILYA ESPINOZA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 104511

ROJER JOB  
NAVARRO TELLO  
Ingeniero Civil  
CIP N° 195071

## Anexo 5. Flujo grama de elaboración de muestras y sus evidencias fotográficas



## Anexo 6. Resultados de caracterización de los agregados finos y gruesos

### a) Composición Química de la Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS %	MÉTODO
Óxido de Calcio, CaO	59.756	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva
Óxido de Fosforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22.350	
Óxido de Magnesio, MgO	6.473	
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	3.658	
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	3.535	
Óxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	2.011	
Óxido de Estroncio, SrO	1.247	

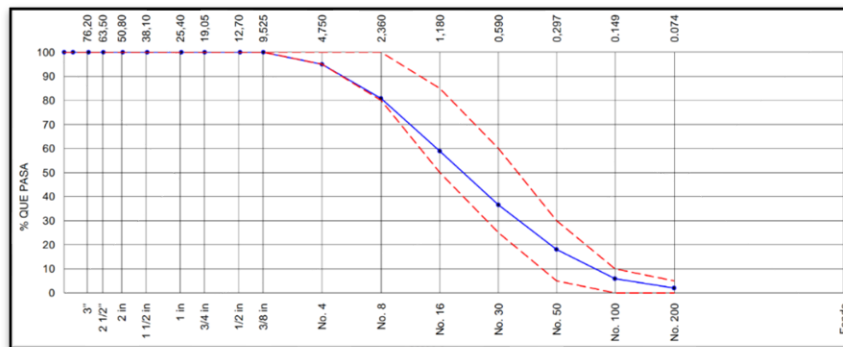
Según se observa en la Tabla, con los resultados obtenidos, las cenizas de exoesqueleto de langostino tienen dentro de su composición más del 50% de Óxido de Calcio. Los demás componentes no superan el 25%.

### b) Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa)

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Masa Retenidog	% ParcialRetenido	% Acumulado Retenido	% Acumuladoque pasa	ESPECIFICACION	
						Mínimo	Máximo
4"	100.00 mm						
3 1/2"	90.00 mm						
3"	75.00 mm						
2 1/2"	63.00 mm						
2"	50.00 mm						
1 1/2"	37.50 mm						
1"	25.00 mm						
3/4"	19.00 mm						
1/2"	12.50 mm						
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	26.8	5.03	5.03	94.97	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	75.7	14.20	19.23	80.77	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	116.6	21.88	41.11	58.89	50.00	85.00
# 30	600 µm	119.2	22.36	63.47	36.53	25.00	60.00
# 50	300 µm	98.6	18.50	81.97	18.03	5.00	30.00
# 100	150 µm	64.7	12.14	94.10	5.90	0.00	10.00
# 200	75 µm	20.7	3.87	97.98	2.02	0.00	5.00
< No. 200	No. 200	10.8	2.02	100.00	0.00	-	-
						MF	3.05

	TMN	---
--	-----	-----

c) Curva granulométrica del agregado Fino

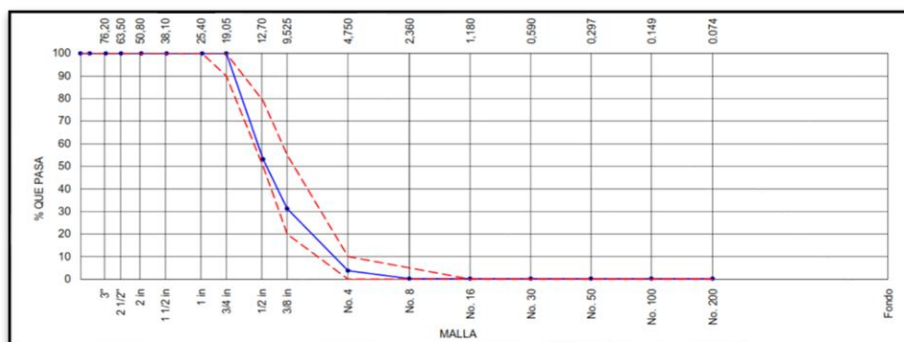


De acuerdo con la curva granulométrica y la tabla de análisis granulométrico, el agregado fino se mantuvo dentro del rango de límite superior e inferior que refiere la norma ASTM C33.

d) Análisis granulométrico del agregado grueso

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 67							
ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Masa Retenidog	% ParcialRetenido	% Acumulado Retenido	% Acumuladoque pasa	ESPECIFICACION	
						Mínimo	Máximo
4"	100.00 mm						
3 1/2"	90.00 mm						
3"	75.00 mm						
2 1/2"	63.00 mm						
2"	50.00 mm						
1 1/2"	37.50 mm						
1"	25.00 mm						
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50 mm	1342.8	46.89	46.89	53.11	50.00	79.00
3/8"	9.50 mm	627.9	21.92	68.81	31.19	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	786.5	27.46	96.27	3.73	0.00	10.00
# 8	2.36 mm	100.4	3.51	99.77	0.23	0.00	5.00
# 16	1.18 mm					0.00	0.00
# 30	600 µm					0.00	0.00
# 50	300 µm					5.00	30.00
# 100	150 µm					0.00	10.00
# 200	75 µm					0.00	5.00
< No. 200	< No. 200	6.5	0.23	100.00	0.00	-	-
						MF	6.64
						TMN	1/2 in

e) *Curva granulométrica del agregado grueso*



La curva granulométrica del agregado grueso logró mantenerse dentro de los parámetros de límite superior e inferior de la norma ASTM C33, lo que resultó en resultados adecuados y dentro de los rangos permitidos.

f) *Contenido de humedad del agregado fino y grueso*

ITEM	DESCRIPCION	ND.	DATOS G. FINO
1	Masa del Recipiente	g	242.9
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	791.9
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	776.0
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.0

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS
1	Masa del Recipiente	g	937. 8
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	3509.0
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	3480.0
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.11

g) *Peso unitario suelto y compactado agregado Fino*

PESO UNITARIO SUELTO			
DESCRIPCIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	5.707	5.710	
Peso de muestra suelta (kg)	4.084	4.087	

PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1454	1455	1454
---------------------------------	------	------	------

PESO UNITARIO COMPACTADO			
DESCRIPCIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.00289	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	6.366	6.371	
Peso de muestra suelta (kg)	4.743	4.748	
PESO UNITARIO COMPACTADO	1689	1690	1689

*h) Peso unitario suelto y compactado agregado grueso*

PESO UNITARIO SUELTO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	5.282	5.292	
Peso de muestra suelta (kg)	3.659	3.669	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1303	1306	1304

PESO UNITARIO COMPACTADO			
IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	5.746	5.758	
Peso de muestra suelta (kg)	4.123	4.135	
PESO UNITARIO COMPACTADO	1468	1472	1470

*i) Densidad relativa y absorción de agregado fino*

IDENTIFICACION		1	2	PROMEDIO
A	Masa Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.1	500.0	
B	Peso Frasco + agua	643.8	643.9	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	956.5	957.1	
D	Peso del Mat. Seco	491.8	491.9	

RESULTADOS			
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$	2.62	2.63	2.629
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$	2.67	2.68	2.673
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$	2.75	2.75	2.749
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.7	1.6	1.7

j) *Peso específico y absorción del agregado grueso*

DATOS		A	B	
A	Masa de la muestra sss	2043.2	2056.3	
B	Masa de la muestra sss sumergida	1324.4	1330.6	
C	Masa de la muestra secada al horno	2021.8	2035.7	
RESULTADOS		1	2	PROMEDIO
GRAVEDAD ESPECIFICA DE MASA		2.813	2.805	2.809
GRAVEDAD ESPECIFICA DE MASA S.S.S		2.842	2.834	2.838
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE		2.899	2.887	2.893
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)		1.1	1.0	1.036

k) *Peso específico y Absorción de la Ceniza de Exoesqueleto de Langostino*

METODO DE ENSAYO	"B"	
Numero de fiola	...	5
Masa de suelo seco	g.	50.04
Masa de fiola + agua destilada	g.	641.81
Masa de fiola + agua destilada + suelo	g.	672.40
Gravedad especifica de sólidos	...	2.57
Temperatura del agua destilada durante el ensayo	°C	24.3
Coficiente de Temperatura (K)	...	0.99902

Gravedad específica de sólidos corregida por T°	---	2.57
---	-----	------



## Anexo 7. Diseño y elaboración de las mezclas

### a) Diseño de mezcla según método ACI 211

#### a.1) Cálculo de $F'_{cr}$

La Tabla muestra la forma por la cual se calculó resistencia requerida dado que no había datos de desviación estándar ni registros anteriores. Se tiene: Resistencia de diseño:  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

*Tabla de Resistencia a la compresión requerida*

Resistencia a la compresión $F'_c$	Resistencia a la compresión requerida ( $F'_{cr}$ )
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 – 350	$F'_c + 84$
Mayor de 350	$F'_c + 98$

Por lo tanto:  $F'_{cr} = 210 + 84$  y  $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

#### a.2) Cálculo del contenido de aire

Como se muestra en la Tabla, luego se determinó el contenido de aire en función del tamaño máximo nominal. Se tiene: *TMN agregado grueso* =  $\frac{1}{2}$

*Contenido de aire atrapado*

TMN Del Agregado Grueso	Aire Atrapado
$\frac{3}{8}$ "	3.0 %
$\frac{1}{2}$ "	2.5 %
$\frac{3}{4}$ "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 $\frac{1}{2}$ "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

#### a.3) Cálculo del contenido de agua (Volumen Unitario de Agua)

La Tabla muestra cómo se calculó el agua según el TMN del agregado grueso y del asentamiento.

Se tiene: Asentamiento = 3" a 4" y TMN = 1/2"

Volumen unitario de agua

Agua en l/m3, para los TMN de agregado grueso y asentamiento								
ASENTAMIENTO	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
<i>Concreto sin aire incorporado</i>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
<i>Concreto con aire incorporado</i>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	184	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	197	174	166	154	----

Por lo tanto: **Agua = 216 l/m3**

#### a.4) Cálculo de agua/cemento (a/c) según resistencia requerida (F'cr)

*Relación agua/cemento por resistencia*

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	<i>sin aire incorporado</i>	<i>con aire incorporado</i>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Para definir la relación agua/cemento de F'cr= 280 kg/cm2 se utilizó la siguiente fórmula:

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} (y_1 - y_0)$$

Interpretando valores:

F'cr		a/c
250	-----	0.62
294	-----	a/c
300	-----	0.55

Por lo tanto: **Relación a/c = 0.56**

### a.5) Cálculo del contenido del cemento

Luego se calculó la cantidad de cemento utilizando la fórmula:

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Agua } (\frac{L}{m^3})}{\text{Relacion a/c}}$$

Entonces: Factor C = 216 / 0.56

Factor C = 385.71 kg

Bolsas de cemento: 385.71 / 42.5 = **9.07 bolsas**

### a.6) Cálculo del volumen y peso total del agregado grueso

Se tiene: Módulo de Fineza del agregado fino = 3.05

*Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

TMN Del agregado Grueso	Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

MF		Vol
2.80		0.5 5
3.00		0.5 3
3.05		b/b o

Interpolación de:

$$\frac{2.80 - 3.05}{2.80 - 3.00} = \frac{0.55 - b / b_0}{0.55 - 0.53}$$

Por lo tanto: **b / b<sub>0</sub> = 0.575**

A continuación, se multiplicó b/b<sub>0</sub> con el peso unitario seco compactado del agregado grueso para encontrar el peso total del AG:

Peso Total del agregado grueso = b/b<sub>0</sub> x PUSC

Peso Total del agregado grueso = 0.575m<sup>3</sup> x 1470 kg/m<sup>3</sup>

Peso Total del agregado grueso = 845.25 kg

#### **a.7) Cálculo del Volumen absoluto de los materiales para el concreto**

##### **- Volumen absoluto del cemento**

Peso del cemento = 385.71 kg

Peso específico del cemento = 3.11 gr/cm<sup>3</sup> x 1000 = 3110 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Volumen absoluto del Cemento} = \frac{385.71 \text{ kg}}{3110 \text{ kg/m}^3} = 0.124$$

##### **- Volumen absoluto del agregado grueso**

Peso del agregado grueso = 845.25 kg

Peso específico del agregado grueso = 2.89 gr/cm<sup>3</sup> x 1000 = 2809 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Volumen absoluto del agregado grueso} = \frac{845.25 \text{ kg}}{2809 \text{ kg/m}^3} = 0.300$$

##### **- Volumen absoluto del agua**

Peso del agua = 216 kg

Peso específico del agua = 1000 Kg/cm<sup>3</sup> = 2809 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Volumen absoluto del agua} = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.216$$

- **Volumen absoluto del aire atrapado**

Peso del aire atrapado = 2.5 %

$$\text{Volumen absoluto del aire atrapado} = \frac{2.5}{100} = 0.025$$

- **Volumen absoluto del agregado fino**

Sumatoria de volúmenes absolutos = 0.124 + 0.300 + 0.216 + 0.025 = 0.665

Por m<sup>3</sup> de concreto = 1.00 m<sup>3</sup>

Volumen Absoluto del agregado Fino = 1.00m<sup>3</sup> – 0.665m<sup>3</sup> = 0.335m<sup>3</sup>

Peso específico del Agregado Fino = 2.629 gr/cm<sup>3</sup> x 1000 = 2629 kg/m<sup>3</sup>

**a.8) Cálculo del peso del agregado fino**

Peso del agregado fino = Vol. Agregado fino x Peso esp. Agreg. fino

Peso del agregado fino = 0.335 m<sup>3</sup> x 2629 kg/m<sup>3</sup>

Peso del agregado fino = 880.715 kg

**a.9) Peso seco de la mezcla**

- Cemento = 392.73 Kg

- Agregado grueso = 859.8 Kg

- Agregado fino = 825.53 Kg

- Agua = 216 Lt

**a.10) Corrección de los agregados Por Humedad:**

$$\text{Peso Seco} * \left( \frac{\text{Humedad \%}}{100} + 1 \right)$$

• **Agregado Fino:**

Contenido de Humedad de Agregado Fino = 3.0

$$\text{Correccion del Agregado Fino} = 825.53 \text{ Kg} * \left( \frac{3.0}{100} + 1 \right) = 850 \text{ Kg}$$

- **Agregado Grueso:**

Contenido de Humedad de Agregado Grueso = 1.1

$$\text{Correccion del Agregado Grueso} = 859.8 \text{ Kg} * \left( \frac{1.1}{100} + 1 \right) = 869 \text{ Kg}$$

**a.11) Cálculo del aporte del agua a la mezcla**

$$\left( \frac{\text{Humedad \%} - \text{Absorcion \%}}{100} \right) * \text{Peso seco}$$

$$- \text{Aporte de agua del Agregado grueso} = \left( \frac{1.1 - 1.0}{100} \right) * 859.8 \text{ Kg} = 0.859 \text{ Kg}$$

$$- \text{Aporte de agua del Agregado Fino} = \left( \frac{3.0 - 1.7}{100} \right) * 825.53 \text{ Kg} = 10.73 \text{ Kg}$$

**Aporte de agua de los agregados = 0.859 Kg + 10.73 Kg = 11.589Kg ~11.58Lt**

**a.12) Cálculo del agua efectiva**

Agua Efectiva = Agua diseñada – (Aporte de agua de los agregados)

**Agua Efectiva = 216 Lt/m<sup>3</sup> – 11.58Lt/m<sup>3</sup> = 204.42 Lt/m<sup>3</sup>**

**a.13) Peso húmedo de la mezcla**

- Cemento = 385.71 kg

- Cemento = 385.71 kg

- Agregado grueso = 869 Kg

- Agregado fino = 850 Kg

- Agua = 204.42 Lt

**b) Diseño de la mezcla patrón**

*Bases para diseño de la mezcla patrón*

COMPONENTE	PESO SSD	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Cemento Sol Tipo I	383 kg	383 kg	383 kg
Agua	196 L	220 L	208 L
Agregado grueso	780 kg	772 kg	788 kg
Agregado fino	931 kg	916 kg	959 kg
		PUT	2338

**c) Diseño de mezcla con 1.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino**

*Base para diseño de la mezcla con 1.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino*

COMPONENTE	PESO SSD	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Cemento Sol Tipo I	378 kg	378 kg	378 kg
Agua	196 L	220 L	208 L
Ceniza Langostino	5.75 Kg	5.75 Kg	5.75 Kg
Agregado grueso	780 kg	772 kg	788 kg
Agregado fino	936 kg	920 kg	964 kg
		PUT	2349 kg

**d) Diseño de mezcla con 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino**

*Base para diseño de la mezcla con 2.5% de ceniza de exoesqueleto de langostino*

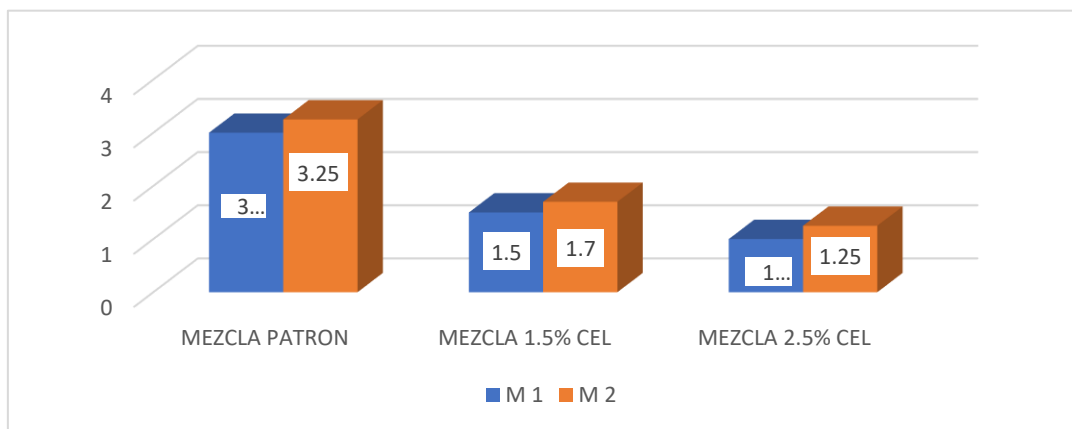
COMPONENTE	PESO SSD	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Cemento Sol Tipo I	374 kg	374 kg	374 kg
Agua	196 L	220 L	208 L
Ceniza Langostino	9.58 Kg	9.58 Kg	9.58 Kg
Agregado grueso	780 kg	772 kg	788 kg
Agregado fino	939 kg	923 kg	967 kg
		PUT	2356 kg

## Anexo 8. Ensayo de asentamiento

### Datos obtenidos del Ensayo de Asentamiento

DESCRIPCION	MUESTRA	ASENTAMIENTO		PROMEDIO	
		pulg.	cm.	pulg.	cm.
MEZCLA PATRÓN	M1	3.00	7.62	3.12	7.97
	M2	3.25	8.89		
MEZCLA CON EL 1.5% CENIZA DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO	M3	1.50	3.81	1.6	4.06
	M4	1.70	4.31		
MEZCLA CON EL 2.5% CENIZA DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO	M5	1.00	2.54	1.12	2.85
	M6	1.25	3.17		

### Gráfico de barras para Ensayo de Asentamiento



### Prueba Tukey para comparación de medias

Factor	N	Media	Agrupación
PATRON	2	3.125	A
M 1.5%	2	1.600	B
M 2.5%	2	1.125	B

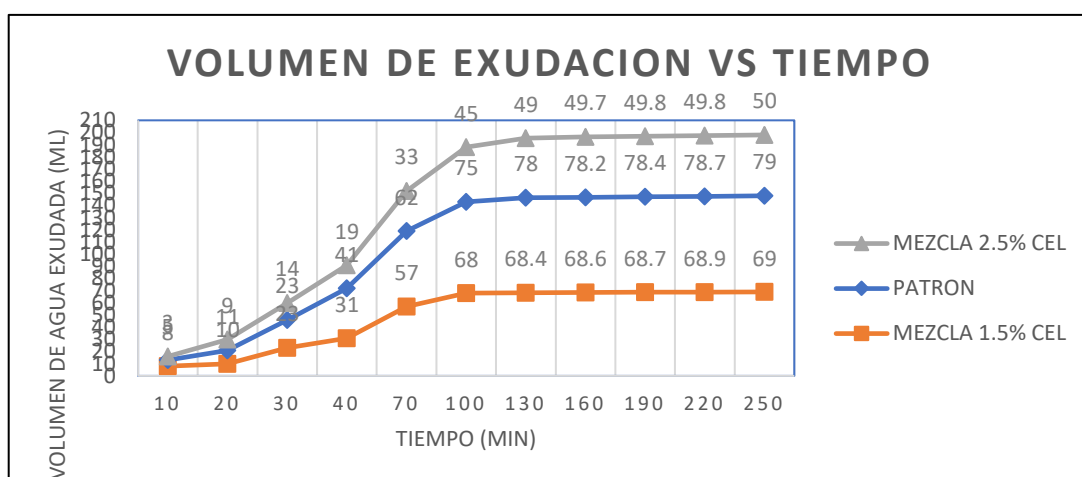


## Anexo 9. Ensayo de exudación

### Volumen acumulado de exudación

MEZCLA	TIEMPO (MINUTOS)										
	10	20	30	40	70	100	130	160	190	220	250
PATRÓN	5	11	23	41	62	75	78	78.2	78.4	78.7	79
1.5% CEL	8	10	23	31	57	68	68.4	68.6	68.7	68.9	69
2.5% CEL	3	9	14	19	33	45	49	49.7	49.8	49.8	50

### Volumen de exudación vs tiempo



## Anexo 10. Elaboración de ensayos en estado endurecido

Los especímenes de las probetas se prepararon en laboratorio siguiendo las normas NTP 339.183 y ASTM C 199.

### Probetas cilíndricas

Los moldes de 4" x 8" se colocaron en una superficie firme y plana, luego se llenaron en tres capas con 25 golpes en cada capa con una varilla metálica, y luego se enrasaron para crear una superficie uniforme.



*Moldeo de probetas cilíndricas*



### **VIGAS**

De manera similar, las vigas se construyeron en moldes prismáticos con una sección estándar de 150 x 150 mm colocados sobre una superficie plana y nivelada. Luego, se llenaron los moldes en tres capas con 25 golpes por cada capa mientras con ayuda de una varilla metálica y golpeando con un martillo de goma para evitar espacios vacíos. Finalmente, se enrasó para crear una superficie uniforme.

*Llenado y compactado de vigas*



## Moldeo de vigas



## Elaboración de probetas cilíndricas y vigas



## Elaboración de curado

Inmediatamente se procedió a curar las probetas luego de ser desmoldadas, depositándolas en recipientes con agua donde se encuentran cubiertas totalmente todas las caras de las probetas a una temperatura entre los 23 y 25°C.

## Curado de probetas cilíndricas y vigas

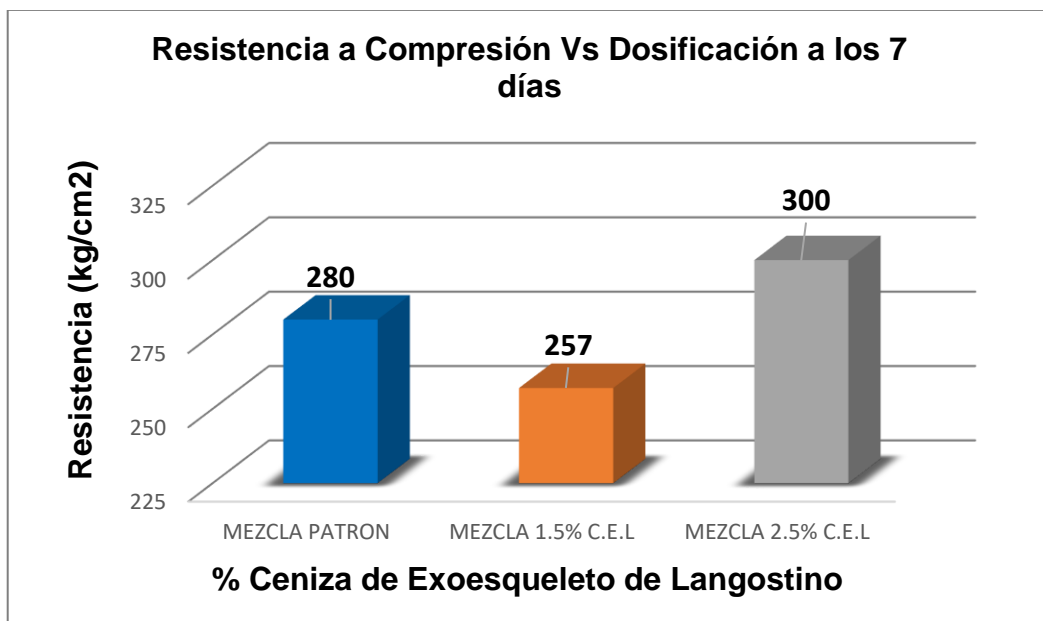


## Anexo 11. Ensayo de resistencia a la compresión

### Resultados del Ensayo de Resistencia de Compresión a los 7 días

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c PROMEDIO	% F'c
PATRON M-1	25/09/2022	02/10/2023	7	10.10	20.1	TIPO 2	287	279	136.7%
PATRON M-2	25/09/2022	02/10/2023	7	10.10	20.15	TIPO 5	276		131.2%
PATRON M-3	25/09/2022	02/10/2023	7	10.12	20.14	TIPO 5	276		131.5%
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2022	03/10/2022	7	10.11	20.1	TIPO 5	259	257	123.4%
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2022	03/10/2022	7	10.09	20.13	TIPO 5	262		124.5%
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2022	03/10/2022	7	10.10	20.1	TIPO 5	251		119.7%
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2022	03/10/2022	7	10.08	20.9	TIPO 2	304	300	144.8%
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2022	03/10/2022	7	10.07	20.1	TIPO 5	300		142.8%
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2022	03/10/2022	7	10.10	20.1	TIPO 5	297		141.4%

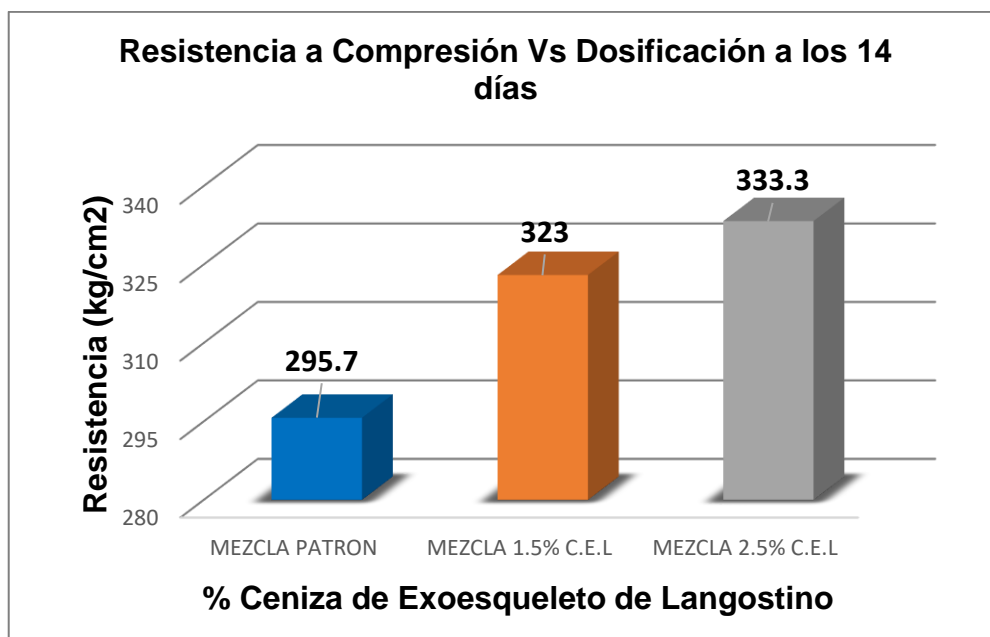
Resistencia a Compresión del concreto vs Dosificación a los 7 días.



### Resultados del Ensayo de Resistencia de Compresión a los 14 días

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c PROMEDIO	% F'c
PATRON M-1	25/09/2023	9/10/2023	14	10.04	20.2	TIPO 2	298	295	142.1%
PATRON M-2	25/09/2023	9/10/2023	14	10.18	19.95	TIPO 5	294		140.1%
PATRON M-3	25/09/2023	9/10/2023	14	10.02	20.01	TIPO 5	295		140.4%
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2022	10/10/2023	14	10.12	20.11	TIPO 5	321	323	153.0%
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2022	10/10/2023	14	10.04	20.08	TIPO 5	329		156.8%
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2022	10/10/2023	14	10.03	20.07	TIPO 5	319		152.1%
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2022	10/10/2023	14	10.04	20.04	TIPO 5	337	333	160.5%
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2022	10/10/2023	14	10.05	20.03	TIPO 5	333		158.4%
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2022	10/10/2023	14	10.08	20.05	TIPO 5	330		157.2%

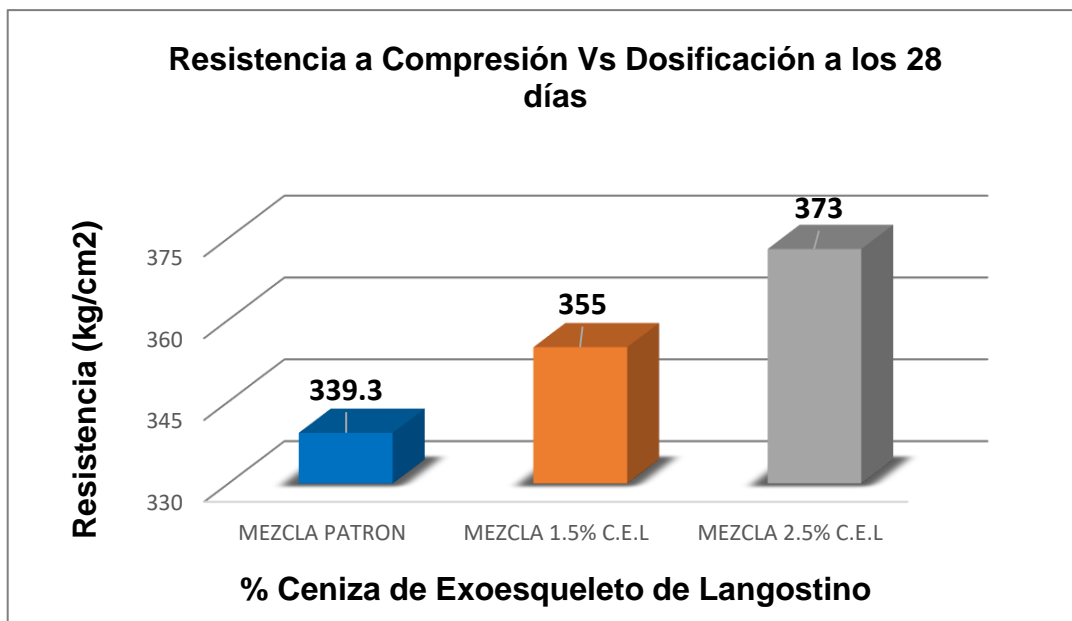
### Resistencia a Compresión del concreto vs Dosificación a los 14 días



*Resultados del Ensayo de Resistencia de Compresión a los 28 días*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c PROMEDIO	% F'c
PATRON M-1	25/09/2023	23/10/2023	28	10.02	20.12	TIPO 5	350	339	166.8%
PATRON M-2	25/09/2023	23/10/2023	28	10.11	20.04	TIPO 5	323		153.9%
PATRON M-3	25/09/2023	23/10/2023	28	10.06	20.07	TIPO 5	345		164.3%
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2022	24/10/2023	28	10.15	20.14	TIPO 3	355	355	168.9%
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2022	24/10/2023	28	10.03	20.06	TIPO 3	358		170.6%
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2022	24/10/2023	28	10.08	20.09	TIPO 5	352		167.5%
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2022	24/10/2023	28	10.02	20.08	TIPO 3	372	373	177.1%
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2022	24/10/2023	28	10.06	20.13	TIPO 5	366		174.4%
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2022	24/10/2023	28	10.09	20.15	TIPO 3	381		181.7%

*Resistencia a Compresión del concreto vs Dosificación a los 28 días.*



*Análisis de varianza de los datos de compresión*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Mezcla	2	4659.9	2329.9	17.71	0.000
EDAD (días)	2	26450.1	13225.0	100.52	0.000
Error	22	2894.6	131.6		
Falta de ajuste	4	2090.6	522.6	11.70	0.000
Error puro	18	804.0	44.7		
Total	26	34004.5			

*Prueba Tukey para comparación de rangos*

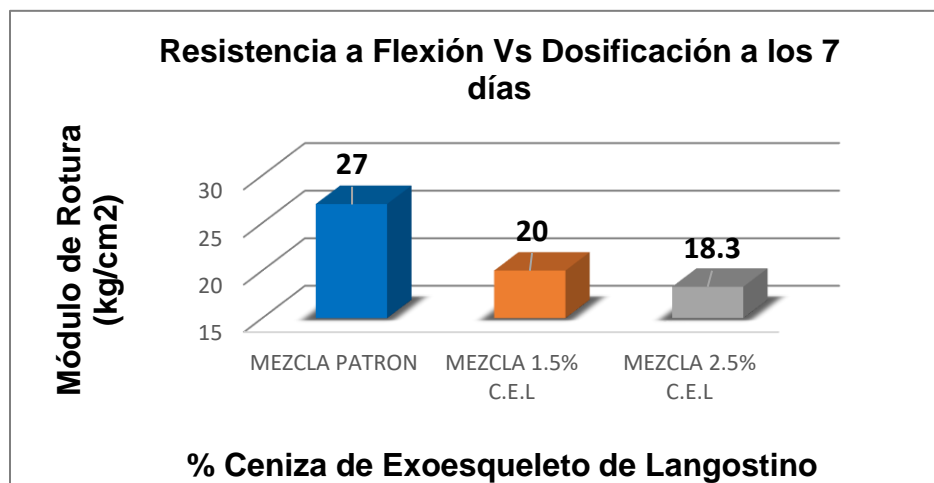
<b>Mezcla</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
Mezcla 2.5%	9	335.556	A	
Mezcla 1.5%	9	311.778		B
Mezcla Patrón	9	304.889		B

## Anexo 12. Ensayo de resistencia a la flexión

### Resultados del Ensayo de Resistencia de Flexión a los 7 días

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	M. ROTURA Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )	M. ROTURA PROMEDIO Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON M-1	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	27	27
PATRON M-2	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	27	
PATRON M-3	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	27	
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	21	20
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	19	
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	20	
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	18	18
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO NTRAL	45	18	
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	7	TERCIO CENTRAL	45	19	

### Resistencia a Flexión del concreto vs Dosificación a los 7 días.

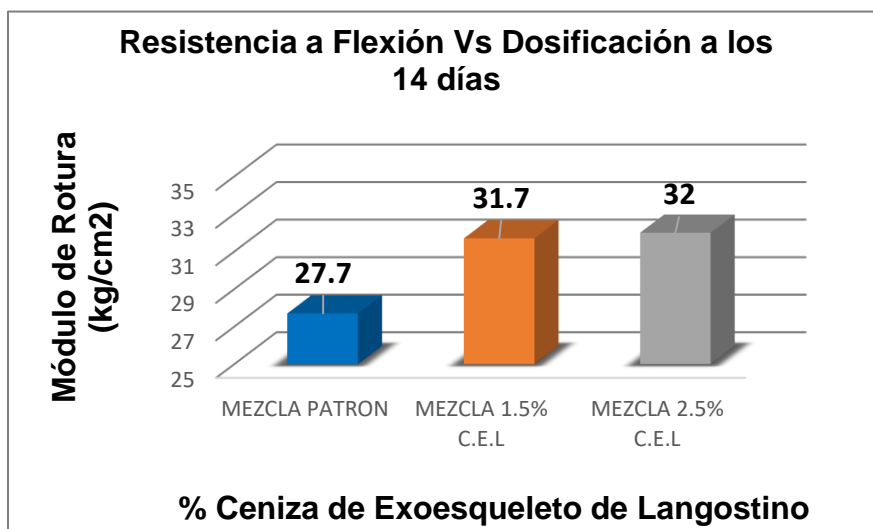




### Resultados del Ensayo de Resistencia de Flexión a los 14 días

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	M. ROTURA Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )	M. ROTURA PROMEDIO Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON M-1	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	28	27
PATRON M-2	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	27	
PATRON M-3	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	28	
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	32	31
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	31	
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	32	
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	32	32
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	32	
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	14	TERCIO CENTRAL	45	32	

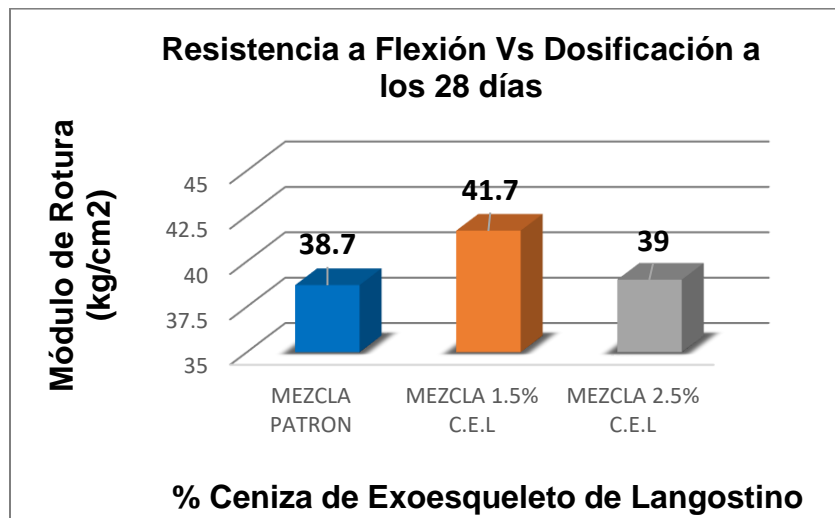
### Resistencia a Flexión del concreto vs Dosificación a los 14 días



*Resultados del Ensayo de Resistencia de Flexión a los 28 días*

DESCRIPCIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	M. ROTURA Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )	M. ROTURA PROMEDIO Mr(Kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON M-1	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	39	38
PATRON M-2	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	39	
PATRON M-3	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	38	
MEZCLA AL 1.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	42	41
MEZCLA AL 1.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	41	
MEZCLA AL 1.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	42	
MEZCLA AL 2.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	39	39
MEZCLA AL 2.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	39	
MEZCLA AL 2.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	28	TERCIO CENTRAL	45	39	

*Resistencia a Flexión del concreto vs Dosificación a los 28 días.*



*Análisis de varianza para resistencia a la flexión del concreto*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Mezcla	2	10.67	5.333	0.68	<b>0.517</b>
EDAD (días)	2	1458.67	729.333	92.93	0.000
Error	22	172.67	7.848		
Falta de ajuste	4	167.33	41.833	141.19	0.000
Error puro	18	5.33	0.296		
Total	26	1642.00			

## Anexo 13. Ensayo de sorción y porosidad

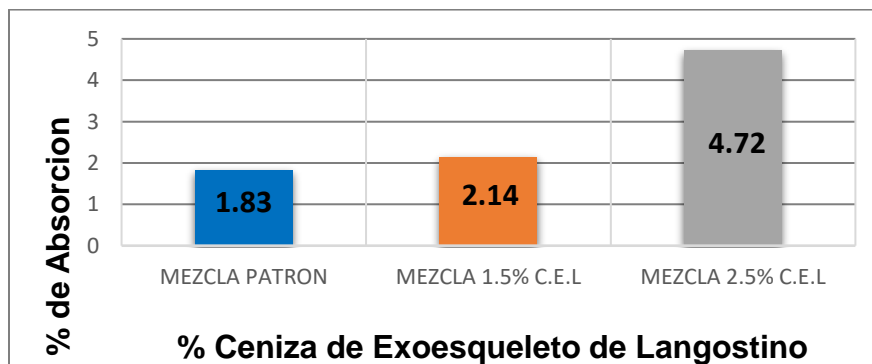
*Resultados de densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido*

RESULTADOS		PATRON	1.5% CEL	2.5% CEL
1	% DE ABSORCIÓN DESPUES DE LA INMERSION	1.83%	2.14%	4.72%
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SECA	2.347	2.329	2.274
3	PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S (DESPUÉS DE INMERSIÓN)	2.390	2.379	2.381
4	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.452	2.452	2.547
5	% DE VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (VACIOS)	4.3%	5.0%	10.7%

*Resumen de Ensayo de Absorción y Porosidad.*

Ensayo	Dosificación		
	Patrón	1.5%	2.5%
% Absorción	1.83	2.14	4.72
% Porosidad	4.30	5.00	10.70

*Porcentaje de Absorción vs Dosificación a los 28 días.*





**INFORME DE ENSAYO N° 1137- 23 – LABICER**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

- 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : CHRISTIAN DENNIS ARANA CALDERÓN/  
ROBERT ALEXANDER MAZA HUAMAN  
1.2. D.N.I / R.U.C. : 42838905 / 71087010  
1.3. DIRECCIÓN : --

**2. CRONOGRAMA DE FECHAS**

- 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 14 / 09 / 2023  
2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 19 / 09 / 2023  
2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 25 / 09 / 2023

3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

**4. DATOS DE LA MUESTRA**

- 4.1. TIPO DE MUESTRA : MUESTRA ORGÁNICA  
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EXOESQUELETO DE LANGOSTINO  
TESIS: INFLUENCIA DEL EXOESQUELETO DE LANGOSTINO  
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MÉCANICAS DEL  
CONCRETO F'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, LIMA-2023"  
4.3. OBSERVACIONES (SI APLICA) : ENVASE PLÁSTICO

5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS : LABORATORIO LABICER-UNI

6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22°C; Humedad relativa: 67%

**7. RESULTADOS**

**7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL A LAS CENIZAS DE LA MUESTRA**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Calcio, Ca	68.252	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(2)</sup>
Fosforo, P	13.656	%	
Magnesio, Mg	7.462	%	
Potasio, K	4.518	%	
Silicio, Si	2.072	%	
Estroncio, Sr	1.610	%	
Azufre, S	1.119	%	
Bromo, Br	0.546	%	
Hierro, Fe	0.541	%	
Cobre, Cu	0.068	%	
Circonio, Zr	0.066	%	
Zinc, Zn	0.062	%	
Rubidio, Rb	0.030	%	

<sup>(1)</sup> Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

<sup>(2)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.



## 7.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS A LAS CENIZAS DE LA MUESTRA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Óxido de calcio, CaO	59.756	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(2,3)</sup>
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22.350	%	
Óxido de magnesio, MgO	6.473	%	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	3.658	%	
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	3.535	%	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	2.011	%	
Óxido de estroncio, SrO	1.247	%	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.447	%	
Bromo, Br	0.345	%	
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.060	%	
Óxido de cobre, CuO	0.051	%	
Óxido de zinc, ZnO	0.046	%	
Óxido de rubidio, Rb <sub>2</sub> O	0.021	%	

<sup>(1)</sup> Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

<sup>(2)</sup> Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.

<sup>(3)</sup> Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

## 8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.



Bach. Fabio Jurado  
Analista  
LABICER – UNI



M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

### NOTAS:

- LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

## ANEXO 15



**FIGURA N°1.** MUESTRA DE CENIZAS DE EXOESQUEL DE LANGOSTINO.



**FIGURA N°2.** CENIZAS DE LA MUESTRA EN EL PORTAMUESTRAS.



**FIGURA N°3.** ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA USANDO EL ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA (SHIMADZU, EDX-800HS).





**MARCA** SHIMADZU

**MODELO** EDX-800HS2



## INFORME TÉCNICO

Cliente: **LABICER - UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

AV. TUPAC AMARU NRO. 210 RIMAC - LIMA.

EQUIPO	MARCA MODELO
ESPECTRÓMETRO DE RAYOS X	SHIMADZU EDX - 800HS2

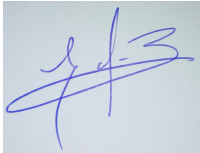
LABORATORIO	SERIE	FECHA DE INFORME
LABICER	Q22644900233	24 - 01 - 2022

---

**Tipo de Servicio :** Revision y Diagnostico ✓

**Fecha del Servicio :** 24 – 01 - 2022

---

UNIVERSO CIENTIFICO	LABICER	FECHA
 Edgar Bravo Garcia Unidad de Instrumentación Analítica		24-01-2022

## INFORME TÉCNICO

---

### Trabajo Realizado:

Se revisó el estado general del equipo y sus condiciones de instalación, se hicieron pruebas de uso con estándar 702 (Aluminio). Usando el módulo de mantenimiento del software de control, se ejecutó una calibración fina de Energía/FWHM que no se pudo completar debido a que el equipo necesitaba ser calibrado manualmente.

Luego de ejecutarse una calibración manual en la tarjeta Amplifier PCB, se logró hacer una calibración fina con un resultado satisfactorio de acuerdo al protocolo del fabricante.

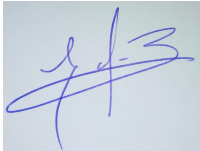
En las pruebas hechas al equipo se detectó un sonido anormal cuando se activa el colimador. Se notó presencia de polvo y pelusas en el interior del equipo, tarjetas y mecanismos móviles.

### Recomendaciones:

1. Se recomienda llevar a cabo un mantenimiento preventivo para limpiar y lubricar las partes móviles.

### Conclusiones:

El equipo EDX-800 se encuentra operativo y cumple con las especificaciones del fabricante SHIMADZU. Se harán las consultas al fabricante para determinar que consumibles deben ser reemplazados y además sobre el sonido anormal cuando se activa el colimador.

UNIVERSO CIENTIFICO	LABICER	FECHA
 <p data-bbox="193 2000 536 2047">Edgar Bravo Garcia Unidad de Instrumentación Analítica</p>		24-01-2022

# Inspection Completion Report

Shimadzu Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometers

EDX-700HS (P/N: 212-23700)

EDX-800HS (P/N: 212-23701)

EDX-700 (P/N: 212-22202-91)

EDX-800 (P/N: 212-22203-91)

Customer Name: Universidad Nacional de Ingenieria

Customer Department: LABICER

Operator Name: Kevin Sullca

The inspection was completed using the following checklist.

Serial Number: Q22644900233

Inspection Completion Date: 14 / 01 / 2022

Performed by: JOSE SALGADO

Group/Department: -

<Inspection History>

Number of Inspections: 1 2 th inspection)

Period Since Previous Inspection: 4 Years

Installation Completion Date: 03 / 10 / 2011

<Special Notes>

Installed By EMPRESAS (former distributor)

~~Probably installed in 2012~~

EDX-800HS2 // Tests not performed because no  
have jigs nor standards

Shimadzu Corporation

Item	Inspection Method	Standards and Results	Judgment																
			Pass	Fail															
EDX-700/800																			
1. Installation	Check by referring to the pre-installation requirements and the instruction manual.	Installation conditions for the unit are satisfied.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
2. Functional check of standard accessories	Position the liquid sample adaptor, and check that the light on the operating panel lights up.	The LIQUID MODE light lights up.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
3. Operational check of drivers	<u>Lid opening/closing</u> It must move smoothly, with no abnormal noise.	Moves smoothly, with no abnormal noise.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	<u>Shutter/filter operation</u> They must move smoothly, with no abnormal noise.	Move smoothly, with no abnormal noise.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	Check the shutter/filter center positions using a jig.	Positioned normally.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
	Check the operational range of the shutter closing sensor.	Turns ON within one to two clockwise rotations from the default position.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
4. Energy calibration check (*)	Calibrate the system with calibration sample A750. Then using the A750 qualification analysis results, check the following energy position. <u>Spectrum: FeKa (6.40 KeV)</u> Also check that the SnKa (including the La line), AlKa, CuKa, and NiKa spectra are identified.	6.336 to 6.464 (KeV) (Energy position $\times \pm 1\%$ )  <u>Measurement position: 6.38 KeV</u> Specified spectra are identified.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
5. Repeatability (*)	Using calibration sample A750, analyze Al and Sn 10 times, and check the repeatability. Measurement conditions: In air <u>Al</u> 15 kV - 220 $\mu$ A fixed Live - 60 sec (DT %: 25 %) Integration 0.99 - 1.99 KeV <u>Sn</u> 50 kV - 15 $\mu$ A fixed Live - 90 sec (DT %: 25 %) Integration 24.2 - 25.9 KeV	3 times the theoretical CV or less <Al> Theoretical CV: _____ Measured CV: _____  times _____ Average intensity: _____ cps/ $\mu$ A <Sn> Theoretical CV: _____ Measured CV: _____  times _____ Average intensity: _____ cps/ $\mu$ A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
6. FP qualification/quantitation (*)	Using qualitative/quantitative FP analysis, measure the stainless steel sample provided, and check the quantitative value. Measurement conditions: In air	Measured values are within the permitted range.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Measurement Value</th> <th>Permitted Range</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td></td> <td>68.50 % to 73.00 %</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td></td> <td>16.00 % to 20.50 %</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td></td> <td>6.00 % to 10.50 %</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td></td> <td>0.50 % to 3.50 %</td> </tr> </tbody> </table>	Element	Measurement Value	Permitted Range	Fe		68.50 % to 73.00 %	Cr		16.00 % to 20.50 %	Ni		6.00 % to 10.50 %	Mn		0.50 % to 3.50 %		
Element	Measurement Value	Permitted Range																	
Fe		68.50 % to 73.00 %																	
Cr		16.00 % to 20.50 %																	
Ni		6.00 % to 10.50 %																	
Mn		0.50 % to 3.50 %																	
7. Check of resolution (*)	Using the measurement sample (MnO <sub>2</sub> ), check the energy resolution.	FWHM is 160 eV or less.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															

EDX-800 Only				
8. Carbon analysis (*)	Using the 6 $\mu$ Mylar provided, analyze C, and check that the peak is detected. Measurement conditions: In vacuum C 15 kV - 350 $\mu$ A fixed Real - 300 sec (DT %: 25 %)	C peak is detected.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Options				
1. Atmospheric control (Vacuum exhaust system)	Check the vacuum pump oil.	Oil level and color are normal.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Check the evacuation time to reach 30 Pa.	3 minutes or less (60 Hz) 3 minutes 30 seconds or less (50 Hz) Measurement Value: <u>2 min. 42 sec.</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(He replacement) (*)	Using calibration sample A750, analyze Al 10 times, and check the reproducibility. Pressure: 0.02 MPa Flowrate: 3 LT/min Measurement conditions: He 15 kV - 220 $\mu$ A fixed Live - 60 sec (DT %: 25 %) Integration 0.99 - 1.99 KeV	3 times the theoretical CV or less  Theoretical CV: _____ Measured CV: _____ times _____  Average intensity: _____ cps/ $\mu$ A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Turret	Perform an operational check in maintenance mode.	Operates normally.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Collimator	Check the collimator's center position using a jig.	Positioned normally.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Perform an operational check in maintenance mode.	Operates normally.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. CCD camera unit	Check the center position of the X-ray beam using a fluorescent screen.	The X and Y centerlines match the center of the X-ray image.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Display lights	With the X-ray source ON, the X-ray warning light must be lit.	Operates normally.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

For any inspection items marked with an asterisk (\*), the data must be appended to the inspection results form.


Maintenance		
Unit	Maintenance Items	Check
1. Analysis chamber	Grease the analysis chamber O-rings.	<input type="checkbox"/>
	Clean the inside of the analysis chamber.	<input type="checkbox"/>
2. Lid hinge	Grease the screws. (Clean the screws with alcohol before greasing them.)	<input type="checkbox"/>
3. Shutter/filter	Disassemble and clean the parts, and then grease the screws.	<input type="checkbox"/>
4. Vacuum evacuation unit	Inspect the unit. Then if necessary, replenish or replace the oil.	<input type="checkbox"/>
5. Four collimator units	Disassemble and clean the parts, and then grease the screws.	<input type="checkbox"/>
6. EDX software	Upgrade the software to the latest version.	<input type="checkbox"/>

Optional Configurations		
<input checked="" type="checkbox"/> Atmospheric control	<input checked="" type="checkbox"/> Vacuum evacuation system	<input type="checkbox"/> He replacement
<input checked="" type="checkbox"/> Turret	<input type="checkbox"/> 8 samples <input type="checkbox"/> 8 samples with spinners <input type="checkbox"/> 16 samples - solid	<input type="checkbox"/> 16 samples - liquid <input type="checkbox"/> r- $\theta$ stage
<input checked="" type="checkbox"/> Collimator	<input checked="" type="checkbox"/> 1 mm, 3 mm, 5 mm, 10 mm dia.	<input type="checkbox"/> 0.3 mm, 1 mm, 3 mm, 10 mm dia.
<input checked="" type="checkbox"/> CCD camera unit	Sample observation unit	
<input checked="" type="checkbox"/> Display lights	X-ray warning light	

Traceability-Related Parts		
Unit	Model Name	Serial Number
Vacuum pump	RV3	129463622
Data processor	Intel Core i3-2120 @ 3.30 GHz	—
Display	HP-2011X	—
Printer	—	—
Software	DXP-700 PC EDX - 800 HS2	Ver. 1.11 Rel. —



# Anexo 17 Analisis Granulometrico del Agregado Fino

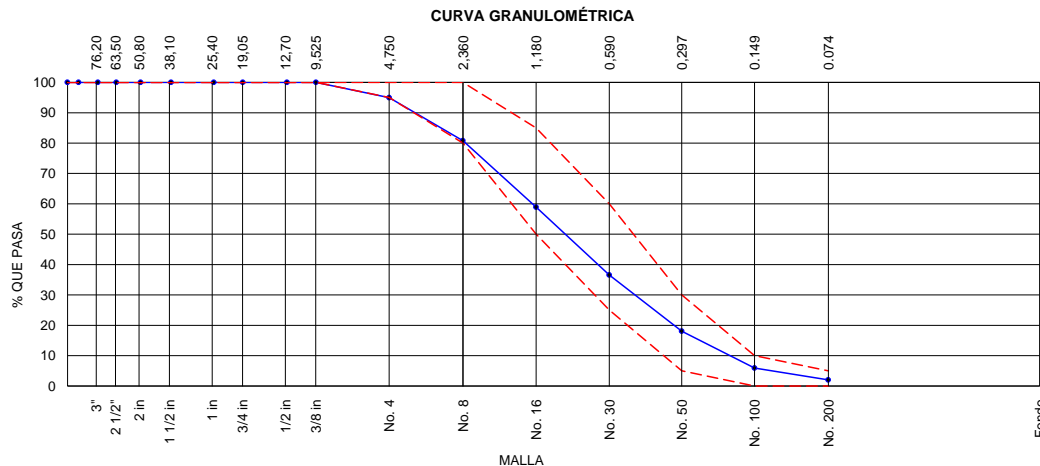
	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>		<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG06</b>
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>		<b>Versión</b>	<b>02</b>
			<b>Fecha</b>	<b>23/09/2022</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-02</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo :	21/09/2023
Material	: Agregado Fino	Turno :	Diurno

Código de Muestra : ---  
 Procedencia : Cantera Chivas  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

### AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Masa Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm						
3 1/2 in	90.00 mm						
3 in	75.00 mm						
2 1/2 in	63.00 mm						
2 in	50.00 mm						
1 1/2 in	37.50 mm						
1 in	25.00 mm						
3/4 in	19.00 mm						
1/2 in	12.50 mm						
3/8 in	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
No. 4	4.75 mm	26.8	5.03	5.03	94.97	95.00	100.00
No. 8	2.36 mm	75.7	14.20	19.23	80.77	80.00	100.00
No. 16	1.18 mm	116.6	21.88	41.11	58.89	50.00	85.00
No. 30	600 µm	119.2	22.36	63.47	36.53	25.00	60.00
No. 50	300 µm	98.6	18.50	81.97	18.03	5.00	30.00
No. 100	150 µm	64.7	12.14	94.10	5.90	0.00	10.00
No. 200	75 µm	20.7	3.87	97.98	2.02	0.00	5.00
< No. 200	< No. 200	10.8	2.02	100.00	0.00	-	-
						MF	3.05
						TMN	---



El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-63, ver. 1 del 7/05/2018.

### INGEOCONTROL SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante

**REVISADO POR**

Nombre y firma:

  
 Luis Melgar Angeles  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGEOCONTROL S.A.C.

**AUTORIZADO POR**

Nombre y firma:

  
 Arnaldo Pérez Ccoscco  
 CIP: 190140  
 Gerente Técnico

# Anexo 18 . Analisis Granulometrico del Agregado Grueso

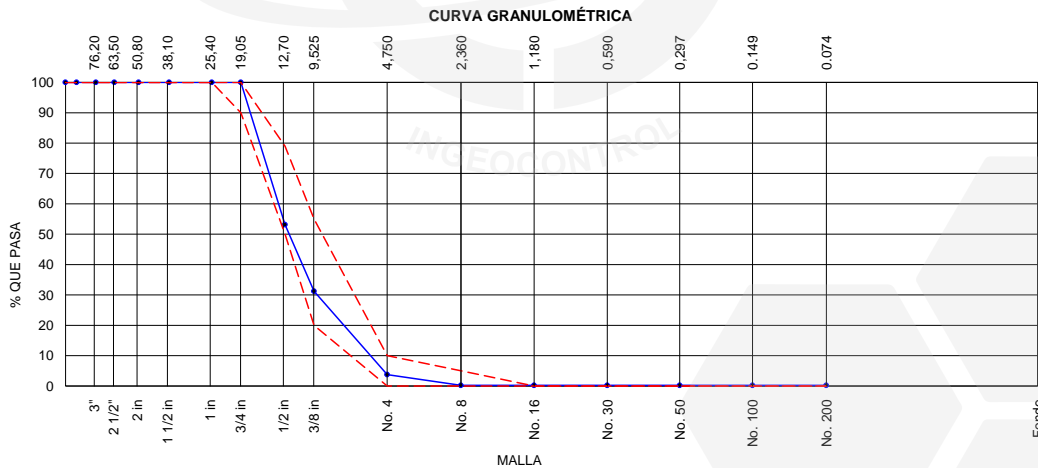
	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG07</b>
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136-19</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>23/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 **Registro N°:** L23-109-03  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander **Muestreado por :** Solicitante  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander **Ensayado por :** R. Leyva  
**Ubicación de Proyecto** : Lima **Fecha de Ensayo :** 21/09/2023  
**Material** : Agregado Grueso **Turno :** Diurno

**Código de Muestra** : ---  
**Procedencia** : Cantera Yerbabuena  
**N° de Muestra** : ---  
**Progresiva** : ---

### AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 67

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Masa Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm						
3 1/2 in	90.00 mm						
3 in	75.00 mm						
2 1/2 in	63.00 mm						
2 in	50.00 mm						
1 1/2 in	37.50 mm						
1 in	25.00 mm						
3/4 in	19.00 mm				100.00	90.00	100.00
1/2 in	12.50 mm	1342.8	46.89	46.89	53.11	50.00	79.00
3/8 in	9.50 mm	627.9	21.92	68.81	31.19	20.00	55.00
No. 4	4.75 mm	786.5	27.46	96.27	3.73	0.00	10.00
No. 8	2.36 mm	100.4	3.51	99.77	0.23	0.00	5.00
No. 16	1.18 mm					0.00	0.00
No. 30	600 µm					0.00	0.00
No. 50	300 µm					0.00	0.00
No. 100	150 µm					0.00	0.00
No. 200	75 µm					0.00	0.00
< No. 200	< No. 200	6.5	0.23	100.00	0.00	-	-
						MF	6.64
						TMN	1/2 in



El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-63, ver. 1 del 7/05/2018.

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante</p>	<p style="text-align: center;"><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Luis Melgar Angeles              JEFE DE LABORATORIO           </div>	<p style="text-align: center;"><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Arnaldo Perez Ccoscco              CIP: 190140              Gerente Técnico           </div>



# Anexo 19 Contenido de Humedad del Agregado Fino y del Agregado Grueso

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG01</b>
	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>23/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-01</b>
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación del Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	20/09/2023
Material	: Agregados	Turno :	Diurno
Código de Muestra	: ---	Profundidad:	--- m
Sondaje / Calicata	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

## CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	937.8	<b>YERBABUENA A</b>
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	3509.0	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	3480.8	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>1.11</b>	


## CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	242.9	<b>CHIVAS</b>
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	791.9	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	776.0	
4	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>3.0</b>	

### INGEOCONTROL SAC

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>
	Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 20. Peso Unitario del Agregado Fino

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG10</b>
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>26/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023

Registro N°: **L23-109-06**

Solicitante : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander

Muestreado por : Solicitante

Atención : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander

Ensayado por : R. Ileyva

Ubicación de Proyecto : Lima

Fecha de Ensayo: 20/09/2023

Material : Agregado Fino

Turno: Diurno

Código de Muestra : ---  
 Procedencia : Cantera Chivas  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

## PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Masa de molde + muestra suelta (kg)	5.707	5.710	
Masa de muestra suelta (kg)	4.084	4.087	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1454	1455	


## PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Masa de molde + muestra compactado (kg)	6.366	6.371	
Masa de muestra suelta (kg)	4.743	4.748	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1689	1690	

(\*) El presente documento reemplaza al doc. AR-FO-101, ver. 1 del 30/04/2018.

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante</p>	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>
	Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 21 Peso Unitario del Agregado Grueso

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG10</b>
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>26/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023

Registro N°: **L23-109-07**

Solicitante : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander

Muestreado por : Solicitante

Atención : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander

Ensayado por : R. Leyva

Ubicación de Proyecto : Lima

Fecha de Ensayo: 20/09/2023

Material : Agregado Grueso

Turno: Diurno

Código de Muestra : ---

Procedencia : Cantera Yerbabuena

N° de Muestra : ---

Progresiva : ---

## PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Masa de molde + muestra suelta (kg)	5.282	5.292	
Masa de muestra suelta (kg)	3.659	3.669	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1303	1306	<b>1304</b>

## PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Masa de molde (kg)	1.623	1.623	
Volumen de molde (m3)	0.002809	0.002809	
Masa de molde + muestra compactado (kg)	5.746	5.758	
Masa de muestra suelta (kg)	4.123	4.135	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1468	1472	<b>1470</b>

(\*) El presente documento reemplaza al doc. AR-FO-101, ver. 1 del 30/04/2018.

### INGEOCONTROL SAC

#### AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante

#### REVISADO POR

Nombre y firma:


  
Luis Melgar Angeles  
JEFE DE LABORATORIO  
INGEOCONTROL S.A.C.

#### AUTORIZADO POR

Nombre y firma:

  
Arnaldo Pérez Ccoscco  
CIP: 190140  
Gerente Técnico

# Anexo 22 Peso Especifico y Absorcion del Agregado Fino

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG08</b>
	<b>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>23/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-04</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	21/09/2023
Material	: Agregado Fino	Turno:	Diurno


Código de Muestra : ---  
 Procedencia : Cantera Chivas  
 N° de Muestra : ---  
 Progresiva : ---

IDENTIFICACIÓN		1	2	PROMEDIO
A	Masa Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.1	500.0	
B	Masa Frasco + agua	643.8	643.9	
C	Masa Frasco + agua + muestra SSS	956.5	957.1	
D	Masa del Mat. Seco	491.8	491.9	
Pe Bulk (Base seca) o gravedad específica de masa = $D/(B+A-C)$		2.62	2.63	<b>2.629</b>
Pe Bulk (Base Saturada) o gravedad específico SSS = $A/(B+A-C)$		2.67	2.68	<b>2.673</b>
Pe Aparente (Base seca) o gravedad específico aparente = $D/(B+D)$		2.75	2.75	<b>2.749</b>
% Absorción = $100*((A-D)/D)$		1.7	1.6	<b>1.7</b>

(\*) El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-67, ver.1 del 30/04/2018

INGEOCONTROL SAC		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante</p>	<p>REVISADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 23 Peso Especifico y Absorcion del Agregado Grueso

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-AG09</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C127-15</b>	<b>Versión</b>	<b>03</b>
		<b>Fecha</b>	<b>27/01/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-05</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Ieyva
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	21/09/2023
Material	: Agregado Grueso	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Yerbabuena		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

DATOS		A	B
1	Masa de la muestra sss	2043.2	2056.3
2	Masa de la muestra sss sumergida	1324.4	1330.6
3	Masa de la muestra secada al horno	2021.8	2035.7


RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
Gravedad Especifica de Masa	2.813	2.805	<b>2.809</b>
Gravedad Especifica de Masa S.S.S	2.842	2.834	<b>2.838</b>
Gravedad Especifica de Aparente	2.899	2.887	<b>2.893</b>
Porcentaje de Absorción (%)	1.1	1.0	<b>1.036</b>

El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-78, ver. 1 del 30/04/2018.

## INGEOCONTROL SAC

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>
	Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 24. Peso Especifico de la Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-S06</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>20/09/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-09</b>
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Ubicación del Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo :	25/09/2023
Material	: Ceniza de exoesqueleto de langostinos	Turno :	Diurno
Código de Muestra	: ---	Profundidad:	---
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

## ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA


Método de ensayo	"B"	
Número de fiola	---	5
Masa de suelo seco	g.	50.04
Masa de fiola + agua destilada	g.	641.81
Masa de fiola + agua destilada + suelo	g.	672.40
Gravedad especifica de sólidos	---	2.57
Temperatura del agua destilada durante el ensayo	°C	24.3
Coficiente de Temperatura (K)	---	0.99902
Gravedad especifica de sólidos corregida por T°	---	<b>2.57</b>

### OBSERVACIONES:

- \* Muestra tomada en campo por el SOLICITANTE
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- \* Este documento reemplaza al código AE-FO-11, versión 1 del 30/04/2022

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<p><b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b></p> <p>Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.</p> <p>Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.</p> <p>La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante</p>	<p style="text-align: center;"><b>REVISADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Luis Melgar Angeles              JEFE DE LABORATORIO              INGEOCONTROL S.A.C.         </div>	<p style="text-align: center;"><b>AUTORIZADO POR</b></p> <p>Nombre y firma:</p> <div style="text-align: center;">               Arnaldo Perez Ccoscco              CIP: 190140              Gerente Técnico         </div>

# Anexo 25 Ensayo de Exudación - Patron

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-79</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO ASTM C232 / ASTM C232M - 20</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>11-04-2021</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023 y mecánicas	Registro N°:	<b>L23-109-30</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de elaboración :	27/10/2023
Material	: Concreto Fresco	Turno :	Diurno

Código de mezcla	: PATRON
Procedencia	: Cantera Yerbabuena / Cantera Chivas

## II. TANDA PARA EXUDACIÓN

	1m <sup>3</sup> (Kg)	TANDA (40 L)
CEMENTO	383	15.32
AGUA (w)	208	8.32
AGREGADO FINO	959	38.36
AGREGADO GRUESO	788	31.52
CENIZA DE LANGOSTINO	0.00	0.00
<b>PESO DE TANDA (W)</b>		93.52

## II. DATOS DE LA MUESTRA A ENSAYAR

PESO DE MOLDE (g)	3.452
PESO DE MOLDE+CONCRETO FRESCO (g)	17045
PESO DEL CONCRETO FRESCO (g) (S)	13593
DIÁMETRO ENVASE (cm)	20.00
AREA ENVASE (cm <sup>2</sup> ) (A)	314.2
ALTURA DEL ENVASE (cm)	28.0
HORA INICIO	11:00 a.m.
T° AMBIENTE	22.5

## III. CALCULOS

HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos)	TIEMPO PARCIAL (minutos)	V1 (ml)	VOLUMEN DEL AGUA ACUMULADO (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD EXUDACIÓN (ml/cm <sup>2</sup> /minuto)
11:00:00	0	---	---	---	---	---
11:10:00	10	10	5.00	5.0	0.0159	0.00159
11:20:00	20	10	6.00	11.0	0.0191	0.00191
11:30:00	30	10	12.00	23.0	0.0382	0.00382
11:40:00	40	10	18.00	41.0	0.0573	0.00573
12:10:00	70	30	21.00	62.0	0.0668	0.00223
12:40:00	100	30	13.00	75.0	0.0414	0.00138
13:10:00	130	30	3.00	78.0	0.0095	0.00032
13:40:00	160	30	0.20	78.2	0.0006	0.00002
14:10:00	190	30	0.20	78.4	0.0006	0.00002
14:40:00	220	30	0.30	78.7	0.0010	0.00003
16:10:00	250	30	0.30	79.0	0.0010	0.00003

$$V = V_1 \div A$$

Donde :

V = Volumen de agua de exudación por unidad de superficie, en ml/cm<sup>2</sup>

V<sub>1</sub> = Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, en ml

A = Area expuesta del hormigón (concreto), en cm<sup>2</sup>

## IV. RESULTADOS

<b>D</b>	79
<b>C</b>	1209
<b>% EXUDACIÓN</b>	6.53

Donde :

$$C = (w \div W) \times S$$

$$Exudación, \% = (D \div C) \times 100$$

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g.

W = Masa total de la tanda, en Kg.

w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en Kg total de la tanda, Kg.


S = Masa de la muestra, en g.

D = Masa del agua de exudación, en cm<sup>3</sup>

INGEOCONTROL SAC

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico
--	--	--

# Anexo 26 Ensayo de Exudacion - 1.5% Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-79</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO ASTM C232 / ASTM C232M - 20</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>11-04-2021</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023 y mecánicas	Registro N°:	<b>L23-109-31</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de elaboración :	27/10/2023
Material	: Concreto Fresco	Turno :	Diurno

Código de mezcla : 1.5% DE Ceniza de Exoesqueleto de Langostino  
 Procedencia : Cantera Yerbabuena / Cantera Chivas

## II. TANDA PARA EXUDACIÓN

	1m <sup>3</sup> (Kg)	TANDA (40 L)
CEMENTO	378	15.12
AGUA (w)	208	8.32
AGREGADO FINO	958	38.32
AGREGADO GRUESO	788	31.52
CENIZA DE LANGOSTINO	5.75	0.23
<b>PESO DE TANDA (W)</b>		93.51

## II. DATOS DE LA MUESTRA A ENSAYAR

PESO DE MOLDE (g)	3.452
PESO DE MOLDE+CONCRETO FRESCO (g)	17665
PESO DEL CONCRETO FRESCO (g) ( S )	14213
DIÁMETRO ENVASE (cm)	20.00
AREA ENVASE (cm <sup>2</sup> ) ( A )	314.2
ALTURA DEL ENVASE (cm)	28.0
HORA INICIO	2:43 a.m.
T° AMBIENTE	22.5

## III. CALCULOS

HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos)	TIEMPO PARCIAL (minutos)	V1 (ml)	VOLUMEN DEL AGUA ACUMULADO (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD EXUDACIÓN (ml/cm <sup>2</sup> /minuto)
02:43:00	0	---	---	---	---	---
02:53:00	10	10	8.00	8.0	0.0255	0.00255
03:03:00	20	10	2.00	10.0	0.0064	0.00064
03:13:00	30	10	13.00	23.0	0.0414	0.00414
03:23:00	40	10	8.00	31.0	0.0255	0.00255
03:53:00	70	30	26.00	57.0	0.0828	0.00276
04:23:00	100	30	11.00	68.0	0.0350	0.00117
04:53:00	130	30	0.40	68.4	0.0013	0.00004
05:23:00	160	30	0.20	68.6	0.0006	0.00002
05:53:00	190	30	0.10	68.7	0.0003	0.00001
06:23:00	220	30	0.20	68.9	0.0006	0.00002
07:53:00	250	30	0.10	69.0	0.0003	0.00001

$$V = V_1 \div A$$

Donde :

V = Volumen de agua de exudación por unidad de superficie, en ml/cm<sup>2</sup>

V<sub>1</sub> = Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, en ml

A = Area expuesta del hormigón ( concreto ), en cm<sup>2</sup>

## IV. RESULTADOS

<b>D</b>	69
<b>C</b>	1265
<b>% EXUDACIÓN</b>	5.46

Donde :

$$C = (w \div W) \times S$$

$$Exudación, \% = (D \div C) \times 100$$

C = Masa del agua en la muestra de ensayo , en g.

W = Masa total de la tanda, en Kg.

w = Agua de mezclado neta ( la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados ), en Kg total de la tanda, Kg.

S = Masa de la muestra , en g.


D = Masa del agua de exudación , en cm<sup>3</sup>

INGEOCONTROL SAC

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico
--	--	--



# Anexo 27 . Ensayo de Exudacion - 2.5% Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-79</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO ASTM C232 / ASTM C232M - 20</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>11-04-2021</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Lima - 2023 y mecánicas	Registro N°:	<b>L23-109-32</b>
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Cliente	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de elaboración :	27/10/2023
Material	: Concreto Fresco	Turno :	Diurno

Código de mezcla	: 2.5% DE Ceniza de Exoesqueleto de Langostino
Procedencia	: Cantera Yerbabuena / Cantera Chivas

## II. TANDA PARA EXUDACIÓN

	1m <sup>3</sup> (Kg)	TANDA (40 L)
CEMENTO	382	15.28
AGUA (w)	213	8.52
AGREGADO FINO	936	37.44
AGREGADO GRUESO	788	31.52
CENIZA DE LANGOSTINO	9.80	0.39
<b>PESO DE TANDA (W)</b>		93.15

## II. DATOS DE LA MUESTRA A ENSAYAR

PESO DE MOLDE (g)	3.452
PESO DE MOLDE+CONCRETO FRESCO (g)	17080
PESO DEL CONCRETO FRESCO (g) ( S )	13628
DIÁMETRO ENVASE (cm)	20.00
AREA ENVASE (cm <sup>2</sup> ) ( A )	314.2
ALTURA DEL ENVASE (cm)	28.0
HORA INICIO	9:18 a.m.
T° AMBIENTE	22.5

## III. CALCULOS

HORA ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO (minutos)	TIEMPO PARCIAL (minutos)	V1 (ml)	VOLUMEN DEL AGUA ACUMULADO (ml)	V (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD EXUDACIÓN (ml/cm <sup>2</sup> /minuto)
09:18:00	0	---	---	---	---	---
09:28:00	10	10	3.00	3.0	0.0095	0.00095
09:38:00	20	10	6.00	9.0	0.0191	0.00191
09:48:00	30	10	5.00	14.0	0.0159	0.00159
09:58:00	40	10	5.00	19.0	0.0159	0.00159
10:28:00	70	30	14.00	33.0	0.0446	0.00149
10:58:00	100	30	12.00	45.0	0.0382	0.00127
11:28:00	130	30	4.00	49.0	0.0127	0.00042
11:58:00	160	30	0.70	49.7	0.0022	0.00007
12:28:00	190	30	0.10	49.8	0.0003	0.00001
12:58:00	220	30	0.00	49.8	0.0000	0.00000
14:28:00	250	30	0.20	50.0	0.0006	0.00002

$$V = V_1 \div A$$

Donde :

V = Volumen de agua de exudación por unidad de superficie, en ml/cm<sup>2</sup>

V<sub>1</sub> = Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, en ml

A = Area expuesta del hormigón ( concreto ), en cm<sup>2</sup>

## IV. RESULTADOS

<b>D</b>	50
<b>C</b>	1246
<b>% EXUDACIÓN</b>	4.01

Donde :

$$C = (w \div W) \times S$$

$$Exudación, \% = (D \div C) \times 100$$

C = Masa del agua en la muestra de ensayo , en g.

W = Masa total de la tanda, en Kg.

w = Agua de mezclado neta ( la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados ), en Kg total de la tanda, Kg.


S = Masa de la muestra , en g.

D = Masa del agua de exudación , en cm<sup>3</sup>

INGEOCONTROL SAC

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico
--	--	--

# Anexo28 . Ensayo de Peso especifico y Absorcion - Patron

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-78</b>
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN Y VACIOS DEL CONCRETO ENDURECIDO - ASTM C642</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 y mecánicas  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Ubicación de Proyecto** : Lima  
**Material** : Concreto Endurecido

**REGISTRO N°:** L23-109-33

**REALIZADO POR:** R. Leyva  
**REVISADO POR:** L. Melgar  
**TURNO:** Diurno

**Tipo de muestra** : Concreto Endurecido  
**Presentación** : Unidad  
**N° de Muestra** : ---  
**Progresiva** : ---

IDENTIFICACIÓN		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN
A	Masa Seca al Horno	1074.3	1117.0	1089.6
B	Masa Saturada Superficialmente Seca (S.S.S)	1094.7	1139.3	1107.0
C	Masa Saturada Superficialmente Seca Sumergida	635.7	662.0	645.4

RESULTADOS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE ABSORCIÓN DESPUES DE LA INMERSION	1.90%	2.00%	1.60%	<b>1.83%</b>
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SECA	2.341	2.340	2.360	<b>2.347</b>
3	PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S (DESPUES DE INMERSION)	2.385	2.387	2.398	<b>2.390</b>
4	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.449	2.455	2.453	<b>2.452</b>
5	% DE VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (VACIOS)	4.4%	4.7%	3.8%	<b>4.3%</b>

## INGEOCONTROL SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.

**REVISADO POR**

Nombre y firma:


  
 Luis Melgar Angeles  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGEOCONTROL S.A.C.

**AUTORIZADO POR**

Nombre y

  
 Arnaldo Pérez Ccoscco  
 CIP: 190140  
 Gerente Técnico

# Anexo 29 . Ensayo de Peso especifico y Absorción - 1.5% Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-78</b>
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN Y VACIOS DEL CONCRETO ENDURECIDO - ASTM C642</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 y mecánicas  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Ubicación de Proyecto** : Lima  
**Material** : Concreto Endurecido

**REGISTRO N°:** L23-109-34

**REALIZADO POR:** R. Leyva  
**REVISADO POR:** L. Melgar  
**TURNO:** Diurno

**Tipo de muestra** : Concreto Endurecido +1.5% de la ceniza de exoesqueleto de langostinos  
**Presentación** : Unidad  
**N° de Muestra** : ---  
**Progresiva** : ---

IDENTIFICACIÓN		1.50%	1.50%	1.50%
A	Masa Seca al Horno	1251.7	1205.5	1201.3
B	Masa Saturada Superficialmente Seca (S.S.S)	1278.7	1231.6	1226.6
C	Masa Saturada Superficialmente Seca Sumergida	739.1	715.6	711.5

RESULTADOS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE ABSORCIÓN DESPUES DE LA INMERSION	2.16%	2.17%	2.11%	2.14%
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SECA	2.320	2.336	2.332	2.329
3	PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S (DESPUES DE INMERSION)	2.370	2.387	2.381	2.379
4	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.442	2.461	2.453	2.452
5	% DE VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (VACIOS)	5.0%	5.1%	4.9%	5.0%

## INGEOCONTROL SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.

**REVISADO POR**

Nombre y firma:


  
 \_\_\_\_\_  
 Luis Melgar Angeles  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGEOCONTROL S.A.C.

**AUTORIZADO POR**

Nombre y

  
 \_\_\_\_\_  
 Arnaldo Pérez Ccoscco  
 CIP: 190140  
 Gerente Técnico

# Anexo 30 Ensayo de Peso específico y Absorción - 2.5% Ceniza de Exoesqueleto de Langostino

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-78</b>
	<b>DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN Y VACIOS DEL CONCRETO ENDURECIDO - ASTM C642</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 y mecánicas  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander  
**Ubicación de Proyecto** : Lima  
**Material** : Concreto Endurecido

**REGISTRO N°:** L23-109-35

**REALIZADO POR:** R. Leyva  
**REVISADO POR:** L. Melgar  
**TURNO:** Diurno

**Tipo de muestra** : Concreto Endurecido +2.5% de la ceniza de exoesqueleto de langostinos  
**Presentación** : Unidad  
**N° de Muestra** : ---  
**Progresiva** : ---

IDENTIFICACIÓN		2.50%	2.50%	2.50%
A	Masa Seca al Horno	981.6	1122.3	1082.3
B	Masa Saturada Superficialmente Seca (S.S.S)	1030.0	1174.1	1132.3
C	Masa Saturada Superficialmente Seca Sumergida	595.2	682.2	658.2

RESULTADOS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE ABSORCIÓN DESPUES DE LA INMERSION	4.93%	4.62%	4.62%	<b>4.72%</b>
2	PESO ESPECIFICO DE MASA SECA	2.258	2.282	2.283	<b>2.274</b>
3	PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S (DESPUES DE INMERSION)	2.369	2.387	2.388	<b>2.381</b>
4	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.540	2.550	2.552	<b>2.547</b>
5	% DE VOLUMEN DE POROS PERMEABLES (VACIOS)	11.1%	10.5%	10.5%	<b>10.7%</b>

## INGEOCONTROL SAC

**AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:**

Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.

La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.

**REVISADO POR**

Nombre y firma:


  
 \_\_\_\_\_  
 Luis Melgar Angeles  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGEOCONTROL S.A.C.

**AUTORIZADO POR**

Nombre y

  
 \_\_\_\_\_  
 Arnaldo Pérez Ccoscco  
 CIP: 190140  
 Gerente Técnico

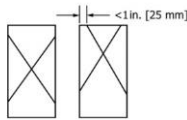
# Anexo 31 Ensayo de Resistencia a la Compresion del Concreto - 07 dias

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

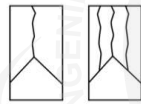
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-12</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	2/10/2023
Fecha de emisión	4/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		
Progresiva	: ---		

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-21

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
PATRON M-1	25/09/2023	2/10/2023	7	10.10	20.1	2	1.99	23001.0	287 kg/cm2	210 kg/cm2	136.7%
PATRON M-2	25/09/2023	2/10/2023	7	10.10	20.15	5	2.00	22082.0	276 kg/cm2	210 kg/cm2	131.2%
PATRON M-3	25/09/2023	2/10/2023	7	10.12	20.14	5	1.99	22220.0	276 kg/cm2	210 kg/cm2	131.5%



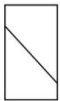
**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.88	0.83	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]		
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %
		10.6 %


Fuente: ASTM C39

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

### INGEOCONTROL SAC

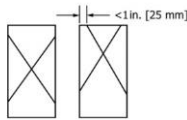
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

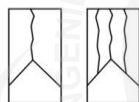
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-13</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	3/10/2023
Fecha de emisión	4/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		
Progresiva	: ---		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	7	10.11	20.1	5	1.99	20811.0	259 kg/cm2	210 kg/cm2	123.4%
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	7	10.09	20.13	5	2.00	20911.0	262 kg/cm2	210 kg/cm2	124.5%
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	7	10.10	20.1	5	1.99	20134.0	251 kg/cm2	210 kg/cm2	119.7%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %


Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

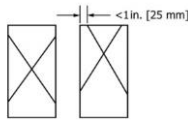
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

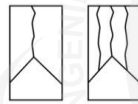
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-14</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	3/10/2023
Fecha de emisión	4/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>		
Progresiva	: ---		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	7	10.08	20.9	2	2.07	24270.0	304 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	144.8%
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	7	10.07	20.1	5	2.00	23877.0	300 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	142.8%
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	7	10.10	20.1	2	1.99	23789.0	297 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	141.4%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, conos no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation <sup>1</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39


**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

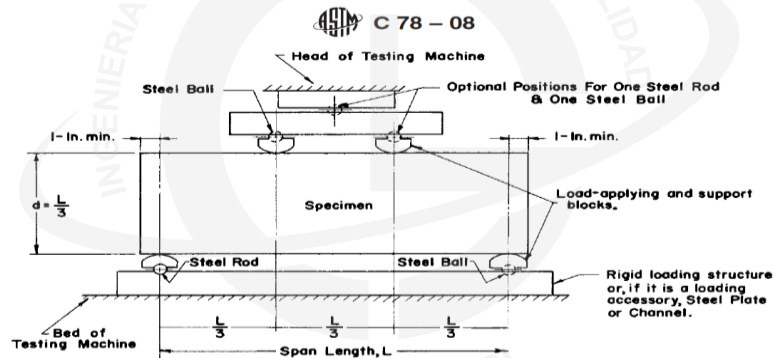
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 32. Ensayo de Resistencia a la Flexion del Concreto - 07 dias

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-15
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	3/10/2023
Fecha de emisión	: 4/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
VIGA PATRÓN	26/09/2023	3/10/2023	15.07	15.10	7	2048.0	TERCIO CENTRAL	45	27 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	3/10/2023	15.08	15.20	7	2040.0	TERCIO CENTRAL	45	27 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	3/10/2023	15.00	15.12	7	2056.0	TERCIO CENTRAL	45	27 kg/cm2




### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

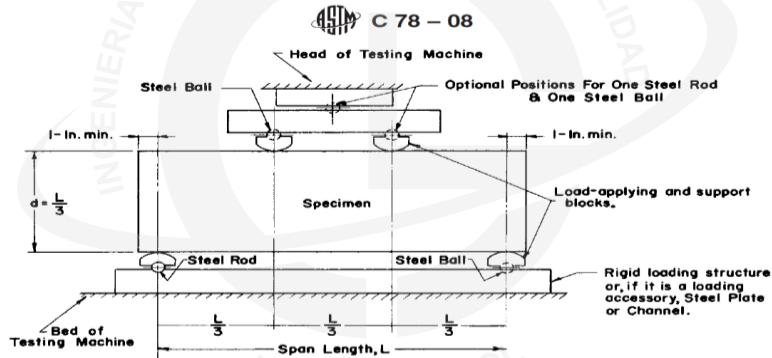


	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-16
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	3/10/2023
Fecha de emisión	: 4/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	15.05	15.10	7	1590.0	TERCIO CENTRAL	45	21 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	15.09	15.04	7	1438.0	TERCIO CENTRAL	45	19 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	15.10	15.02	7	1494.0	TERCIO CENTRAL	45	20 kg/cm2



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

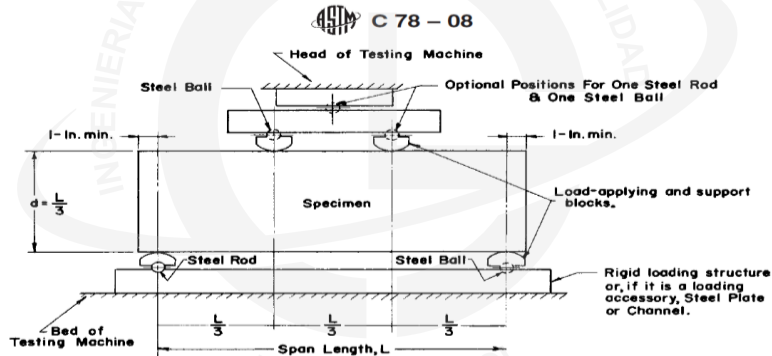
<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Ángeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-17
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	3/10/2023
Fecha de emisión	: 4/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	3/10/2023	15.04	15.09	7	1351.0	TERCIO CENTRAL	45	18 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	3/10/2023	15.08	15.08	7	1396.0	TERCIO CENTRAL	45	18 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	3/10/2023	15.07	15.06	7	1410.0	TERCIO CENTRAL	45	19 kg/cm2




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Melgar Ángeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo 33 Ensayo de Resistencia a la Compresion del Concreto - 14 dias

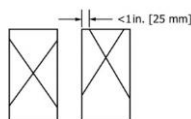
	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>		<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		<b>Versión</b>	<b>02</b>
			<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 Registro N°: **L23-109-18**  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Muestreado por : Solicitante  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Ensayado por : R. Leyva  
**Ubicación de Proyecto** : Lima Fecha de Ensayo : 9/10/2023  
**Fecha de emisión** : 12/10/2023 Turno : Diurno

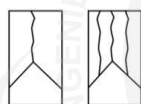
**Tipo de muestra** : Concreto endurecido  
**Presentación** : Especímenes cilíndricos 4" x 8"  
**Fc de diseño** : 210 kg/cm2  
**Progresiva** : ---

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-21

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F <sub>c</sub>	% F <sub>c</sub>
PATRON M-1	25/09/2023	9/10/2023	14	10.04	20.2	5	2.01	23624.0	298 kg/cm2	210 kg/cm2	142.1%
PATRON M-2	25/09/2023	9/10/2023	14	10.18	19.95	5	1.96	23943.0	294 kg/cm2	210 kg/cm2	140.1%
PATRON M-3	25/09/2023	9/10/2023	14	10.02	20.01	5	2.00	23248.0	295 kg/cm2	210 kg/cm2	140.4%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo

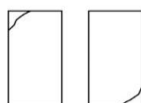


**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39



Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]		
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %
		10.6 %


Fuente: ASTM C39

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

## INGEOCONTROL SAC

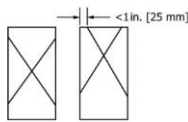
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco C/P: 190140 Gerente Técnico
	(Empty space for additional signatures or stamps)	

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

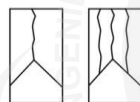
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-19</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	10/10/2023
Fecha de emisión	12/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		
Progresiva	: ---		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	14	10.12	20.11	5	1.99	25843.0	321 kg/cm2	210 kg/cm2	153.0%
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	14	10.04	20.08	5	2.00	26076.0	329 kg/cm2	210 kg/cm2	156.8%
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	14	10.03	20.07	5	2.00	25230.0	319 kg/cm2	210 kg/cm2	152.1%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo

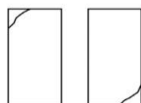


**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.97

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

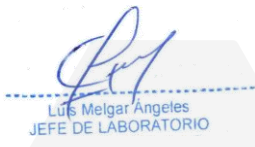

Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]		
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %


Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico
		

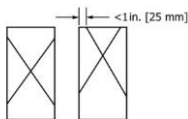
	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 Registro N°: **L23-109-20**  
 Solicitante : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Muestreado por : Solicitante  
 Cliente : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Ensayado por : R. Leyva  
 Ubicación de Proyecto : Lima Fecha de Ensayo : 10/10/2023  
 Fecha de emisión : 12/10/2023 Turno : Diurno

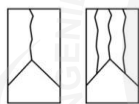
Tipo de muestra : Concreto endurecido  
 Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"  
 F'c de diseño : 210 kg/cm2  
 Progresiva : ---

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	14	10.04	20.04	5	2.00	26686.0	337 kg/cm2	210 kg/cm2	160.5%
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	14	10.05	20.03	5	1.99	26389.0	333 kg/cm2	210 kg/cm2	158.4%
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	14	10.08	20.05	5	1.99	26352.0	330 kg/cm2	210 kg/cm2	157.2%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.88	0.88	0.83	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39



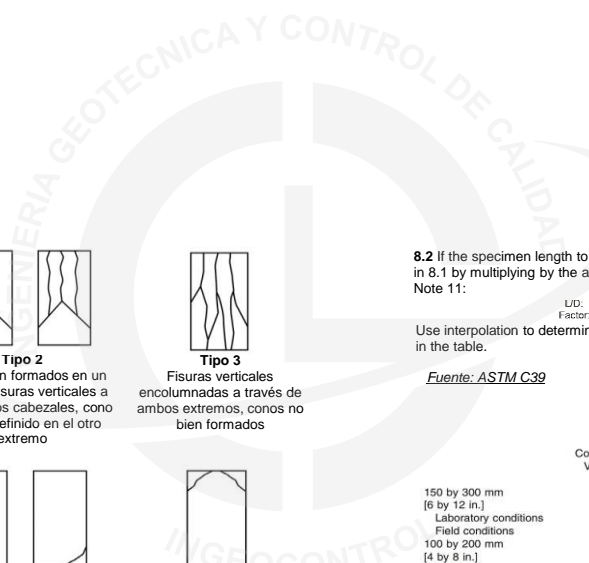
Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]		
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %
		10.6 %

Fuente: ASTM C39


**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico
		

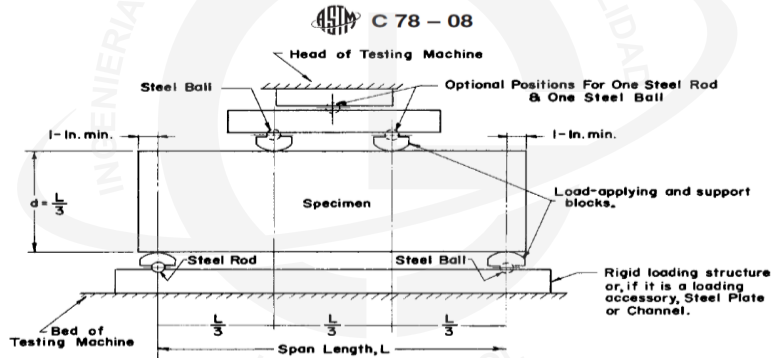
# Anexo 34 . Ensayo de Resistencia a la Flexion del Concreto - 14 dias

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-21
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	10/10/2023
Fecha de emisión	: 12/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
VIGA PATRÓN	26/09/2023	10/10/2023	15.07	15.10	14	2112.0	TERCIO CENTRAL	45	28 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	10/10/2023	15.08	15.20	14	2102.0	TERCIO CENTRAL	45	27 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	10/10/2023	15.00	15.12	14	2152.0	TERCIO CENTRAL	45	28 kg/cm2



### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

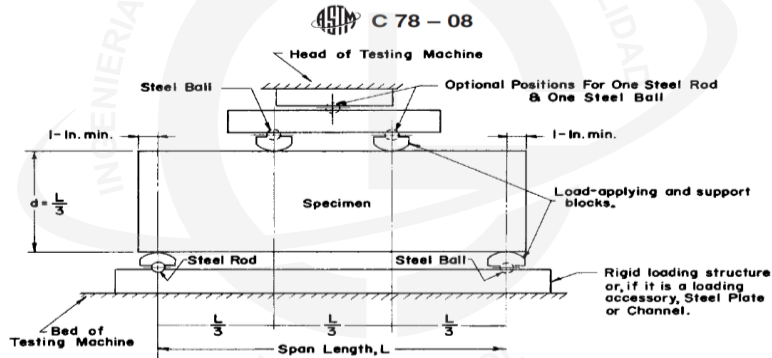
INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-22
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	10/10/2023
Fecha de emisión	: 12/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	15.01	15.06	14	2387.0	TERCIO CENTRAL	45	32 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	15.02	15.04	14	2355.0	TERCIO CENTRAL	45	31 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	15.01	15.02	14	2378.0	TERCIO CENTRAL	45	32 kg/cm2



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

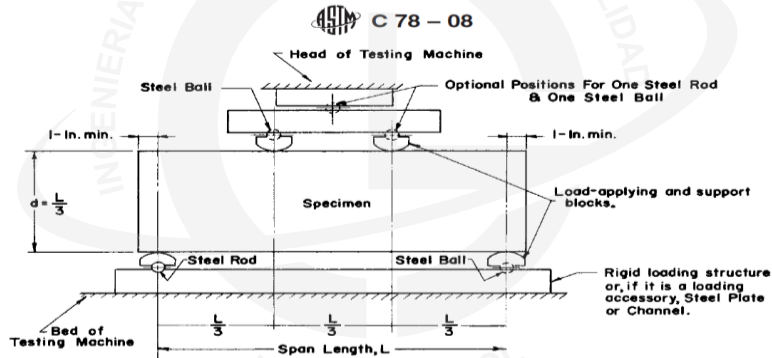
<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Ángeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-23
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	10/10/2023
Fecha de emisión	: 12/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	10/10/2023	15.03	15.08	14	2425.0	TERCIO CENTRAL	45	32 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	10/10/2023	15.03	15.05	14	2452.0	TERCIO CENTRAL	45	32 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	10/10/2023	15.02	15.07	14	2444.0	TERCIO CENTRAL	45	32 kg/cm2




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico



# Anexo 35 Ensayo de Resistencia a la Compresion del Concreto - 28 dias

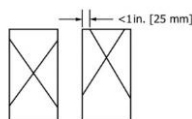
	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-CO08</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

**Proyecto** : Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023 Registro N°: **L23-109-24**  
**Solicitante** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Muestreado por : Solicitante  
**Cliente** : Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander Ensayado por : R. Leyva  
**Ubicación de Proyecto** : Lima Fecha de Ensayo : 23/10/2023  
**Fecha de emisión** : 26/10/2023 Turno : Diurno

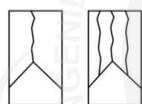
**Tipo de muestra** : Concreto endurecido  
**Presentación** : Especímenes cilíndricos 4" x 8"  
**F'c de diseño** : 210 kg/cm2  
**Progresiva** : ---

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-21

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
PATRON M-1	25/09/2023	23/10/2023	28	10.02	20.12	5	2.01	27624.0	350 kg/cm2	210 kg/cm2	166.8%
PATRON M-2	25/09/2023	23/10/2023	28	10.11	20.04	5	1.98	25946.0	323 kg/cm2	210 kg/cm2	153.9%
PATRON M-3	25/09/2023	23/10/2023	28	10.06	20.07	5	2.00	27424.0	345 kg/cm2	210 kg/cm2	164.3%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39


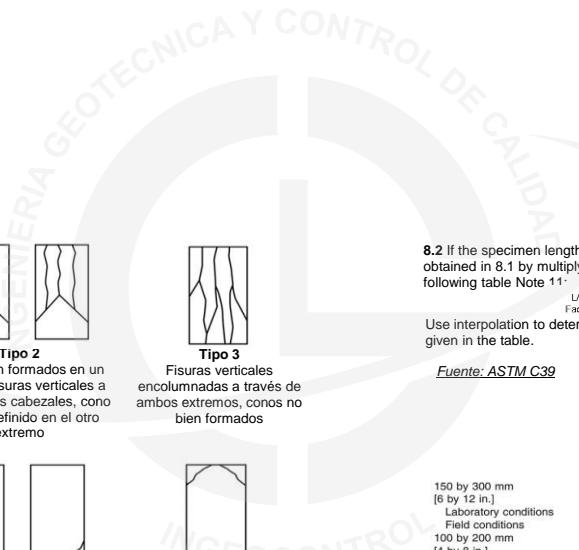
	Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %


Fuente: ASTM C39

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

### INGEOCONTROL SAC

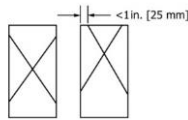
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Coscco CIP: 190140 Gerente Técnico
		

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

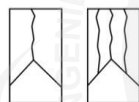
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-25</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	24/10/2023
Fecha de emisión	26/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		
Progresiva	: ---		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	28	10.15	20.14	3	1.98	28696.0	355 kg/cm2	210 kg/cm2	168.9%
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	28	10.03	20.06	3	2.00	28304.0	358 kg/cm2	210 kg/cm2	170.6%
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	28	10.08	20.09	5	1.99	28062.0	352 kg/cm2	210 kg/cm2	167.5%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, cono no bien definido en el otro extremo

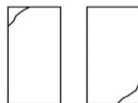


**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.99	0.96	0.93	0.97

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %


Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

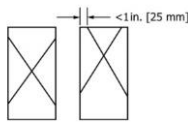
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>
	Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>REPORTE DE ENSAYO</b>	<b>Código</b>	<b>INGEO-LAB-F-C008</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>	<b>Versión</b>	<b>02</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/10/2022</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

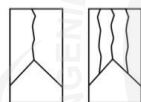
Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	<b>L23-109-26</b>
Solicitante	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Lima	Fecha de Ensayo :	24/10/2023
Fecha de emisión	26/10/2023	Turno :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		
Progresiva	: ---		

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-21**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	F'c	% F'c
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	28	10.02	20.08	3	2.00	29330.0	372 kg/cm2	210 kg/cm2	177.1%
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	28	10.06	20.13	5	2.00	29114.0	366 kg/cm2	210 kg/cm2	174.4%
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	28	10.09	20.15	3	2.00	30502.0	381 kg/cm2	210 kg/cm2	181.7%



**Tipo 1**  
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



**Tipo 2**  
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo



**Tipo 3**  
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



**Tipo 4**  
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1

Fuente: ASTM C39



**Tipo 5**  
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



**Tipo 6**  
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths 2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39


**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el Solicitante.
  - \* En caso que las muestras no cumplan con la relación altura / diámetro, se utilizara el factor de corrección de esfuerzo
- El presente documento reemplaza al doc. AE-FO-101, ver. 1, del 19/04/2020

**INGEOCONTROL SAC**

<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad.  Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA.  La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

# Anexo36 . Ensayo de Resistencia a la Flexion del Concreto - 28 dias

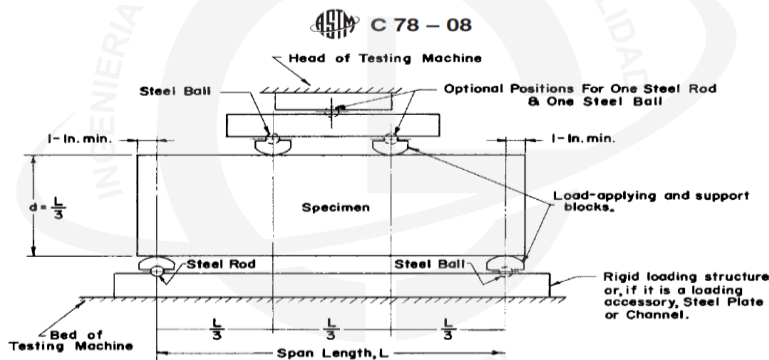
	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-27
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	24/10/2023
Fecha de emisión	: 26/10/2023		

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
 Presentación : Viga  
 Fc de diseño : 210 kg/cm2

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
VIGA PATRÓN	26/09/2023	24/10/2023	15.02	15.11	28	2925.0	TERCIO CENTRAL	45	39 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	24/10/2023	15.09	15.18	28	2968.0	TERCIO CENTRAL	45	39 kg/cm2
VIGA PATRÓN	26/09/2023	24/10/2023	15.14	15.14	28	2937.0	TERCIO CENTRAL	45	38 kg/cm2



### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

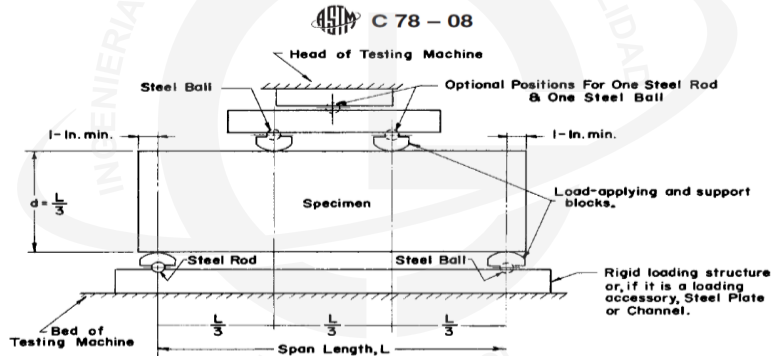
INGEOCONTROL SAC		
AVISO DE CONFIDENCIALIDAD: Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Melgar Angeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Perez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-28
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	24/10/2023
Fecha de emisión	: 26/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 1.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	15.05	15.08	28	3198.0	TERCIO CENTRAL	45	42 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	15.03	15.05	28	3125.0	TERCIO CENTRAL	45	41 kg/cm2
LANGOSTINO AL 1.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	15.06	15.07	28	3162.0	TERCIO CENTRAL	45	42 kg/cm2



#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

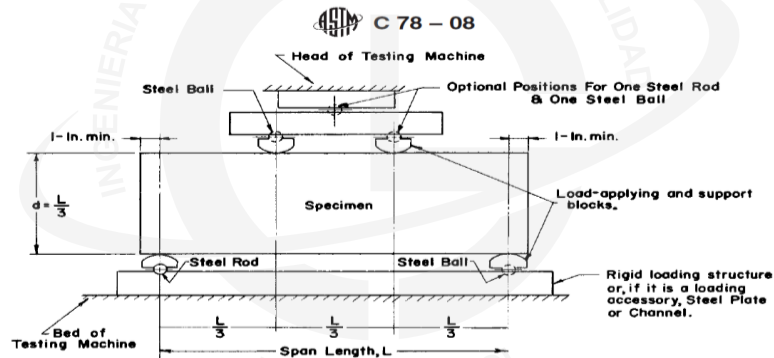
<b>INGEOCONTROL SAC</b>		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	<b>REVISADO POR</b>  Nombre y firma:   Luis Melgar Ángeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b>  Nombre y firma:   Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico

	<b>INFORME</b>	Código	INGEO-LAB-F-C002
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO ASTM C78</b>	Versión	02
		Fecha	26/09/2022
		Página	1 de 1

Proyecto	: Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima - 2023	Registro N°:	L23-109-29
Solicitante	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Realizado por :	R. Leyva
Atención	: Arana Calderón, Christian Dennis / Maza Huaman, Robert Alexander	Revisado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima 2023.	Fecha de Ensayo :	24/10/2023
Fecha de emisión	: 26/10/2023		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Viga		
Fc de diseño	: 210 kg/cm2		

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	ANCHO (cm)	EDAD (días)	FUERZA MÁXIMA (kg)	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE FALLA
LANGOSTINO AL 2.5% M-1	26/09/2023	24/10/2023	15.06	15.07	28	2950.0	TERCIO CENTRAL	45	39 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-2	26/09/2023	24/10/2023	15.04	15.05	28	2933.0	TERCIO CENTRAL	45	39 kg/cm2
LANGOSTINO AL 2.5% M-3	26/09/2023	24/10/2023	15.08	15.02	28	2961.0	TERCIO CENTRAL	45	39 kg/cm2



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
<b>AVISO DE CONFIDENCIALIDAD:</b> Este documento no tiene validez sin firma y sello del Jefe de Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-INGEOCONTROL) y Jefe de Aseguramiento de la Calidad. Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, toda copia y distribución del mismo fuera de nuestra organización, será considerada como COPIA NO CONTROLADA. La interpretación y uso de los resultados emitidos queda a entera responsabilidad del usuario solicitante.	REVISADO POR	AUTORIZADO POR
	Nombre y firma:  Luis Melgar Ángeles JEFE DE LABORATORIO INGEOCONTROL S.A.C.	Nombre y firma:  Arnaldo Pérez Ccoscco CIP: 190140 Gerente Técnico



## Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C29/C29M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers the determination of bulk density (“unit weight”) of aggregate in a compacted or loose condition, and calculated voids between particles in fine, coarse, or mixed aggregates based on the same determination. This test method is applicable to aggregates not exceeding 125 mm [5 in.] in nominal maximum size.

NOTE 1—Unit weight is the traditional terminology used to describe the property determined by this test method, which is weight per unit volume (more correctly, mass per unit volume or density).

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard, as appropriate for a specification with which this test method is used. An exception is with regard to sieve sizes and nominal size of aggregate, in which the SI values are the standard as stated in Specification E11. Within the text, inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved April 1, 2017. Published June 2017. Originally approved in 1920. Last previous edition approved in 2017 as C29/C29M – 17. DOI: 10.1520/C0029\_C0029M-17a.

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>2</sup>

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C127 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

C128 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702/C702M Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

D75/D75M Practice for Sampling Aggregates

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

#### 2.2 AASHTO Standard:

T19/T19M Method of Test for Unit Weight and Voids in Aggregate<sup>3</sup>

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—The terms used in this test method are defined in Terminology C125.

#### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *voids, n—in unit volume of aggregate*, the space between particles in an aggregate mass not occupied by solid mineral matter.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard’s Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, http://www.transportation.org.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

3.2.1.1 *Discussion*—Voids within particles, either permeable or impermeable, are not included in voids as determined by this test method.

#### 4. Significance and Use

4.1 This test method is often used to determine bulk density values that are necessary for use for many methods of selecting proportions for concrete mixtures.

4.2 The bulk density also may be used for determining mass/volume relationships for conversions in purchase agreements. However, the relationship between degree of compaction of aggregates in a hauling unit or stockpile and that achieved in this test method is unknown. Further, aggregates in hauling units and stockpiles usually contain absorbed and surface moisture (the latter affecting bulking), while this test method determines the bulk density on a dry basis.

4.3 A procedure is included for computing the percentage of voids between the aggregate particles based on the bulk density determined by this test method.

#### 5. Apparatus

5.1 *Balance*—A balance or scale accurate to within 0.05 kg [0.1 lb] or to within 0.1% of the test load, whichever is greater, at any point within the range of use. The range of use shall be considered to extend from the mass of the measure empty to the mass of the measure plus its contents at 1920 kg/m<sup>3</sup> [120 lb/ft<sup>3</sup>].

5.2 *Tamping Rod*—A round, plain steel rod with a diameter of 16 ± 2 mm [ $\frac{5}{8}$  ±  $\frac{1}{16}$  in.]. The length of the tamping rod shall be at least 100 mm [4 in.] greater than the depth of the measure or mold in which rodding is being performed, but not greater than 750 mm [30 in.] in overall length (see **Note 2**). The rod shall have the tamping end, or both ends, rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod. The rod shall be straight over its length to a tolerance of 0.5 % of its length.

5.3 *Measure*—A cylindrical container made of steel or other suitable metal that complies with the requirements of this section, preferably provided with handles. The measure shall be watertight and sufficiently rigid to retain its form under rough usage. The measure shall have a height at least 80 % and not more than 150 % of the diameter. The capacity of the measure shall conform to the limits in **Table 1** for the aggregate size to be tested. The thickness of metal in the measure shall be as described in **Table 2**. The top rim shall be smooth and plane

**TABLE 1 Capacity of Measures**

Nominal Maximum Size of Aggregate		Capacity of Measure <sup>A</sup>	
mm	in.	m <sup>3</sup> [L]	ft <sup>3</sup>
12.5	$\frac{1}{2}$	0.0028[2.8]	$\frac{1}{10}$
25.0	1	0.0093 [9.3]	$\frac{1}{3}$
37.5	$1\frac{1}{2}$	0.014 [14]	$\frac{1}{2}$
75	3	0.028 [28]	1
100	4	0.070 [70]	$2\frac{1}{2}$
125	5	0.100 [100]	$3\frac{1}{2}$

<sup>A</sup> The indicated size of measure shall be used to test aggregates of a nominal maximum size equal to or smaller than that listed. The actual volume of the measure shall be at least 95 % of the nominal volume listed.

**TABLE 2 Requirements for Measures**

Units	Capacity of Measure	Thickness of Metal, min		
		Bottom	Upper 38 mm or 1½ in. of wall <sup>A</sup>	Remainder of wall
SI	Less than 11 L	5.0 mm	2.5 mm	2.5 mm
	11 to 42 L, incl	5.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
	over 42 to 80 L, incl	10.0 mm	6.4 mm	3.8 mm
	over 80 to 133 L, incl	13.0 mm	7.6 mm	5.0 mm
Inch-pound	Less than 0.4 ft <sup>3</sup>	0.20 in.	0.10 in.	0.10 in.
	0.4 ft <sup>3</sup> to 1.5 ft <sup>3</sup> , incl	0.20 in.	0.20 in.	0.12 in.
	over 1.5 to 2.8 ft <sup>3</sup> , incl	0.40 in.	0.25 in.	0.15 in.
	over 2.8 to 4.0 ft <sup>3</sup> , incl	0.50 in.	0.30 in.	0.20 in.

<sup>A</sup> The added thickness in the upper portion of the wall may be obtained by placing a reinforcing band around the top of the measure.

within 0.3 mm [0.01 in.] and shall be parallel to the bottom within 0.5° (see **Note 2**). The interior wall of the measure shall be a smooth and continuous surface.

**NOTE 2**—The top rim is satisfactorily plane if a 0.3-mm [0.01-in.] feeler gage cannot be inserted between the rim and a piece of 6-mm [ $\frac{1}{4}$ -in.] or thicker plate glass laid over the measure. The top and bottom are satisfactorily parallel if the slope between pieces of plate glass in contact with the top and bottom does not exceed 0.87 % in any direction.

5.3.1 Measures larger than nominal 28 L [1 ft<sup>3</sup>] capacity shall be made of steel.

5.4 *Shovel or Scoop*—A shovel or scoop of convenient size for filling the measure with aggregate.

##### 5.5 Equipment for Measuring Volume of Measure:

5.5.1 *Plate Glass*—A piece of plate glass, at least 6 mm [ $\frac{1}{4}$  in.] thick and at least 25 mm [1 in.] larger than the diameter of the measure to be calibrated.

5.5.2 *Grease*—A supply of water-pump, chassis, or similar grease.

5.5.3 *Thermometer*—A thermometer having a range of at least 10 to 32 °C [50 to 90 °F] and that is readable to at least 0.5 °C [1 °F].

5.5.4 *Balance*—A balance as described in 5.1.

#### 6. Sampling

6.1 Obtain the sample in accordance with Practice **D75/D75M**, and reduce to test sample size in accordance with Practice **C702/C702M**.

#### 7. Test Sample

7.1 The size of the test sample shall be between 125 and 200 % of the quantity required to fill the measure, and shall be handled in a manner to avoid segregation.

7.2 Dry the aggregate sample to constant mass in an oven at 110 ± 5 °C [230 ± 10 °F]. The sample is considered to be at constant mass when the difference in mass between two consecutive weighings taken one hour apart is less than 0.1% of the last weighing.

**NOTE 3**—Alternative means of drying are sometimes chosen for quick determinations where rapid results are desired or if an oven is not available. Alternative drying methods should not cause fracturing of particles or chemical breakdown of the aggregate. Use of alternative drying methods does not conform with this test method.



## 8. Determination of Volume of Measure

8.1 Determine the volume of the measure upon initial use and subsequently at a frequency not to exceed twelve months, or whenever there is reason to question the accuracy of the volumetric capacity of the measure. If required, retain a record of volume determination in accordance with Practice C1077.

8.2 Determine the mass of the plate glass and measure the nearest 0.05 kg [0.1 lb].

8.3 Place a thin layer of grease on the rim of the measure to prevent leakage of water from the measure.

8.4 Fill the measure with water that is at room temperature and cover with the plate glass in such a way as to eliminate bubbles and excess water. Remove any water that may have overflowed onto the measure or plate glass.

8.5 Determine the mass of the water, plate glass, and measure to the nearest 0.05 kg [0.1 lb].

8.6 Measure the temperature of the water to the nearest 0.5 °C [1 °F] and determine its density from Table 3, interpolating if necessary.

**TABLE 3 Density of Water**

Temperature		kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>
°C	°F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23.0	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

8.7 Calculate the volume,  $V$ , of the measure. Alternatively, calculate the factor,  $F$ , for the measure.

NOTE 4—For the calculation of bulk density, the volume of the measure in SI units should be expressed in cubic metres, or the factor as  $1/m^3$ . However, for convenience the size of the measure may be expressed in litres.

## 9. Procedure

9.1 Determine and record the mass of the empty measure to the nearest 0.05 kg [0.1 lb].

9.2 To determine the compacted bulk density of aggregates having a nominal maximum size of 37.5 mm [1½ in.] or less, consolidate the sample in the measure using *Method A—Rodding*; use *Method B—Jigging* for aggregates having a nominal maximum size greater than 37.5 mm [1½ in.] and not exceeding 125 mm [5 in.]. To determine the loose bulk density of the aggregate, when stipulated, fill the measure by *Method C—Shoveling*.

### 9.2.1 Method A—Rodding:

9.2.1.1 Fill the measure one-third full and level the surface with the fingers. Rod the layer of aggregate with 25 strokes of the tamping rod evenly distributed over the surface. Fill the measure two-thirds full and again level and rod as above. Finally, fill the measure to overflowing and rod again in the manner previously mentioned. Level the surface of the aggregate

with the fingers or a straightedge in such a way that any slight projections of the larger pieces of the coarse aggregate approximately balance the larger voids in the surface below the top of the measure.

9.2.1.2 In rodding the first layer, do not allow the rod to strike the bottom of the measure forcibly. In rodding the second and third layers, use vigorous effort, but not more force than to cause the tamping rod to penetrate to the previous layer of aggregate.

NOTE 5—In rodding the larger sizes of coarse aggregate, it may not be possible to penetrate the layer being consolidated, especially with angular aggregates. The intent of the procedure will be accomplished if vigorous effort is used.

### 9.2.2 Method B—Jigging:

9.2.2.1 Fill the measure in three approximately equal layers as described in 9.2.1.1, compacting each layer by placing the measure on a firm base, such as a cement-concrete floor, raising the opposite sides alternately about 50 mm [2 in.], and allowing the measure to drop in such a manner as to hit with a sharp, slapping blow. The aggregate particles, by this procedure, will arrange themselves in a densely compacted condition. Compact each layer by dropping the measure 50 times in the manner described, 25 times on each side. Level the surface of the aggregate with the fingers or a straightedge in such a way that any slight projections of the larger pieces of the coarse aggregate approximately balance the larger voids in the surface below the top of the measure.

### 9.2.3 Method C—Shoveling:

9.2.3.1 Fill the measure to overflowing by means of a shovel or scoop, discharging the aggregate from a height not to exceed 50 mm [2 in.] above the top of the measure. Exercise care to prevent, so far as possible, segregation of the particle sizes of which the sample is composed. Level the surface of the aggregate with the fingers or a straightedge in such a way that any slight projections of the larger pieces of the coarse aggregate approximately balance the larger voids in the surface below the top of the measure.

9.3 Determine and record the mass of the measure plus its contents to the nearest 0.05 kg [0.1 lb].

## 10. Calculation

10.1 *Bulk Density*—Calculate the bulk density as follows:

$$M = (G - T)/V \quad (1)$$

or

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

where:

- $M$  = bulk density of the aggregate, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>],
- $G$  = mass of the aggregate plus the measure, kg [lb],
- $T$  = mass of the measure, kg [lb],
- $V$  = volume of the measure, m<sup>3</sup> [ft<sup>3</sup>], and
- $F$  = factor for measure, m<sup>-3</sup> [ft<sup>-3</sup>].

10.1.1 The bulk density determined by this test method is for aggregate in an oven-dry condition. If the bulk density in terms of saturated-surface-dry (SSD) condition is desired, use the exact procedure in this test method, and then calculate the SSD bulk density using the following formula:

$$M_{SSD} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

where:

$M_{SSD}$  = bulk density in SSD condition, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>], and  
 $A$  = % absorption, determined in accordance with Test Method C127 or Test Method C128.

10.2 *Void Content*—Calculate the void content in the aggregate using the bulk density determined by either the rodding, jiggling, or shoveling procedure, as follows:

$$\% \text{ Voids} = 100[(S \times W) - M]/(S \times W) \quad (4)$$

where:

$M$  = bulk density of the aggregate, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>],  
 $S$  = bulk specific gravity (dry basis) as determined in accordance with Test Method C127 or Test Method C128, and  
 $W$  = density of water, 998 kg/m<sup>3</sup> [62.3 lb/ft<sup>3</sup>].

10.3 *Volume of Measure*—Calculate the volume of a measure as follows:

$$V = (W - M)/D \quad (5)$$

$$F = D/(W - M) \quad (6)$$

where:

$V$  = volume of the measure, m<sup>3</sup> [ft<sup>3</sup>]  
 $W$  = mass of the water, plate glass, and measure, kg [lb]  
 $M$  = mass of the plate glass and measure, kg [lb]  
 $D$  = density of the water for the measured temperature, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>], and  
 $F$  = factor for the measure, 1/m<sup>3</sup> [1/ft<sup>3</sup>]

## 11. Report

11.1 Report the results for the bulk density to the nearest 10 kg/m<sup>3</sup> [1 lb/ft<sup>3</sup>] as follows:

- 11.1.1 Bulk density consolidated by *Method A—Rodding*, or
- 11.1.2 Bulk density consolidated by *Method B—Jiggling*, or
- 11.1.3 Loose bulk density by *Method C—Shoveling*.

11.2 Report the results for the void content to the nearest 1 % as follows:

- 11.2.1 Voids in aggregate consolidated by *Method A—Rodding*, %, or
- 11.2.2 Voids in aggregate consolidated by *Method B—Jiggling*, %, or
- 11.2.3 Voids in loose aggregate by *Method C—Shoveling*, %.

## 12. Precision and Bias

12.1 The following estimates of precision for this test method are based on results from the AASHTO Materials Reference Laboratory (AMRL) Proficiency Sample Program, with testing conducted using this test method and AASHTO Method T 19/T19M. There are no significant differences be-

tween the two test methods. The data are based on the analyses of more than 100 paired test results from 40 to 100 laboratories.

### 12.2 Coarse Aggregate (bulk density):

12.2.1 *Single-Operator Precision*—The single-operator standard deviation has been found to be 14 kg/m<sup>3</sup> [0.88 lb/ft<sup>3</sup>] (1s). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on similar material should not differ by more than 40 kg/m<sup>3</sup> [2.5 lb/ft<sup>3</sup>] (d2s).

12.2.2 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation has been found to be 30 kg/m<sup>3</sup> [1.87 lb/ft<sup>3</sup>] (1s). Therefore, results of two properly conducted tests from two different laboratories on similar material should not differ by more than 85 kg/m<sup>3</sup> [5.3 lb/ft<sup>3</sup>] (d2s).

12.2.3 These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of AMRL proficiency sample data for bulk density by rodding of normal weight aggregates having a nominal maximum aggregate size of 25.0 mm [1 in.], and using a 14-L [½-ft<sup>3</sup>] measure.

### 12.3 Fine Aggregate (bulk density):

12.3.1 *Single-Operator Precision*—The single-operator standard deviation has been found to be 14 kg/m<sup>3</sup> [0.88 lb/ft<sup>3</sup>] (1s). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on similar material should not differ by more than 40 kg/m<sup>3</sup> [2.5 lb/ft<sup>3</sup>] (d2s).

12.3.2 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation has been found to be 44 kg/m<sup>3</sup> [2.76 lb/ft<sup>3</sup>] (1s). Therefore, results of two properly conducted tests from two different laboratories on similar material should not differ by more than 125 kg/m<sup>3</sup> [7.8 lb/ft<sup>3</sup>] (d2s).

12.3.3 These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of AMRL proficiency sample data for loose bulk density from laboratories using a 2.8-L [¼-ft<sup>3</sup>] measure.

12.4 No precision data on void content are available. However, as the void content in aggregate is calculated from bulk density and bulk specific gravity, the precision of the voids content reflects the precision of these measured parameters given in 12.2 and 12.3 of this test method and in Test Methods C127 and C128.

12.5 *Bias*—The procedure in this test method for measuring bulk density and void content has no bias because the values for bulk density and void content can be defined only in terms of a test method.

## 13. Keywords

13.1 aggregates; bulk density; coarse aggregate; density; fine aggregate; unit weight; voids in aggregates

**SUMMARY OF CHANGES**

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C29/C29M – 17, that may impact the use of this test method. (Approved April 1, 2017.)

- (1) Revised 7.1.
- (2) Added 7.2 and Note 3 (renumbered subsequent Notes accordingly).
- (3) Consolidated previous Sections 9, 10, 11, and 12. Revised 9, 10, and 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C29/C29M – 16, that may impact the use of this test method. (Approved Jan. 1, 2017.)

- (1) Revised 5.1 – 5.3.
- (2) Deleted 5.3.1 and renumbered subsequent section.
- (3) Revised 8.1.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>*



Designation: C127 – 15

## Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C127; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of relative density (specific gravity) and the absorption of coarse aggregates. The relative density (specific gravity), a dimensionless quantity, is expressed as oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or as apparent relative density (apparent specific gravity). The OD relative density is determined after drying the aggregate. The SSD relative density and absorption are determined after soaking the aggregate in water for a prescribed duration.

1.2 This test method is not intended to be used with lightweight aggregates that comply with Specification C332 Group I aggregates.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 The text of this test method references notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this test method.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

C29/C29M Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Jan. 1, 2015. Published March 2015. Originally approved in 1936. Last previous edition approved in 2012 as C127–12. DOI: 10.1520/C0127-15.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard’s Document Summary page on the ASTM website.

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C128 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

C136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

C330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

C332 Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

C566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

D75 Practice for Sampling Aggregates

D448 Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

2.2 *AASHTO Standard:*

AASHTO T 85 Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate<sup>3</sup>

### 3. Terminology

3.1 For definition of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

### 4. Summary of Test Method

4.1 A sample of aggregate is immersed in water for  $24 \pm 4$  h to essentially fill the pores. It is then removed from the water, the water dried from the surface of the particles, and the mass determined. Subsequently, the volume of the sample is determined by the displacement of water method. Finally, the sample is oven-dried and the mass determined. Using the mass

<sup>3</sup> Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, http://www.transportation.org.

values thus obtained and formulas in this test method, it is possible to calculate relative density (specific gravity) and absorption.

## 5. Significance and Use

5.1 Relative density (specific gravity) is the ratio of mass of an aggregate to the mass of a volume of water equal to the volume of the aggregate particles – also referred to as the absolute volume of the aggregate. It is also expressed as the ratio of the density of the aggregate particles to the density of water. Distinction is made between the density of aggregate particles and the bulk density of aggregates as determined by Test Method **C29/C29M**, which includes the volume of voids between the particles of aggregates.

5.2 Relative density is used to calculate the volume occupied by the aggregate in various mixtures containing aggregate, including hydraulic cement concrete, bituminous concrete, and other mixtures that are proportioned or analyzed on an absolute volume basis. Relative density (specific gravity) is also used in the computation of voids in aggregate in Test Method **C29/C29M**. Relative density (specific gravity) (SSD) is used if the aggregate is in a saturated-surface-dry condition, that is, if its absorption has been satisfied. Alternatively, the relative density (specific gravity) (OD) is used for computations when the aggregate is dry or assumed to be dry.

5.3 Apparent relative density (specific gravity) pertain to the solid material making up the constituent particles not including the pore space within the particles that is accessible to water.

5.4 Absorption values are used to calculate the change in the mass of an aggregate due to water absorbed in the pore spaces within the constituent particles, compared to the dry condition, when it is deemed that the aggregate has been in contact with water long enough to satisfy most of the absorption potential. The laboratory standard for absorption is that obtained after submerging dry aggregate for a prescribed period of time. Aggregates mined from below the water table commonly have a moisture content greater than the absorption determined by this test method, if used without opportunity to dry prior to use. Conversely, some aggregates that have not been continuously maintained in a moist condition until used are likely to contain an amount of absorbed moisture less than the 24-h soaked condition. For an aggregate that has been in contact with water and that has free moisture on the particle surfaces, the percentage of free moisture is determined by deducting the absorption from the total moisture content determined by Test Method **C566**.

5.5 The general procedures described in this test method are suitable for determining the absorption of aggregates that have had conditioning other than the 24-h soak, such as boiling water or vacuum saturation. The values obtained for absorption by other test methods will be different than the values obtained by the prescribed soaking, as will the relative density (specific gravity) (SSD).

## 6. Apparatus

6.1 *Balance*—A device for determining mass that is sensitive, readable, and accurate to 0.05 % of the sample mass

at any point within the range used for this test, or 0.5 g, whichever is greater. The balance shall be equipped with suitable apparatus for suspending the sample container in water from the center of the platform or pan of the balance.

6.2 *Sample Container*—A wire basket of 3.35 mm (No. 6) or finer mesh, or a bucket of approximately equal breadth and height, with a capacity of 4 to 7 L for 37.5-mm (1½-in.) nominal maximum size aggregate or smaller, and a larger container as needed for testing larger maximum size aggregate. The container shall be constructed so as to prevent trapping air when the container is submerged.

6.3 *Water Tank*—A watertight tank into which the sample container is placed while suspended below the balance.

6.4 *Sieves*—A 4.75-mm (No. 4) sieve or other sizes as needed (see 7.2 – 7.4), conforming to Specification **E11**.

6.5 *Oven*—An oven of sufficient size, capable of maintaining a uniform temperature of 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

## 7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice **D75**.

7.2 Thoroughly mix the sample of aggregate and reduce it to the approximate quantity needed using the applicable procedures in Practice **C702**. Reject all material passing a 4.75-mm (No. 4) sieve by dry sieving and thoroughly washing to remove dust or other coatings from the surface. If the coarse aggregate contains a substantial quantity of material finer than the 4.75-mm sieve (such as for Size No. 8 and 9 aggregates in Classification **D448**), use the 2.36-mm (No. 8) sieve in place of the 4.75-mm sieve. Alternatively, separate the material finer than the 4.75-mm sieve and test the finer material according to Test Method **C128**.

NOTE 1—If aggregates smaller than 4.75 mm (No. 4) are used in the sample, check to ensure that the size of the openings in the sample container is smaller than the minimum size aggregate.

7.3 The minimum mass of test sample to be used is given as follows. Testing the coarse aggregate in several size fractions is permitted. If the sample contains more than 15 % retained on the 37.5-mm (1½-in.) sieve, test the material larger than 37.5 mm in one or more size fractions separately from the smaller size fractions. When an aggregate is tested in separate size fractions, the minimum mass of test sample for each fraction shall be the difference between the masses prescribed for the maximum and minimum sizes of the fraction.

Nominal Maximum Size, mm (in.)	Minimum Mass of Test Sample, kg (lb)
12.5 (½) or less	2 (4.4)
19.0 (¾)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

7.4 If the sample is tested in two or more size fractions, determine the grading of the sample in accordance with Test Method **C136**, including the sieves used for separating the size fractions for the determinations in this method. In calculating

the percentage of material in each size fraction, ignore the quantity of material finer than the 4.75-mm (No. 4) sieve (or 2.36-mm (No. 8) sieve when that sieve is used in accordance with 7.2).

NOTE 2—When testing coarse aggregate of large nominal maximum size requiring large test samples, it may be more convenient to perform the test on two or more subsamples, and the values obtained combined for the computations described in Section 9.

## 8. Procedure

8.1 Dry the test sample in the oven to constant mass at a temperature of  $110 \pm 5$  °C, cool in air at room temperature for 1 to 3 h for test samples of 37.5-mm (1½-in.) nominal maximum size, or longer for larger sizes until the aggregate has cooled to a temperature that is comfortable to handle (approximately 50 °C). Subsequently immerse the aggregate in water at room temperature for a period of  $24 \pm 4$  h. When Specification C330 or Specification C332 Group II lightweight aggregates are used, immerse the aggregate in water at room temperature for a period of  $72 \pm 4$  h, stirring for at least one minute every 24 h.

8.2 When the absorption and relative density (specific gravity) values are to be used in proportioning concrete mixtures in which the aggregates will be in their naturally moist condition, the requirement in 8.1 for initial drying is optional, and, if the surfaces of the particles in the sample have been kept continuously wet until tested, the requirement in 8.1 for  $24 \pm 4$  h or  $72 \pm 4$  h soaking is also optional.

NOTE 3—Values for absorption and relative density (specific gravity) (SSD) may be significantly higher for aggregate not oven dried before soaking than for the same aggregate treated in accordance with 8.1. This is especially true of particles larger than 75 mm since the water may not be able to penetrate the pores to the center of the particle in the prescribed soaking period.

8.3 Remove the test sample from the water and roll it in a large absorbent cloth until all visible films of water are removed. Wipe the larger particles individually. A moving stream of air is permitted to assist in the drying operation. Take care to avoid evaporation of water from aggregate pores during the surface-drying operation. Determine the mass of the test sample in the saturated surface-dry condition. Record this and all subsequent masses to the nearest 0.5 g or 0.05 % of the sample mass, whichever is greater.

8.4 After determining the mass in air, immediately place the saturated-surface-dry test sample in the sample container and determine its apparent mass in water at  $23 \pm 2.0$  °C. Take care to remove all entrapped air before determining its mass by shaking the container while immersed.

NOTE 4—The difference between the mass in air and the mass when the sample is submerged in water equals the mass of water displaced by the sample.

NOTE 5—The container should be immersed to a depth sufficient to cover it and the test sample while determining the apparent mass in water. Wire suspending the container should be of the smallest practical size to minimize any possible effects of a variable immersed length.

8.5 Dry the test sample in the oven to constant mass at a temperature of  $110 \pm 5$  °C, cool in air at room temperature 1

to 3 h, or until the aggregate has cooled to a temperature that is comfortable to handle (approximately 50 °C), and determine the mass.

## 9. Calculations

### 9.1 Relative Density (Specific Gravity):

9.1.1 Relative Density (Specific Gravity) (OD)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of oven-dry aggregate as follows:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = A/(B - C) \quad (1)$$

where:

- A = mass of oven-dry test sample in air, g,
- B = mass of saturated-surface-dry test sample in air, g, and
- C = apparent mass of saturated test sample in water, g.

9.1.2 Relative Density (Specific Gravity) (SSD)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of saturated-surface-dry aggregate as follows:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = B/(B - C) \quad (2)$$

9.1.3 Apparent Relative Density (Specific Gravity)—Calculate the apparent relative density (specific gravity) as follows:

$$\text{Apparent relative density (specific gravity)} = A/(A - C) \quad (3)$$

9.2 Average Relative Density (Specific Gravity) Values—If the sample is tested in separate size fractions, compute the average values for relative density (specific gravity) of the size fraction computed in accordance with 9.1 using the following equation:

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \dots + \frac{P_n}{100 G_n}} \quad (\text{see Appendix X1}) \quad (4)$$

where:

- G = average relative density (specific gravity). All forms of expression of relative density (specific gravity) can be averaged in this manner,
- $G_1, G_2, \dots, G_n$  = appropriate average relative density (specific gravity) values for each size fraction depending on the type of relative density (specific gravity) being averaged, and
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = mass percentages of each size fraction present in the original sample (not including finer material—see 7.4).

9.3 Absorption—Calculate the percentage of absorption, as follows:

$$\text{Absorption, \%} = [(B - A)/A] \times 100 \quad (5)$$

9.4 Average Absorption Value—If the sample is tested in separate size fractions, the average absorption value is the average of the values as computed in 9.3, weighted in proportion to the mass percentages of each size fraction present in the original sample (not including finer material—see 7.4) as follows:

$$A = (P_1 A_1 / 100) + (P_2 A_2 / 100) + \dots + (P_n A_n / 100) \quad (6)$$

where:

- $A$  = average absorption, %,  
 $A_1, A_2 \dots A_n$  = absorption percentages for each size fraction, and  
 $P_1, P_2, \dots P_n$  = mass percentages of each size fraction present in the original sample.

## 10. Report

10.1 Report relative density (specific gravity) results to the nearest 0.01 and indicate the basis for relative density (specific gravity) as either (OD), (SSD), or apparent.

10.2 Report the absorption result to the nearest 0.1 %.

10.3 If the relative density (specific gravity) and absorption values were determined without first drying the aggregate, as permitted in 8.2, note that fact in the report.

## 11. Precision and Bias

11.1 The estimates of precision of this test method listed in Table 1 are based on results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by this test method and AASHTO Method T 85. The significant difference between the methods is that Test Method C127 requires a saturation period of  $24 \pm 4$  h, while AASHTO Method T 85 requires a saturation period of 15 h minimum. This difference has been found to have an insignificant effect on the precision indices. The data are based on the analyses of more than 100 paired test results from 40 to 100 laboratories.

	Standard Deviation	Acceptable Range of Two Results (d2s) <sup>4</sup>
<i>Single-Operator Precision:</i>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.009	0.025
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.007	0.020
Apparent relative density (specific gravity)	0.007	0.020
<i>Multilaboratory Precision:</i>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.013	0.038
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.011	0.032
Apparent relative density (specific gravity)	0.011	0.032

<sup>4</sup> These numbers represent the (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of combined AASHTO Materials Reference Laboratory proficiency sample data from laboratories using 15 h minimum saturation times and other laboratories using  $24 \pm 4$  h saturation times. Testing was performed on normal-weight aggregates, and started with aggregates in the oven-dry condition.

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material for determining the bias for the procedure in this test method, no statement on bias is being made.

## 12. Keywords

12.1 absorption; aggregate; apparent relative density; coarse aggregate; relative density; specific gravity

## APPENDIXES

### (Nonmandatory Information)

#### X1. DEVELOPMENT OF EQUATIONS

X1.1 The derivation of the equation is from the following simplified cases using two solids. Solid 1 has a mass  $M_1$  in grams and a volume  $V_1$  in millilitres; its relative density (specific gravity) ( $G_1$ ) is therefore  $M_1/V_1$ . Solid 2 has a mass  $M_2$  and volume  $V_2$ , and  $G_2 = M_2/V_2$ . If the two solids are considered together, the relative density (specific gravity) of the combination is the total mass in grams divided by the total volume in millilitres:

$$G = (M_1 + M_2) / (V_1 + V_2) \quad (\text{X1.1})$$

Manipulation of this equation yields the following:

$$G = \frac{1}{\frac{V_1 + V_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{M_1 + M_2} + \frac{V_2}{M_1 + M_2}} \quad (\text{X1.2})$$

$$G = \frac{1}{\frac{M_1}{M_1 + M_2} \left( \frac{V_1}{M_1} \right) + \frac{M_2}{M_1 + M_2} \left( \frac{V_2}{M_2} \right)} \quad (\text{X1.3})$$

However, the mass fractions of the two solids are:

$$M_1 / (M_1 + M_2) = P_1 / 100 \text{ and } M_2 / (M_1 + M_2) = P_2 / 100 \quad (\text{X1.4})$$

and,

$$1/G_1 = V_1/M_1 \text{ and } 1/G_2 = V_2/M_2 \quad (\text{X1.5})$$

Therefore,

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100} \frac{1}{G_1} + \frac{P_2}{100} \frac{1}{G_2}} \quad (\text{X1.6})$$

An example of the computation is given in Table X1.1.

**TABLE X1.1 Example of Calculation of Weighted Values of Relative Density (Specific Gravity) and Absorption for a Coarse Aggregate Tested in Separate Sizes**

Size Fraction, mm (in.)	% in Original Sample	Sample Mass Used in Test, g	Relative Density (Specific Gravity) (SSD)	Absorption, %
4.75 to 12.5 (No. 4 to ½)	44	2213.0	2.72	0.4
12.5 to 37.5 (½ to 1½)	35	5462.5	2.56	2.5
37.5 to 63 (1½ to 2½)	21	12593.0	2.54	3.0

Average Relative Density (Specific Gravity) (SSD)

$$G_{SSD} = \frac{1}{\frac{0.44}{2.72} + \frac{0.35}{2.56} + \frac{0.21}{2.54}} = 2.62$$

Average Absorption

$$A = (0.44)(0.4) + (0.35)(2.5) + (0.21)(3.0) = 1.7\%$$

## X2. INTERRELATIONSHIPS BETWEEN RELATIVE DENSITIES (SPECIFIC GRAVITIES) AND ABSORPTION AS DEFINED IN TEST METHODS C127 AND C128

X2.1 Where:

- $S_d$  = relative density (specific gravity) (OD),  
 $S_s$  = relative density (specific gravity) (SSD),  
 $S_a$  = apparent relative density (apparent specific gravity),  
 and  
 A = absorption in %.

$$S_a = \frac{1}{\frac{1+A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[ \frac{A}{100} (S_s - 1) \right]} \quad (X2.3)$$

$$A = \left( \frac{S_s}{S_a} - 1 \right) 100 \quad (X2.4)$$

$$A = \left( \frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)} \right) 100 \quad (X2.5)$$

X2.2 Calculate the values of each as follows:

$$S_s = (1 + A/100)S_d \quad (X2.1)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (X2.2)$$

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/*





## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m<sup>3</sup> [50 lb/ft<sup>3</sup>].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in R0030 are recommended.)

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved March 1, 2021. Published March 2021. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2020 as C39/C39M – 20. DOI: 10.1520/C0039\_C0039M-21.

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

- C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C873/C873M Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds
- C943 Practice for Making Test Cylinders and Prisms for Determining Strength and Density of Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory
- C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- C1176/C1176M Practice for Making Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table
- C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens
- C1435/C1435M Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer
- C1604/C1604M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores of Shotcrete
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E18 Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

E74 Practices for Calibration and Verification for Force-Measuring Instruments  
R0030 Manual of Aggregate and Concrete Testing

C943, C1176/C1176M, C1231/C1231M, and C1435/C1435M, and Test Methods C42/C42M, C873/C873M, and C1604/C1604M.

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology C125.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *bearing block, n*—steel piece to distribute the load from the testing machine to the specimen.

3.2.2 *lower bearing block, n*—steel piece placed under the specimen to distribute the load from the testing machine to the specimen.

3.2.2.1 *Discussion*—The lower bearing block provides a readily machinable surface for maintaining the specified bearing surface. The lower bearing block may also be used to adapt the testing machine to various specimen heights. The lower bearing block is also referred to as *bottom block, plain block, and false platen*.

3.2.3 *platen, n*—primary bearing surface of the testing machine.

3.2.3.1 *Discussion*—The platen is also referred to as the testing machine *table*.

3.2.4 *spacer, n*—steel piece used to elevate the lower bearing block to accommodate test specimens of various heights.

3.2.4.1 *Discussion*—Spacers are not required to have hardened bearing faces because spacers are not in direct contact with the specimen or the retainers of unbonded caps.

3.2.5 *upper bearing block, n*—steel assembly suspended above the specimen that is capable of tilting to bear uniformly on the top of the specimen.

3.2.5.1 *Discussion*—The upper bearing block is also referred to as the *spherically seated block* and the *suspended block*.

### 4. Summary of Test Method

4.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

### 5. Significance and Use

5.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

5.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C31/C31M, C192/C192M, C617/C617M,

5.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

5.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

### 6. Apparatus

6.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 8.5.

6.1.1 Verify the accuracy of the testing machine in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 6.4. Verification is required:

6.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

6.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

6.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

6.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

6.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

6.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 8.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

6.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

6.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

6.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed  $\pm 1.0\%$  of the indicated load.

6.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

6.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification device shall be recorded at each test point. Calculate the error,  $E$ , and the percentage of error,  $E_p$ , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

$A$  = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and  
 $B$  = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

6.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

6.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

6.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

6.2 *Bearing Blocks*—The upper and lower bearing blocks shall conform to the following requirements:

6.2.1 Bearing blocks shall be steel with hardened bearing faces (Note 3).

6.2.2 Bearing faces shall have dimensions at least 3 % greater than the nominal diameter of the specimen.

6.2.3 Except for the inscribed concentric circles described in 6.2.4.7, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] along any 150 mm [6 in.] length for bearing blocks with a diameter of 150 mm [6 in.] or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any direction of smaller bearing blocks. New bearing blocks shall be manufactured within one half of this tolerance.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of bearing blocks have a Rockwell hardness at least 55 HRC as determined by Test Methods E18.

NOTE 4—Square bearing faces are permissible for the bearing blocks.

6.2.4 *Upper Bearing Block*—The upper bearing block shall conform to the following requirements:

6.2.4.1 The upper bearing block shall be spherically seated and the center of the sphere shall coincide with the center of the bearing face within  $\pm 5$  % of the radius of the sphere.

6.2.4.2 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 5—The preferred contact area is in the form of a ring (described as *preferred bearing area*) as shown in Fig. 1.

6.2.4.3 Provision shall be made for holding the upper bearing block in the socket. The design shall be such that the bearing face can be rotated and tilted at least 4° in any direction.

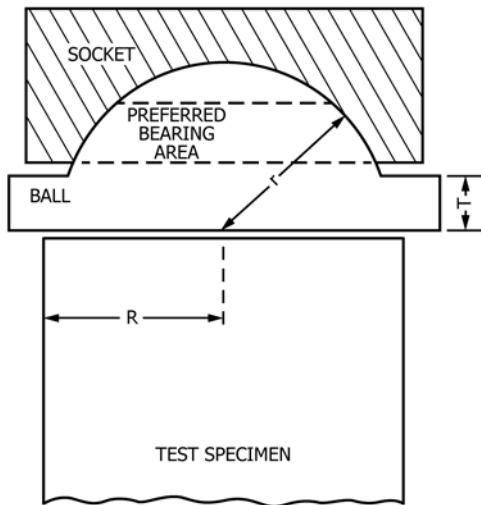
6.2.4.4 If the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

6.2.4.5 The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the nominal diameter of the specimen. If the diameter of the sphere is smaller than the diameter of the specimen, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen (see Fig. 1). The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere.

6.2.4.6 The dimensions of the bearing face of the upper bearing block shall not exceed the following values:

Nominal Diameter of Specimen, mm [in.]	Maximum Diameter of Round Bearing Face, mm [in.]	Maximum Dimensions of Square Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]	105 by 105 [4 by 4]
75 [3]	130 [5]	130 by 130 [5 by 5]
100 [4]	165 [6.5]	165 by 165 [6.5 by 6.5]
150 [6]	255 [10]	255 by 255 [10 by 10]
200 [8]	280 [11]	280 by 280 [11 by 11]

6.2.4.7 If the diameter of the bearing face of the upper bearing block exceeds the nominal diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed on the face of upper bearing block to facilitate proper centering.



$T \geq R - r$   
 $r$  = radius of spherical portion of upper bearing block  
 $R$  = nominal radius of specimen  
 $T$  = thickness of upper bearing block extending beyond the sphere

FIG. 1 Schematic Sketch of Typical Upper Bearing Block

6.2.4.8 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the upper bearing block. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 6—To ensure uniform seating, the upper bearing block is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop.

6.2.5 *Lower Bearing Block*—The lower bearing block shall conform to the following requirements:

6.2.5.1 The lower bearing block shall be solid.

6.2.5.2 The top and bottom surfaces of the lower bearing block shall be parallel to each other.

6.2.5.3 The lower bearing block shall be at least 25 mm [1.0 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after resurfacing.

6.2.5.4 The lower bearing block shall be fully supported by the platen of the testing machine or by any spacers used.

6.2.5.5 If the testing machine is designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a lower bearing block is not required.

NOTE 7—The lower bearing block may be fastened to the platen of the testing machine.

NOTE 8—Inscribed concentric circles as described in 6.2.4.7 are optional on the lower bearing block.

6.3 *Spacers*—If spacers are used, the spacers shall be placed under the lower bearing block and shall conform to the following requirements:

6.3.1 Spacers shall be solid steel. One vertical opening located in the center of the spacer is permissible. The maximum diameter of the vertical opening is 19 mm [0.75 in.].

6.3.2 The top and bottom surfaces of the spacer shall be parallel to each other.

6.3.3 Spacers shall be fully supported by the platen of the test machine.

6.3.4 Spacers shall fully support the lower bearing block and any spacers above.

6.3.5 Spacers shall not be in direct contact with the specimen or the retainers of unbonded caps.

6.4 *Load Indication*—The testing machine shall be equipped with either a dial or digital load indicator.

6.4.1 The verified loading range shall not include loads less than 100 times the smallest change of load that can be read.

6.4.2 A means shall be provided that will record, or indicate until reset, the maximum load to an accuracy within 1.0 % of the load.

6.4.3 If the load is displayed on a dial, the graduated scale shall be readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 9). The dial shall be readable within 1.0 % of the indicated load at any given load level within the loading range. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks. The width of the end of the pointer shall not

exceed the clear distance between the smallest graduations. The scale shall be provided with a labeled graduation line load corresponding to zero load. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dial case and accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer.

NOTE 9—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. If the spacing is between 1 and 2 mm [0.04 and 0.08 in.], one half of a scale interval is considered readable. If the spacing is between 2 and 3 mm [0.08 and 0.12 in.], one third of a scale interval is considered readable. If the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is considered readable.

6.4.4 If the load is displayed in digital form, the numbers must be large enough to be read. The numerical increment shall not exceed 0.1 % of the full scale load of a given loading range. Provision shall be made for adjusting the display to indicate a value of zero when no load is applied to the specimen.

6.5 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

## 7. Specimens

7.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 10—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

7.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617/C617M or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

7.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

7.4 If the purchaser of the testing services or the specifier of the tests requests measurement of the specimen density, determine the specimen density before capping by either 7.4.1

(specimen dimension method) or 7.4.2 (submerged weighing method). For either method, use a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured.

7.4.1 Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.].

7.4.2 Remove any surface moisture with a towel and determine the mass of the specimen in air. Submerge the specimen in water at a temperature of 23.0 °C ± 2.0 °C [73.5 °F ± 3.5 °F] for 15 ± 5 sec. Then, determine the apparent mass of the specimen while submerged under water.

7.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

## 8. Procedure

8.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

8.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

8.3 Tolerances for specimen ages are as follows:

Test Age <sup>A</sup>	Permissible Tolerance
24 h	±0.5 h
3 days	±2 h
7 days	±6 h
28 days	±20 h
90 days	±2 days

<sup>A</sup>For test ages not listed, the test age tolerance is ±2.0% of the specified age.

8.3.1 Unless otherwise specified by the specifier of tests, for this test method the test age shall start at the beginning of casting specimens.

8.4 *Placing the Specimen*—Place the lower bearing block, with the hardened face up, on the table or platen of the testing machine. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks, spacers if used, and of the specimen. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retainers and center the unbonded caps on the specimen. Place the specimen on the lower bearing block and align the axis of the specimen with the center of thrust of the upper bearing block.

NOTE 11—Although the lower bearing block may have inscribed concentric circles to assist with centering the specimen, final alignment is made with reference to the upper bearing block.

8.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 12). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 12—The technique used to verify and adjust load indicator to zero

will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

8.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 13) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 13—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [ $\frac{1}{8}$  inches in 12 inches]

8.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

8.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 MPa/s ± 0.05 MPa/s [35 psi/s ± 7 psi/s] (see Note 14). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 14—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

8.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

8.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

8.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617/C617M or Practice C1231/C1231M.

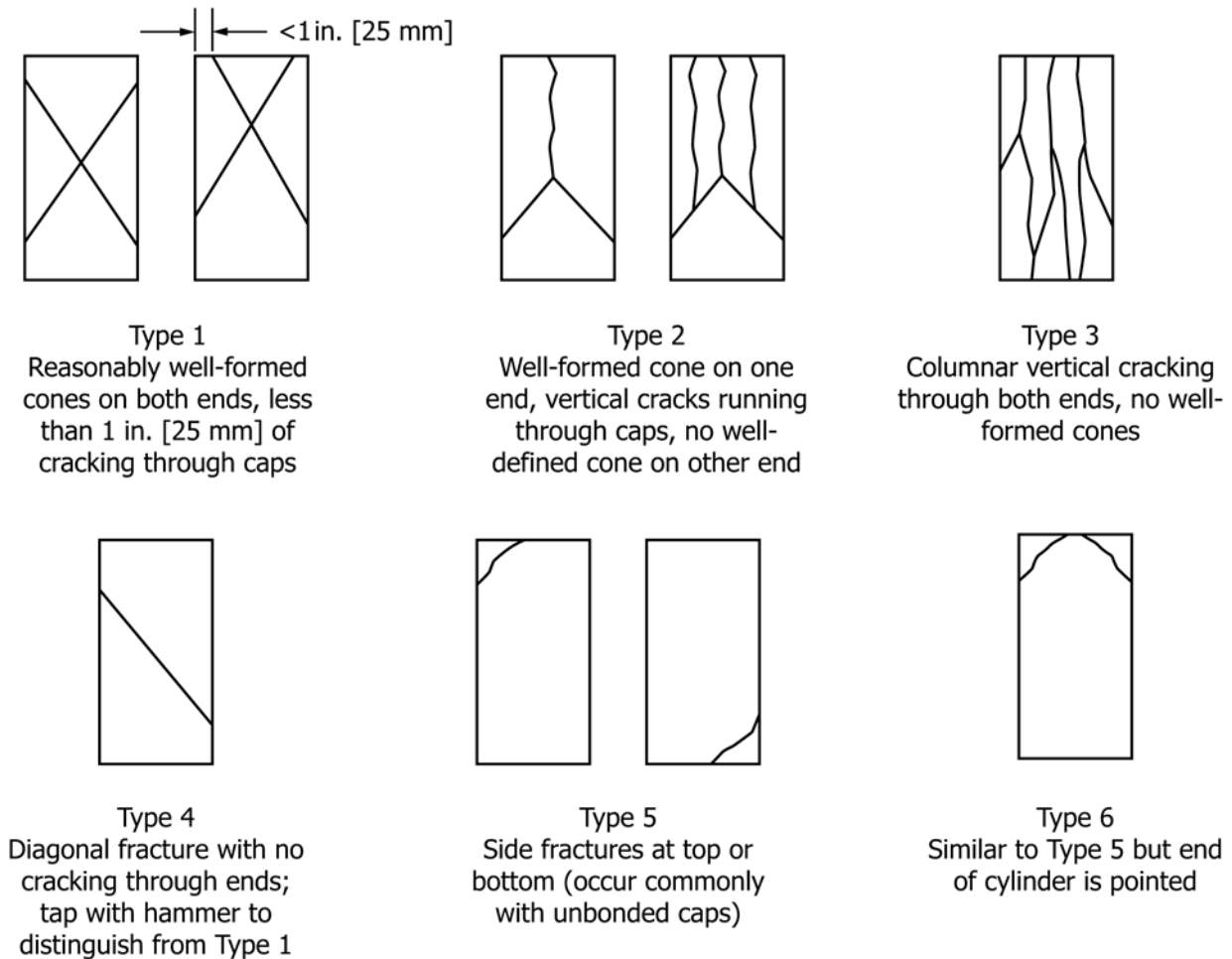


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

9. Calculation

9.1 Calculate the compressive strength of the specimen as follows:

SI units:

$$f_{cm} = \frac{4000 P_{max}}{\pi D^2} \quad (2)$$

Inch-pound units:

$$f_{cm} = \frac{4 P_{max}}{\pi D^2} \quad (3)$$

where:

- $f_{cm}$  = compressive strength, MPa [psi],
- $P_{max}$  = maximum load, kN [lbf], and
- $D$  = average measured diameter, mm [in.].

Use at least five digits for the value of  $\pi$ , that is, use 3.1416 or a more precise value.

9.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 9.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 15—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m<sup>3</sup> [100 and 120 lb/ft<sup>3</sup>] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above<sup>3</sup>.

9.3 If required, calculate the specimen density to the nearest 10 kg/m<sup>3</sup> [1 lb/ft<sup>3</sup>] using the applicable method.

9.3.1 If specimen density is determined based on specimen dimensions, calculate specimen density as follows:

SI units:

$$\rho_s = \frac{4 \times 10^9 \times W}{L \times D^2 \times \pi} \quad (4)$$

Inch-pound units:

$$\left[ \rho_s = \frac{6912 \times W}{L \times D^2 \times \pi} \right] \quad (5)$$

where:

$\rho_s$  = specimen density, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>],

<sup>3</sup> Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339–348.

$W$  = mass of specimen in air, kg [lb],  
 $L$  = average measured length, mm [in.], and  
 $D$  = average measured diameter, mm [in.].

9.3.2 If the specimen density is based on submerged weighing, calculate the specimen density as follows:

$$\rho_s = \frac{W \times \gamma_w}{W - W_s} \quad (6)$$

where:

$\rho_s$  = specimen density, kg/m<sup>3</sup> [lb/ft<sup>3</sup>],  
 $W$  = mass of specimen in air, kg [lb],  
 $W_s$  = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and  
 $\gamma_w$  = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m<sup>3</sup> [62.27 lb/ft<sup>3</sup>].

## 10. Report

10.1 Report the following information:

10.1.1 Specimen identification,

10.1.2 Serial number of delivery ticket, if available,

10.1.3 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8  $D$  to 2.2  $D$ ), in millimetres [inches],

10.1.4 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],

10.1.5 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],

10.1.6 Compressive strength rounded to the nearest 0.1 MPa [10 psi],

10.1.7 If the average of two or more companion cylinders tested at the same age is reported, calculate the average compressive strength using the unrounded individual compressive strength values. Report the average compressive-strength rounded to the nearest 0.1 MPa [10 psi].

10.1.8 Type of fracture (see Fig. 2),

10.1.9 Defects in either specimen or caps,

10.1.10 Age of specimen at time of testing. Report age in days for ages three days or greater, report age in hours if the age is less than three days,

NOTE 16—If software limitations prevent reporting the specimen age in hours, the age of the specimen in hours may be included in a note in the report.

10.1.11 If determined, the density to the nearest 10 kg/m<sup>3</sup> [1 lb/ft<sup>3</sup>].

## 11. Precision and Bias

### 11.1 Precision

11.1.1 *Single-Operator Precision*—The following table provides the single-operator precision of tests of 150 mm by 300 mm [6 in. by 12 in.] and 100 mm by 200 mm [4 in. by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 11.1.2).

	Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

11.1.2 The single-operator coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the single-operator coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 15 to 55 MPa [2000 to 8000 psi] and those for 100 mm by 200 mm [4 in. by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The single-operator coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.<sup>5</sup> The single-operator coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

11.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %<sup>4</sup>; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %<sup>4</sup> of the average (see Note 17). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 17—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

11.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 18—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precisions statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

<sup>4</sup> These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

<sup>5</sup> Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1006. Contact ASTM Customer Service at service@astm.org.

## 12. Keywords

12.1 concrete core; concrete cylinder; concrete specimen; concrete strength; compressive strength; core; cylinder; drilled core; strength

### SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C39/C39M–20) that may impact the use of this standard. (Approved March 1, 2021)

(1) 10.1.1 was revised.

(2) 10.1.2 was added.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C39/C39M–18) that may impact the use of this standard. (Approved Feb. 1, 2020)

(1) Revised 9.1 to specify the minimum precision of  $\pi$ .

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/*





## Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C136/C136M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers the determination of the particle size distribution of fine and coarse aggregates by sieving.

1.2 Some specifications for aggregates which reference this test method contain grading requirements including both coarse and fine fractions. Instructions are included for sieve analysis of such aggregates.

1.3 *Units*—The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

NOTE 1—Sieve size is identified by its standard designation in Specification E11. The alternative designation given in parentheses is for information only and does not represent a different standard sieve size. Specification E11 cites the following with respect to SI units versus inch-pound units as standard. “The values stated in SI units shall be considered standard for the dimensions of the sieve cloth openings and the wire diameters used in the sieve cloth. The values stated in inch-pound units shall be considered standard with regard to the sieve frames, pans,” and covers.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Aggregates.

Current edition approved Dec. 1, 2019. Published January 2020. Originally approved in 1938. Last previous edition approved in 2014 as C136 – 14. DOI: 10.1520/C0136\_C0136M-19.

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:<sup>2</sup>

C117 Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C637 Specification for Aggregates for Radiation-Shielding Concrete

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

D75 Practice for Sampling Aggregates

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

2.2 *AASHTO Standard*:

AASHTO No. T 27 Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates<sup>3</sup>

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

### 4. Summary of Test Method

4.1 A sample of dry aggregate of known mass is separated through a series of sieves of progressively smaller openings for determination of particle size distribution.

### 5. Significance and Use

5.1 This test method is used primarily to determine the grading of materials proposed for use as aggregates or being used as aggregates. The results are used to determine compliance of the particle size distribution with applicable specification requirements and to provide necessary data for control of

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Available from American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 North Capitol St. N.W., Suite 225, Washington, DC 20001.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

the production of various aggregate products and mixtures containing aggregates. The data may also be useful in developing relationships concerning porosity and packing.

5.2 Accurate determination of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve cannot be achieved by use of this test method alone. Use Test Method **C117** for determination of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve by washing.

5.3 Refer to methods of sampling and testing in Specification **C637** for heavyweight aggregates.

## 6. Apparatus

6.1 *Balances*—Balances or scales used in testing fine and coarse aggregate shall have readability and accuracy as follows:

6.1.1 For fine aggregate, readable to 0.1 g and accurate to 0.1 g or 0.1 % of the test load, whichever is greater, at any point within the range of use.

6.1.2 For coarse aggregate, or mixtures of fine and coarse aggregate, readable and accurate to 0.5 g or 0.1 % of the test load, whichever is greater, at any point within the range of use.

6.2 *Sieves*—The sieve cloth shall be mounted on substantial frames constructed in a manner that will prevent loss of material during sieving. The sieve cloth and standard sieve frames shall conform to the requirements of Specification **E11**. Nonstandard sieve frames shall conform to the requirements of Specification **E11** as applicable.

NOTE 2—It is recommended that sieves mounted in frames larger than standard 203.2-mm [8 in.] diameter be used for testing coarse aggregate to reduce the possibility of overloading the sieves. See **8.3**.

6.3 *Mechanical Sieve Shaker*—A mechanical sieving device, if used, shall create motion of the sieves to cause the particles to bounce, tumble, or otherwise turn so as to present different orientations to the sieving surface. The sieving action shall be such that the criterion for adequacy of sieving described in **8.4** is met in a reasonable time period.

NOTE 3—Use of a mechanical sieve shaker is recommended when the size of the sample is 20 kg or greater, and may be used for smaller samples, including fine aggregate. Excessive time (more than approximately 10 min) to achieve adequate sieving may result in degradation of the sample. The same mechanical sieve shaker may not be practical for all sizes of samples, since the large sieving area needed for practical sieving of a large nominal size coarse aggregate very likely could result in loss of a portion of the sample if used for a small sample of coarse aggregate or fine aggregate.

6.4 *Oven*—An oven of appropriate size capable of maintaining a uniform temperature of  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $230 \pm 10 \text{ }^\circ\text{F}$ ].

## 7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice **D75**. The size of the field sample shall be the quantity shown in Practice **D75** or four times the quantity required in **7.4** and **7.5** (except as modified in **7.6**), whichever is greater.

7.2 Thoroughly mix the sample and reduce it to an amount suitable for testing using the applicable procedures described in Practice **C702**. The sample for test shall be approximately the quantity desired when dry and shall be the end result of the reduction. Reduction to an exact predetermined quantity shall not be permitted.

NOTE 4—Where sieve analysis, including determination of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  sieve, is the only testing proposed, the size of the sample may be reduced in the field to avoid shipping excessive quantities of extra material to the laboratory.

7.3 *Fine Aggregate*—The size of the test sample, after drying, shall be 300 g minimum.

7.4 *Coarse Aggregate*—The size of the test sample of coarse aggregate shall conform with the following:

Nominal Maximum Size, Square Openings, mm (in.)	Test Sample Size, min, kg [lb]
9.5 (3/8)	1 [2]
12.5 (1/2)	2 [4]
19.0 (3/4)	5 [11]
25.0 (1)	10 [22]
37.5 (1 1/2)	15 [33]
50 (2)	20 [44]
63 (2 1/2)	35 [77]
75 (3)	60 [130]
90 (3 1/2)	100 [220]
100 (4)	150 [330]
125 (5)	300 [660]

7.5 *Coarse and Fine Aggregate Mixtures*—The size of the test sample of coarse and fine aggregate mixtures shall be the same as for coarse aggregate in **7.4**.

7.6 *Samples of Large Size Coarse Aggregate*—The size of sample required for aggregate with 50-mm [2-in.] nominal maximum size or larger is such as to preclude convenient sample reduction and testing as a unit except with large mechanical splitters and sieve shakers. As an option when such equipment is not available, instead of combining and mixing sample increments and then reducing the field sample to testing size, conduct the sieve analysis on a number of approximately equal sample increments such that the total mass tested conforms to the requirement of **7.4**.

7.7 In the event that the amount of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve is to be determined by Test Method **C117**, proceed as follows:

7.7.1 For aggregates with a nominal maximum size of 12.5 mm [1/2 in.] or less, use the same test sample for testing by Test Method **C117** and this test method. First test the sample in accordance with Test Method **C117** through the final drying operation, then dry sieve the sample as stipulated in **8.2 – 8.7** of this test method.

7.7.2 For aggregates with a nominal maximum size greater than 12.5 mm [1/2 in.], use a single test sample as described in **7.7.1**, or optionally use separate test samples for Test Method **C117** and this test method.

7.7.3 Where the specifications require determination of the total amount of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  sieve by washing and dry sieving, use the procedure described in **7.7.1**.

## 8. Procedure

8.1 Dry the sample to constant mass at a temperature of  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $230 \pm 10 \text{ }^\circ\text{F}$ ].

NOTE 5—For control purposes, particularly where rapid results are desired, it is generally not necessary to dry coarse aggregate for the sieve analysis test. The results are little affected by the moisture content unless: (1) the nominal maximum size is smaller than about 12.5 mm (1/2 in.); (2) the coarse aggregate contains appreciable material finer than 4.75 mm (No. 4); or (3) the coarse aggregate is highly absorptive (a lightweight aggregate, for example). Also, samples may be dried at the higher

temperatures associated with the use of hot plates without affecting results, provided steam escapes without generating pressures sufficient to fracture the particles, and temperatures are not so great as to cause chemical breakdown of the aggregate.

8.2 Select sieves with suitable openings to furnish the information required by the specifications covering the material to be tested. Use additional sieves as desired or necessary to provide other information, such as fineness modulus, or to regulate the amount of material on a sieve. Nest the sieves in order of decreasing size of opening from top to bottom and place the sample on the top sieve. Agitate the sieves by hand or by mechanical apparatus for a sufficient period, established by trial or checked by measurement on the actual test sample, to meet the criterion for adequacy or sieving described in 8.4.

8.3 Limit the quantity of material on a given sieve so that all particles have opportunity to reach sieve openings a number of times during the sieving operation. For sieves with openings smaller than 4.75-mm (No. 4), the quantity retained on any sieve at the completion of the sieving operation shall not exceed 7 kg/m<sup>2</sup> of sieving surface area (Note 6). For sieves with openings 4.75 mm (No. 4) and larger, the quantity retained in kg shall not exceed the product of 2.5 × (sieve opening, mm × (effective sieving area, m<sup>2</sup>)). This quantity is shown in Table 1 for five sieve-frame dimensions in common use. In no case shall the quantity retained be so great as to cause permanent deformation of the sieve cloth.

8.3.1 Prevent an overload of material on an individual sieve by one of the following methods:

8.3.1.1 Insert an additional sieve with opening size intermediate between the sieve that may be overloaded and the sieve immediately above that sieve in the original set of sieves.

8.3.1.2 Split the sample into two or more portions, sieving each portion individually. Combine the masses of the several portions retained on a specific sieve before calculating the percentage of the sample on the sieve.

8.3.1.3 Use sieves having a larger frame size and providing greater sieving area.

NOTE 6—The 7 kg/m<sup>2</sup> amounts to 200 g for the usual 203-mm [8-in.] diameter sieve (with effective sieving surface diameter of 190.5 mm [7.5 in.]).

8.4 Continue sieving for a sufficient period and in such manner that, after completion, not more than 1 % by mass of the material retained on any individual sieve will pass that sieve during 1 min of continuous hand sieving performed as follows: Hold the individual sieve, provided with a snug-fitting pan and cover, in a slightly inclined position in one hand. Strike the side of the sieve sharply and with an upward motion against the heel of the other hand at the rate of about 150 times per minute, turn the sieve about one sixth of a revolution at intervals of about 25 strokes. In determining sufficiency of sieving for sizes larger than the 4.75-mm (No. 4) sieve, limit the material on the sieve to a single layer of particles. If the size of the mounted testing sieves makes the described sieving motion impractical, use 203-mm [8 in.] diameter sieves to verify the sufficiency of sieving.

8.5 In the case of coarse and fine aggregate mixtures, refer to 8.3.1 to prevent overloading of individual sieves.

8.5.1 Optionally, reduce the portion finer than the 4.75-mm (No. 4) sieve using a mechanical splitter according to Practice C702. If this procedure is followed, compute the mass of each size increment of the original sample as follows:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

where:

- A = mass of size increment on total sample basis,
- W<sub>1</sub> = mass of fraction finer than 4.75-mm (No. 4) sieve in total sample,
- W<sub>2</sub> = mass of reduced portion of material finer than 4.75-mm (No. 4) sieve actually sieved, and
- B = mass of size increment in reduced portion sieved.

8.6 Unless a mechanical sieve shaker is used, hand sieve particles larger than 75 mm [3 in.] by determining the smallest

**TABLE 1 Maximum Allowable Quantity of Material Retained on a Sieve, kg [lb]**

Sieve Opening Size, mm	Nominal Dimensions of Sieve <sup>A</sup>				
	[8-in.] diameter <sup>B</sup>	[10-in.] diameter <sup>B</sup>	[12-in.] diameter <sup>B</sup>	[14-in. by 14-in.]	[14.5-in. by 23-in.]
	Sieving Area, m <sup>2</sup> [ft <sup>2</sup> ]				
	0.0285 [0.3]	0.0457 [0.5]	0.0670 [0.7]	0.1225 [1.3]	0.2158 [2.3]
125	C	C	C	C	67.4 [148½]
100	C	C	C	C	53.9 [118¾]
90	C	C	15.1 [33¼]	27.6 [60¾]	48.5 [106¾]
75	C	8.6 [19]	12.6 [27¾]	23.0 [50¾]	40.5 [89¼]
63	C	7.2 [15¾]	10.6 [23¼]	19.3 [42½]	34.0 [75]
50	3.6 [8]	5.7 [13]	8.4 [18½]	15.3 [33¾]	27.0 [59½]
37.5	2.7 [6]	4.3 [9½]	6.3 [13¾]	11.5 [25¼]	20.2 [44½]
25.0	1.8 [4]	2.9 [6½]	4.2 [9¼]	7.7 [17]	13.5 [29¾]
19.0	1.4 [3½]	2.2 [4¾]	3.2 [7½]	5.8 [12¾]	10.2 [22½]
12.5	0.89 [2]	1.4 [3]	2.1 [4¾]	3.8 [8¼]	6.7 [14¾]
9.5	0.67 [1½]	1.1 [2½]	1.6 [3½]	2.9 [6¼]	5.1 [11¼]
4.75	0.33 [¾]	0.54 [1¼]	0.80 [1¾]	1.5 [3¼]	2.6 [5¾]

<sup>A</sup> Sieve frame dimensions in inch units: 8.0-in. diameter; 10.0-in. diameter; 12.0-in. diameter; 13.8 by 13.8 in. (14 by 14 in. nominal); 14.6 by 22.8 in. (16 by 24 in. nominal).

<sup>B</sup> The sieve area for round sieve frames is based on an effective diameter 12.5 mm [½ in.] less than the nominal frame diameter, because Specification E11 permits the sealer between the sieve cloth and the frame to extend 6.5 mm [¼ in.] over the sieve cloth. Thus the effective sieving diameter for a 203-mm [8.0-in.] diameter sieve frame is 190.5 mm [7.5 in.]. Sieves produced by some manufacturers do not infringe on the sieve cloth by the full 6.5 mm [¼ in.].

<sup>C</sup> Sieves indicated have less than five full openings. Do not use for sieve testing except as provided in 8.6.

sieve opening through which each particle will pass. Start the test on the smallest sieve to be used. Rotate the particles, if necessary, in order to determine whether they will pass through a particular opening; however, do not force particles to pass through an opening.

8.7 Determine the mass of each size increment on a scale or balance conforming to the requirements specified in 5.1 to the nearest 0.1 % of the total original dry sample mass. Compare the total mass of the material after sieving to the original dry sample mass placed on the sieves. If the amounts differ by more than 0.3 %, based on the original dry sample mass, do not use the results for acceptance purposes.

8.8 If the sample has previously been tested by Test Method C117, add the mass finer than the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve determined by that test method to the mass passing the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve by dry sieving of the same sample in this test method.

## 9. Calculation

9.1 Calculate percentages passing, total percentages retained, or percentages in various size fractions to the nearest 0.1 % on the basis of the total mass of the initial dry sample. If the same test sample was first tested by Test Method C117, include the mass of material finer than the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) size by washing in the sieve analysis calculation; and use the total dry sample mass prior to washing in Test Method C117 as the basis for calculating all the percentages.

9.1.1 When sample increments are tested as provided in 7.6, total the masses of the portion of the increments retained on each sieve, and use these masses to calculate the percentages as in 9.1.

9.2 Calculate the fineness modulus, when required, by adding the total percentages of material in the sample that is coarser than each of the following sieves (cumulative percentages retained), and dividing the sum by 100: 150- $\mu\text{m}$  (No. 100), 300- $\mu\text{m}$  (No. 50), 600- $\mu\text{m}$  (No. 30), 1.18-mm (No. 16), 2.36-mm (No. 8), 4.75-mm (No. 4), 9.5-mm ( $\frac{3}{8}$ -in.), 19.0-mm ( $\frac{3}{4}$ -in.), 37.5-mm ( $1\frac{1}{2}$ -in.), and larger, increasing in the ratio of 2 to 1.

## 10. Report

10.1 Depending upon the form of the specifications for use of the material under test, the report shall include the following:

- 10.1.1 Total percentage of material passing each sieve, or
- 10.1.2 Total percentage of material retained on each sieve, or
- 10.1.3 Percentage of material retained between consecutive sieves.

10.2 Report percentages to the nearest whole number, except if the percentage passing the 75- $\mu\text{m}$  (No. 200) sieve is less than 10 %, it shall be reported to the nearest 0.1 %.

10.3 Report the fineness modulus, when required, to the nearest 0.01.

## 11. Precision and Bias

11.1 *Precision*—The estimates of precision for this test method are listed in Table 2. The estimates are based on the

**TABLE 2 Precision**

	Total Percentage of Material Passing		Standard Deviation (1s), % <sup>A</sup>	Acceptable Range of Two Results (d2s), % <sup>A</sup>	
<i>Coarse Aggregate:<sup>B</sup></i>					
Single-operator precision	<100	$\geq 95$	0.32	0.9	
	<95	$\geq 85$	0.81	2.3	
	<85	$\geq 80$	1.34	3.8	
	<80	$\geq 60$	2.25	6.4	
	<60	$\geq 20$	1.32	3.7	
	<20	$\geq 15$	0.96	2.7	
	<15	$\geq 10$	1.00	2.8	
	<10	$\geq 5$	0.75	2.1	
	<5	$\geq 2$	0.53	1.5	
	<2	>0	0.27	0.8	
	Multilaboratory precision	<100	$\geq 95$	0.35	1.0
		<95	$\geq 85$	1.37	3.9
		<85	$\geq 80$	1.92	5.4
<80		$\geq 60$	2.82	8.0	
<60		$\geq 20$	1.97	5.6	
<20		$\geq 15$	1.60	4.5	
<15		$\geq 10$	1.48	4.2	
<10		$\geq 5$	1.22	3.4	
<5		$\geq 2$	1.04	3.0	
<2		>0	0.45	1.3	
<i>Fine Aggregate:</i>					
Single-operator precision		<100	$\geq 95$	0.26	0.7
		<95	$\geq 60$	0.55	1.6
	<60	$\geq 20$	0.83	2.4	
	<20	$\geq 15$	0.54	1.5	
	<15	$\geq 10$	0.36	1.0	
	<10	$\geq 2$	0.37	1.1	
	<2	>0	0.14	0.4	
Multilaboratory precision	<100	$\geq 95$	0.23	0.6	
	<95	$\geq 60$	0.77	2.2	
	<60	$\geq 20$	1.41	4.0	
	<20	$\geq 15$	1.10	3.1	
	<15	$\geq 10$	0.73	2.1	
	<10	$\geq 2$	0.65	1.8	
	<2	>0	0.31	0.9	

<sup>A</sup> These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits described in Practice C670.

<sup>B</sup> The precision estimates are based on aggregates with nominal maximum size of 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$  in.).

results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by Test Method C136 and AASHTO No. T 27. The data are based on the analyses of the test results from 65 to 233 laboratories that tested 18 pairs of coarse aggregate proficiency test samples and test results from 74 to 222 laboratories that tested 17 pairs of fine aggregate proficiency test samples (Samples No. 21 through 90). The values in the table are given for different ranges of total percentage of aggregate passing a sieve.

11.1.1 The precision values for fine aggregate in Table 2 are based on nominal 500-g test samples. Revision of this test method in 1994 permits the fine aggregate test sample size to be 300 g minimum. Analysis of results of testing of 300-g and 500-g test samples from Aggregate Proficiency Test Samples 99 and 100 (Samples 99 and 100 were essentially identical) produced the precision values in Table 3, which indicate only minor differences due to test sample size.

NOTE 7—The values for fine aggregate in Table 2 will be revised to reflect the 300-g test sample size when a sufficient number of Aggregate Proficiency Tests have been conducted using that sample size to provide reliable data.

**TABLE 3 Precision Data for 300-g and 500-g Test Samples**

Test Result	Fine Aggregate Proficiency Sample			Within Laboratory		Between Laboratory	
	Sample Size	Number Labs	Average	1s	d2s	1s	d2s
Test Method C136/AASHTO No. T 27							
Total material passing the 4.75-mm No. 4 sieve (%)	500 g	285	99.992	0.027	0.066	0.037	0.104
	300 g	276	99.990	0.021	0.060	0.042	0.117
Total material passing the 2.36-mm No. 8 sieve (%)	500 g	281	84.10	0.43	1.21	0.63	1.76
	300 g	274	84.32	0.39	1.09	0.69	1.92
Total material passing the 1.18-mm No. 16 sieve (%)	500 g	286	70.11	0.53	1.49	0.75	2.10
	300 g	272	70.00	0.62	1.74	0.76	2.12
Total material passing the 600 µm No. 30 sieve (%)	500 g	287	48.54	0.75	2.10	1.33	3.73
	300 g	276	48.44	0.87	2.44	1.36	3.79
Total material passing the 300 µm No. 50 sieve (%)	500 g	286	13.52	0.42	1.17	0.98	2.73
	300 g	275	13.51	0.45	1.25	0.99	2.76
Total material passing the 150 µm No. 100 sieve (%)	500 g	287	2.55	0.15	0.42	0.37	1.03
	300 g	270	2.52	0.18	0.52	0.32	0.89
Total material passing the 75 µm No. 200 sieve (%)	500 g	278	1.32	0.11	0.32	0.31	0.85
	300 g	266	1.30	0.14	0.39	0.31	0.85

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias in this test method, no statement on bias is made.

## 12. Keywords

12.1 aggregate; coarse aggregate; fine aggregate; gradation; grading; sieve analysis; size analysis

## SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C136 – 14, that may impact the use of this test method. (Approved Dec. 1, 2019)

(1) Revised 5.2, Footnote C of Table 1, and 8.7.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/*



Designation: C78/C78M – 21

## Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C78/C78M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

[C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field](#)

[C39/C39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens](#)

[C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete](#)

[C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates](#)

[C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory](#)

[C293/C293M Test Method for Flexural Strength of Concrete \(Using Simple Beam With Center-Point Loading\)](#)

[C617/C617M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens](#)

[C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials](#)

[C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation](#)

[E4 Practices for Force Verification of Testing Machines](#)

[E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing](#)

### 3. Terminology

3.1 *Definitions:*

3.1.1 For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology [C125](#) and Terminology [E6](#).

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.2.1 *flexural strength*—maximum resistance of a specimen subjected to bending.

3.2.1.1 *Discussion*—In this test method, *flexural strength* is reported as the *modulus of rupture*.

3.2.2 *flexural testing apparatus*—fixture used to apply force to the beam specimen and consists of loading and support blocks.

3.2.3 *loading block*—component of the testing apparatus in the shape of a portion of a cylinder that is used to apply a force to the beam specimen.

3.2.4 *modulus of rupture*—calculated stress, assuming linear-elastic behavior, in the tensile face of a beam specimen at the maximum bending moment during a standard test method.

3.2.5 *span length*—distance between lines of support, or reaction, for the beam specimen, and it is equal to three times the nominal depth of the beam.

3.2.5.1 *Discussion*—For example, for a 100 mm [4 in.]

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved March 1, 2021. Published March 2021. Originally approved in 1930. Last previous edition approved in 2018 as C78/C78M – 18. DOI: 10.1520/C0078\_C0078M-21.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

nominal depth beam, the span length is 300 mm [12 in.] and for a 150 mm [6 in.] nominal depth beam, the span length is 450 mm [18 in.]. See 3.2.6.1, for discussion of *reaction block*.

3.2.6 *support block*—component of the testing apparatus in the shape of a portion of a cylinder that is used to provide a reaction to the force applied to the beam specimen.

3.2.6.1 *Discussion*—If the testing apparatus applies force to the top of the beam, this block supports the beam. If the testing apparatus applies force to the bottom of the beam, the support block may be considered a reaction block because it provides a line of reaction at the top of the beam and does not support the beam.

3.2.7 *testing machine*—mechanical device for applying force to a specimen.

## 4. Significance and Use

4.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C42/C42M or Practices C31/C31M or C192/C192M. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. For the same specimen size, the strength determined will vary if there are differences in specimen preparation, curing procedure, moisture condition at time of testing, and whether the beam was molded or sawed to size.

4.2 The measured modulus of rupture generally increases as the specimen size decreases.<sup>3,4,5</sup>

4.3 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for mixture proportioning, evaluating uniformity of mixing, and checking placement operations by using sawed beams. It is used primarily in testing concrete for the construction of slabs and pavements.

4.4 For identical test specimens, the modulus of rupture obtained by this test method will, on average, be lower than that obtained by Test Method C293/C293M.

## 5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption. The testing machine shall be equipped with a means of recording or

<sup>3</sup> Tanesi, J; Ardani, A. Leavitt, J. "Reducing the Specimen Size of Concrete Flexural Strength Test (AASHTO T97) for Safety and Ease of Handling," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2342, Transportation Research Board of National Academies, Washington, D.C., 2013.

<sup>4</sup> Carrasquillo, P.M. and Carrasquillo, R. L. "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading", *Research Report 119-IF*, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, November 1987.

<sup>5</sup> Bazant, Z. and Novak, D. "Proposal for Standard Test of Modulus of Rupture of Concrete with its Size Dependence," *ACI Materials Journal*, January-February 2001.

holding the peak value that will indicate the maximum load, to within 1 % accuracy, applied to the specimen during a test.

### 5.1.1 Verification:

5.1.1.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practice E4.

5.1.1.2 Verify the accuracy of the testing machine in accordance with Practice E4, except that the verified loading range shall be as required for flexural testing. Verification is required:

- (1) Within 13 months of the last verification,
- (2) On original installation,
- (3) After relocation,

(4) After making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicator, except for zero adjustments that compensate for the weight of loading or support blocks or specimen, or both, or

(5) Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated forces.

5.2 *Flexural Testing Apparatus*—The third point loading method shall be used to determine the flexural strength of concrete. The loading blocks and support blocks shall be designed so that forces applied to the beam will be along lines perpendicular to the side faces of the beam and applied without eccentricity. A diagram of the flexural testing apparatus is shown in Fig. 1.

NOTE 1—The flexural testing apparatus shown in Fig. 1 may be used inverted. In this case, the loading blocks will be at the bottom of the beam, while the reaction blocks will be at the top of the beam.

5.2.1 The flexural testing apparatus shall be capable of maintaining the span length and distance between the lines of loading within  $\pm 1.0$  mm [ $\pm 0.05$  in.] of the specified values.

5.2.2 The ratio of the horizontal distance between the line of application of the force and the line of the nearest reaction to the depth of the beam shall be  $1.0 \pm 0.03$ .

5.2.3 The loading blocks and support blocks shall not be more than 65 mm [2.50 in.] high, measured from the center or the axis of the ball or the axis of the rod and shall extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each case, the block surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.05 mm [0.002 in.] and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block shall be at least 0.80 rad [ $45^\circ$ ].

5.2.4 At least every six months or as specified by the manufacturer of the flexural testing apparatus, clean and lubricate metal-to-metal contact surfaces, such as internal concave surfaces and steel balls and rods of the loading blocks and support blocks (Fig. 1). The lubricant shall be a petroleum-type oil, such as conventional motor oil, or as specified by the manufacturer of the apparatus.

5.2.5 The support blocks shall be free to rotate.

5.2.6 The loading blocks and support blocks shall be maintained in a vertical position and in contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the rod or ball. The uppermost bearing plate and center point ball in Fig. 1 may be omitted if the testing machine

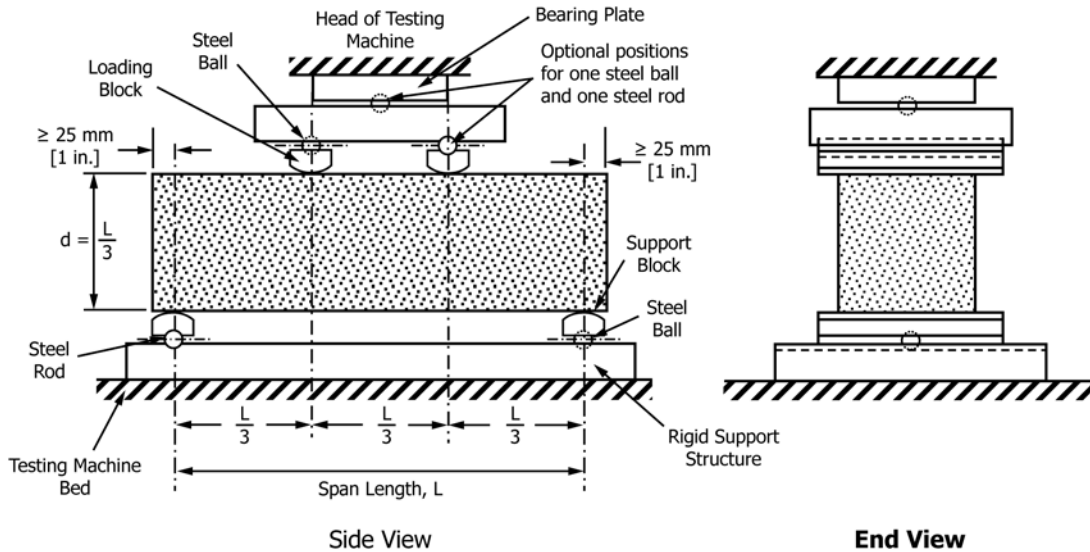


FIG. 1 Schematic of Flexural Testing Apparatus for Third-Point Loading Method

has a spherically seated bearing block that meets the requirements of Test Method C39/C39M, provided one rod and one ball are used as pivots for the upper loading blocks.

## 6. Test Specimens

6.1 The test specimen shall conform to all requirements of Test Method C42/C42M or Practices C31/C31M or C192/C192M applicable to beam specimens and shall have a test span within 2% of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

6.2 Provided the smaller cross-sectional dimension of the beam is at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate, the modulus of rupture can be determined using different specimen sizes. However, measured modulus of rupture generally increases as specimen size decreases.<sup>3,4</sup> (Note 2).

NOTE 2—The strength ratio for beams of different sizes depends primarily on the maximum size of aggregate.<sup>5</sup> Experimental data obtained in two different studies have shown that for maximum aggregate size between 19.0 mm and 25.0 mm [ $\frac{3}{4}$  in. and 1 in.], the ratio between the modulus of rupture determined with a 150 mm by 150 mm [6 in. by 6 in.] and a 100 mm by 100 mm [4 in. by 4 in.] may vary from 0.90 to 1.07<sup>3</sup> and for maximum aggregate size between 9.5 mm and 37.5 mm [ $\frac{3}{8}$  in. and 1½ in.], the ratio between the modulus of rupture determined with a 150 mm by 150 mm [6 in. by 6 in.] and a 115 mm by 115 mm [4.5 in. by 4.5 in.] may vary from 0.86 to 1.00.<sup>4</sup>

6.3 The specifier of tests shall specify the specimen size and number of specimens to be tested to obtain an average test result. The same specimen size shall be used for qualification and acceptance testing.

## 7. Procedure

7.1 Moist-cured specimens shall be kept moist during the period between removal from moist storage and testing.

NOTE 3—Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured flexural strength.

NOTE 4—Methods for keeping the specimen moist include wrapping in moist fabric or matting and keeping specimens under lime water in containers near the flexural testing machine until time of testing.

7.2 For molded specimens, turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. When using sawed specimens, position the specimen so that the tension face corresponds to the top or bottom of the specimen as cut from the parent material. Center the loading blocks in relation to the applied force. Bring the loading blocks in contact with the surface of the specimen at the third points and apply a force of between 3 and 6% of the estimated ultimate force. Using 0.10 mm [0.004 in.] and 0.40 mm [0.015 in.] leaf-type feeler gages, determine whether any gap between the specimen and the loading or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 25 mm [1 in.] or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.10 mm [0.004 in.] in width. Leather shims shall be of uniform 6 mm [0.25 in.] thickness, 25 mm to 50 mm [1.0 in. to 2.0 in.] width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.40 mm [0.015 in.] shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces shall be minimized because grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with the applicable sections of Practice C617/C617M.

7.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load at a rate that constantly increases the maximum stress on the tension face between 0.9 MPa/min and 1.2 MPa/min [125 psi/min and 175 psi/min] until rupture occurs. The loading rate is calculated using the following equation:



$$r = \frac{Sbd^2}{L} \quad (1)$$

where:

- $r$  = loading rate, N/min [lb/min],
- $S$  = rate of increase in maximum stress on the tension face, MPa/min [psi/min],
- $b$  = average width of the specimen as oriented for testing, mm [in.],
- $d$  = average depth of the specimen as oriented for testing, mm [in.], and
- $L$  = span length, mm [in.].

## 8. Measurement of Specimens After Test

8.1 To determine the dimensions of the specimen cross section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. The width and depth are measured with the specimen as oriented for testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 1 mm [0.05 in.]. If the fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in the measurement.

## 9. Calculation

9.1 If the fracture initiates in the tension surface within the middle third of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (2)$$

where:

- $R$  = modulus of rupture, MPa [psi],
- $P$  = maximum applied load indicated by the testing machine, N [lbf],
- $L$  = span length, mm [in.],
- $b$  = average width of specimen, mm [in.], at the fracture, and
- $d$  = average depth of specimen, mm [in.], at the fracture.

NOTE 5—The weight of the beam is not included in the above calculation.

9.2 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by not more than 5 % of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (3)$$

where:

- $a$  = average distance between line of fracture and the nearest support measured on the tension surface of the beam, mm [in.].

NOTE 6—The weight of the beam is not included in the above calculation.

9.3 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by more than 5 % of the span length, discard the results of the test.

## 10. Report

10.1 Report the following information:

- 10.1.1 Identification number,
- 10.1.2 Average width to the nearest 1 mm [0.05 in.],
- 10.1.3 Average depth to the nearest 1 mm [0.05 in.],
- 10.1.4 Span length in mm [in.],
- 10.1.5 Maximum applied load in N [lbf],
- 10.1.6 Modulus of rupture calculated to the nearest 0.05 MPa [5 psi],
- 10.1.7 Curing history and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,
- 10.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,
- 10.1.9 Whether sawed or molded and defects in specimens, and
- 10.1.10 Age of specimens.

## 11. Precision and Bias

11.1 *Precision:*

11.1.1 *Single-Operator Precision*—The single operator standard deviation for test determinations has been found to be 0.25 MPa [37 psi] and to be independent of the beam sizes used in the interlaboratory study (ILS) (Note 7). Therefore, the modulus of rupture from two properly conducted tests by the same operator on specimens of the same material (same batch of concrete), using the same size specimen (100 mm [4 in.] or 150 mm [6 in.] deep beams), is not expected to differ by more than 0.72 MPa [104 psi].<sup>6</sup>

11.1.2 *Multi-Laboratory Precision*—The multilaboratory coefficient of variation for test determinations has been found to be as shown in the third column of Table 1. The coefficient of variation was found to be similar for both specimen sizes used in the ILS for modulus of rupture between 4.2 MPa and 5.5 MPa [600 psi and 800 psi]. A higher multilaboratory coefficient of variation was observed for 100 mm [4 in.] deep beams for modulus of rupture near 6.9 MPa [1000 psi]. Therefore, the modulus of rupture from two properly conducted tests by two different laboratories on specimens of the same material (same batch of concrete) and beam size are not

<sup>6</sup> This number represents the difference limit (d2s) as described in Practice C670.

**TABLE 1 Multilaboratory Precision**

Beam Depth, in. [mm]	Modulus of Rupture, psi [MPa]	Coefficient of Variation	Acceptable Difference Between Two Test Determinations (percentage of their average) <sup>A</sup>
100 mm [4 in.]	4.1 MPa to 5.5 MPa [600 psi to 800 psi]	6.1 %	17.1 %
100 mm [4 in.]	6.9 MPa [1000 psi]	11.4 %	31.8 %
150 mm [6 in.]	4.1 MPa to 6.9 MPa [600 psi to 1000 psi]	6.9 %	19.3 %

<sup>A</sup>These numbers represent the difference limit (d2s %) as described in Practice C670.

expected to differ from each other by more than the value in the fourth column of **Table 1**. The acceptable difference between two test determinations is expressed as a percentage of their average.

**NOTE 7**—The precision of this test method was determined from an interlaboratory study conducted in 2016. The study involved three concrete mixtures with modulus of rupture values of approximately 4.1 MPa [600 psi], 5.5 MPa [800 psi] and 6.9 MPa [1000 psi]. Two beam sizes were used: 100 mm by 100 mm by 355 mm [4 in. by 4 in. by 14 in.] and 150 mm by 150 mm by 533 mm [6 in. by 6 in. by 21 in.]. Three test determinations were conducted for each combination of specimen size and concrete mixture. The number of laboratories used for determining the precision varied from 10 to 17 depending on the concrete mixture and beam size. The data used to develop the precision statement were obtained using the inch-pound version of this test method. The precision indexes shown in SI units are exact conversions of the values in inch-pound units. Supporting data have been filed at ASTM Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1050.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1050. Contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org).

**NOTE 8**—The results for each test condition (specimen size and concrete strength) include data from 3 to 5 laboratories that used hand operated testing machines with paper charts for reading the ultimate force. For the 100 mm [4 in.] deep beams, these machines resulted in higher single-operator variability in mixtures with strengths between 4.1 MPa to 5.5 MPa [600 psi and 800 psi], as well as higher multilaboratory variability in all mixtures. For the 150 mm [6 in.] deep beams, these machines resulted in higher variability only for the mixture with flexural strength of approximately 6.9 MPa [1000 psi]. Refer to Research Report RR:C09-1050 (Appendix J) for a discussion of possible reasons why these machines may have resulted in higher variability.

**11.2 Bias**—Because there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

## 12. Keywords

12.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture

## SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C78/C78M – 18, that may impact the use of this test method. (Approved March 1, 2021.)

(1) Section **5.2.6** was revised.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>*



Designation: C143/C143M – 20

## Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C143/C143M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not necessarily exact equivalents; therefore, to ensure conformance with the standard, each system shall be used independently of the other, and values from the two systems shall not be combined.

1.3 The text of this standard refers to notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.<sup>2</sup>)*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.60 on Testing Fresh Concrete.

Current edition approved June 1, 2020. Published July 2020. Originally approved in 1922. Last previous edition approved in 2015 as C143/C143M – 15a. DOI: 10.1520/C0143\_C0143M-20.

<sup>2</sup> Section on Safety Precautions, Manual of Aggregate and Concrete Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:<sup>3</sup>

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C138/C138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

C172/C172M Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

C173/C173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method

C231/C231M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics

### 3. Summary of Test Method

3.1 A sample of freshly mixed concrete is placed and compacted by rodding in a mold shaped as the frustum of a cone. The mold is raised, and the concrete allowed to subside. The vertical distance between the original and displaced position of the center of the top surface of the concrete is measured and reported as the slump of the concrete.

### 4. Significance and Use

4.1 This test method is intended to provide the user with a procedure to determine slump of plastic hydraulic-cement concretes.

NOTE 1—This test method was originally developed to provide a technique to monitor the consistency of unhardened concrete. Under laboratory conditions, with strict control of all concrete materials, the slump is generally found to increase proportionally with the water content of a given concrete mixture, and thus to be inversely related to concrete strength. Under field conditions, however, such a strength relationship is

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

not clearly and consistently shown. Care should therefore be taken in relating slump results obtained under field conditions to strength.

4.2 This test method is considered applicable to plastic concrete having coarse aggregate up to 1½ in. [37.5 mm] in size. If the coarse aggregate is larger than 1½ in. [37.5 mm] in size, the test method is applicable when it is performed on the fraction of concrete passing a 1½-in. [37.5-mm] sieve, with the larger aggregate being removed in accordance with the section titled “Additional Procedure for Large Maximum Size Aggregate Concrete” in Practice C172/C172M.

4.3 This test method is not considered applicable to non-plastic and non-cohesive concrete.

NOTE 2—Concretes having slumps less than ½ in. [15 mm] may not be adequately plastic and concretes having slumps greater than about 9 in. [230 mm] may not be adequately cohesive for this test to have significance. Caution should be exercised in interpreting such results.

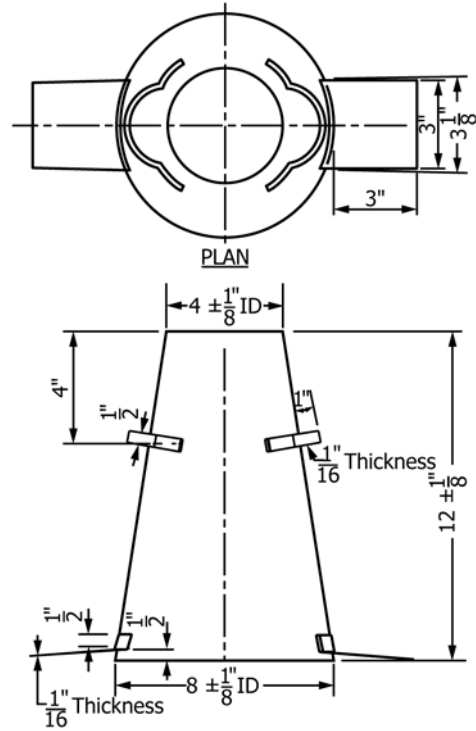
5. Apparatus

5.1 Mold—The test specimen shall be formed in a mold made of metal or plastic not readily attacked by the cement paste. The mold shall be sufficiently rigid to maintain the specified dimensions and tolerances during use, resistant to impact forces, and shall be non-absorbent. Metal molds shall have an average thickness of not less than 0.060 in. [1.5 mm] with no individual thickness measurement less than 0.045 in. [1.15 mm]. Plastic molds shall be ABS plastic or equivalent (Note 3) with a minimum average wall thickness of 0.125 in. [3 mm], with no individual thickness measurement less than 0.100 in. [2.5 mm]. The manufacturer or supplier shall certify the materials used in mold construction are in compliance with the requirements of this test method. The mold shall be in the form of the lateral surface of the frustum of a cone with the base 8 in. [200 mm] in diameter, the top 4 in. [100 mm] in diameter, and the height 12 in. [300 mm]. Individual diameters and heights shall be within ±⅓ in. [3 mm] of the prescribed dimensions. The base and the top shall be open and parallel to each other and at right angles to the axis of the cone. The mold shall be provided with foot pieces and handles similar to those shown in Fig. 1. The mold shall be constructed without a seam. The interior of the mold shall be relatively smooth and free from projections. The mold shall be free from dents, deformation, or adhered mortar. A mold which clamps to a nonabsorbent base plate is acceptable instead of the one illustrated, provided the clamping arrangement is such that it can be fully released without movement of the mold and the base is large enough to contain all of the slumped concrete in an acceptable test.

NOTE 3—ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) plastic exhibits the following minimum mechanical properties:

Tensile modulus of elasticity, at 73 °F [23 °C]	320 000 psi	[2206 MPa]
Tensile strength (Test Method D638)	5670 psi	[39 MPa]
Percent Elongation at Break, at 73 °F [23 °C]	40 %	

5.1.1 Check and record conformance to the mold’s specified dimensions when it is purchased or first placed in service and at least annually thereafter. To measure the top diameter,



		Dimensional Units								
in.		1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12
mm		[2]	[3]	[15]	[25]	[75]	[80]	[100]	[200]	[300]

FIG. 1 Mold for Slump Test

bottom diameter, and height, perform two measurements for each, approximately 90° apart, and record the results of each measurement. To verify mold thickness, perform two measurements approximately 180° apart at 1 ± ½ in. [25 ± 10 mm] from the top of the mold, two measurements approximately 180° apart at 1 ± ½ in. [25 ± 10 mm] from the bottom of the mold, and calculate the average of the four measurements.

5.2 Tamping Rod—A round, smooth, straight steel rod, with a 5/8 in. [16 mm] ± 1/16 in. [2 mm] diameter. The length of the tamping rod shall be at least 4 in. [100 mm] greater than the depth of the mold in which rodding is being performed, but not greater than 24 in. [600 mm] in overall length (Note 4). The rod shall have the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

NOTE 4—A rod length of 16 in. [400 mm] to 24 in. [600 mm] meets the requirements of the following: Practice C31/C31M, Test Method C138/C138M, Test Method C143/C143M, Test Method C173/C173M, and Test Method C231/C231M.

5.3 Measuring Device—A ruler, metal roll-up measuring tape, or similar rigid or semi-rigid length measuring instrument marked in increments of 1/4 in. [5 mm] or smaller. The instrument length shall be at least 12 in. [300 mm].

5.4 Scoop—of a size large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so it is not spilled during placement in the mold.

## 6. Sample

6.1 The sample of concrete from which test specimens are made shall be representative of the entire batch. It shall be obtained in accordance with Practice **C172/C172M**.

## 7. Procedure

7.1 Dampen the mold and place it on a rigid, flat, level, moist, nonabsorbent surface, free of vibration, and that is large enough to contain all of the slumped concrete. It shall be held firmly in place during filling and perimeter cleaning by the operator standing on the two foot pieces or by a clamping arrangement to a base plate as described in **5.1**. From the sample of concrete obtained in accordance with Section **6**, immediately fill the mold in three layers, each approximately one third the volume of the mold (See **Note 5**). Place the concrete in the mold using the scoop described in **5.4**. Move the scoop around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete with minimal segregation.

**NOTE 5**—One third of the volume of the slump mold fills it to a depth of 2 $\frac{3}{8}$  in. [70 mm]; two thirds of the volume fills it to a depth of 6 $\frac{1}{8}$  in. [160 mm].

7.2 Rod each layer 25 times uniformly over the cross section with the rounded end of the rod. For the bottom layer, this will necessitate inclining the rod slightly and making approximately half of the strokes near the perimeter, and then progressing with vertical strokes spirally toward the center. Rod the bottom layer throughout its depth. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm].

7.3 In filling and rodding the top layer, heap the concrete above the mold before rodding is started. If the rodding operation results in subsidence of the concrete below the top edge of the mold, add additional concrete to keep an excess of concrete above the top of the mold at all times. After the top layer has been rodded, strike off the surface of the concrete by means of a screeding and rolling motion of the tamping rod. Continue to hold the mold down firmly and remove concrete from the area surrounding the base of the mold to preclude interference with the movement of slumping concrete. Remove the mold immediately from the concrete by raising it carefully in a vertical direction. Raise the mold a distance of 12 in. [300 mm] in 5  $\pm$  2 s by a steady upward lift with no lateral or torsional motion. Complete the entire test from the start of the filling through removal of the mold without interruption and complete it within an elapsed time of 2 $\frac{1}{2}$  min.

7.4 Immediately measure the slump by determining the vertical difference between the top of the mold and the displaced original center of the top surface of the specimen. If a decided falling away or shearing off of concrete from one side or portion of the mass occurs (**Note 6**), disregard the test and make a new test on another portion of the sample.

**NOTE 6**—If two consecutive tests on a sample of concrete show a falling away or shearing off of a portion of the concrete from the mass of the specimen, the concrete probably lacks necessary plasticity and cohesiveness for the slump test to be applicable.

## 8. Report

8.1 Report the slump in terms of inches [millimetres] to the nearest  $\frac{1}{4}$  in. [5 mm] of subsidence of the specimen during the test.

## 9. Precision and Bias<sup>4</sup>

9.1 *Precision*—The estimates of precision for this test method are based upon results from tests conducted in Fayetteville, Arkansas by 15 technicians from 14 laboratories representing 3 states. All tests at 3 different slump ranges, from 1.0 in. [25 mm] to 6.5 in. [160 mm], were performed using one load of truck-mixed concrete. The concrete was delivered and tested at a low slump, with water then being added and mixed into the remaining concrete to independently produce moderate and finally high-slump concrete. The concrete mixture that used a No. 67 crushed limestone aggregate and a washed river sand, contained 500 lb of cementitious materials per cubic yard [297 kg of cementitious material per cubic metre]. The 500 lb [227 kg] were equally divided between a C150, Type I/II cement and a Class C fly ash. A double dosage of a chemical retarder was used in an attempt to minimize slump losses and maintain workability of the concrete. Concrete temperatures ranged from 86 to 93 °F [30 to 34 °C]. Slump losses averaged 0.68 in. [17 mm] during the 20 min required to perform a series of 6 tests at 1 slump range. Testing was performed alternately using metal and plastic molds, which were determined to produce comparable results. Precision data thus applies to both metal and plastic molds. A total of 270 slump tests were performed.

9.1.1 *Inch-Pound [SI]*—The data used to develop the precision statement were obtained using metric units (millimetres). The precision values shown in inch-pound units are conversions from the millimetre measurements, which were recorded to the nearest 1 mm.

9.1.2 *Measure of Variability*—The standard deviation was determined to be the most consistent measure of variability and was found to vary with the slump value.

9.1.3 *Single-Operator Precision*—The single-operator standard deviation represented by (1s) is shown in **Table 1** by

<sup>4</sup> The test data used to develop this precision statement were based on tests performed in September 1997. Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1022. Contact ASTM Customer Service at service@astm.org.

**TABLE 1 Precision**

Slump and Type Index	Standard Deviation (1s) <sup>a</sup>		Acceptable Range of Two Results (d2s) <sup>a</sup>	
	in.	[mm]	in.	[mm]
<i>Single-Operator Precision:</i>				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.23	[6]	0.65	[17]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.38	[9]	1.07	[25]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.40	[10]	1.13	[28]
<i>Multilaboratory Precision:</i>				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.29	[7]	0.82	[20]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.39	[10]	1.10	[28]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.53	[13]	1.50	[37]

<sup>a</sup> These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice **C670**.

average slump values. The reported results for the replicate readings apply to tests conducted by the same operator performing successive tests, one immediately following the other. Acceptable results of two properly conducted tests by the same operator on the same material (Note 7) will not differ from each other by more than the (d2s) value of the last column of Table 1 for the appropriate slump value and single-operator precision.

9.1.4 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation represented by (1s) is shown in Table 1 by average slump values. The reported results for the replicate readings apply to tests conducted by different operators from different laboratories performing tests less than 4 min apart.

Therefore, acceptable results of two properly conducted slump tests on the same material (Note 7) by two different laboratories will not differ from each other by more than the (d2s) value of the last column of Table 1 for the appropriate slump value and multilaboratory precision.

NOTE 7—“Same materials,” is used to mean freshly mixed concrete from one batch.

9.2 *Bias*—This test method has no bias since slump is defined only in terms of this test method.

## 10. Keywords

10.1 concrete; concrete slump; cone; consistency; plasticity; slump; workability

## SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C143/C143M – 15a) that may impact the use of this standard. (Approved June 1, 2020.)

### (1) Revised 1.3.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/*



# Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C128; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

## 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of relative density (specific gravity) and the absorption of fine aggregates. The relative density (specific gravity), a dimensionless quality, is expressed as oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or as apparent relative density (specific gravity). The OD relative density is determined after drying the aggregate. The SSD relative density and absorption are determined after soaking the aggregate in water for a prescribed duration.

1.2 This test method is not intended to be used for lightweight aggregates that comply with Specification C332 Group I aggregates.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 The text of this test method references notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this test method.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

C29/C29M Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

C70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate

C117 Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200)

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Jan. 1, 2015. Published March 2015. Originally approved in 1936. Last previous edition approved in 2012 as C128–12. DOI: 10.1520/C0128-15.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard’s Document Summary page on the ASTM website.

Sieve in Mineral Aggregates by Washing

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C127 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

C330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

C332 Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

C188 Test Method for Density of Hydraulic Cement

C566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

C1252 Test Methods for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as Influenced by Particle Shape, Surface Texture, and Grading) (Withdrawn 2015)<sup>3</sup>

D75 Practice for Sampling Aggregates

D854 Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

2.2 *AASHTO Standard:*

AASHTO T 84 Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates<sup>4</sup>

## 3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

## 4. Summary of Test Method

4.1 A sample of aggregate is immersed in water for  $24 \pm 4$  h to essentially fill the pores. It is then removed from the water, the water is dried from the surface of the particles, and the mass determined. Subsequently, the sample (or a portion of it) is placed in a graduated container and the volume of the sample is determined by the gravimetric or volumetric method. Finally,

<sup>3</sup> The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

<sup>4</sup> Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, http://www.transportation.org.

the sample is oven-dried and the mass determined again. Using the mass values thus obtained and formulas in this test method, it is possible to calculate relative density (specific gravity) and absorption.

## 5. Significance and Use

5.1 Relative density (specific gravity) is the ratio of mass of an aggregate to the mass of a volume of water equal to the volume of the aggregate particles – also referred to as the absolute volume of the aggregate. It is also expressed as the ratio of the density of the aggregate particles to the density of water. Distinction is made between the density of aggregate particles and the bulk density of aggregates as determined by Test Method **C29/C29M**, which includes the volume of voids between the particles of aggregates.

5.2 Relative density is used to calculate the volume occupied by the aggregate in various mixtures containing aggregate including hydraulic cement concrete, bituminous concrete, and other mixtures that are proportioned or analyzed on an absolute volume basis. Relative density (specific gravity) is also used in the computation of voids in aggregate in Test Method **C29/C29M** and in Test Method **C1252**. Relative density (specific gravity) (SSD) is used in the determination of surface moisture on fine aggregate by displacement of water in Test Method **C70**. Relative density (specific gravity) (SSD) is used if the aggregate is in a saturated surface-dry condition, that is, if its absorption has been satisfied. Alternatively, the relative density (specific gravity) (OD) is used for computations when the aggregate is dry or assumed to be dry.

5.3 Apparent relative density (specific gravity) pertain to the solid material making up the constituent particles not including the pore space within the particles that is accessible to water. This value is not widely used in construction aggregate technology.

5.4 Absorption values are used to calculate the change in the mass of an aggregate material due to water absorbed in the pore spaces within the constituent particles, compared to the dry condition, if it is deemed that the aggregate has been in contact with water long enough to satisfy most of the absorption potential. The laboratory standard for absorption is that obtained after submerging dry aggregate for a prescribed period of time. Aggregates mined from below the water table commonly have a moisture content greater than the absorption determined by this test method, if used without opportunity to dry prior to use. Conversely, some aggregates that have not been continuously maintained in a moist condition until used are likely to contain an amount of absorbed moisture less than the 24-h soaked condition. For an aggregate that has been in contact with water and that has free moisture on the particle surfaces, the percentage of free moisture is determined by deducting the absorption from the total moisture content determined by Test Method **C566** by drying.

5.5 The general procedures described in this test method are suitable for determining the absorption of aggregates that have had conditioning other than the 24-h soak, such as boiling water or vacuum saturation. The values obtained for absorption by other test methods will be different than the values obtained

by the prescribed 24-h soak, as will the relative density (specific gravity) (SSD).

## 6. Apparatus

6.1 *Balance*—A balance or scale having a capacity of 1 kg or more, sensitive to 0.1 g or less, and accurate within 0.1 % of the test load at any point within the range of use for this test method. Within any 100-g range of test load, a difference between readings shall be accurate within 0.1 g.

6.2 *Pycnometer (for Use with Gravimetric Procedure)*—A flask or other suitable container into which the fine aggregate test sample can be readily introduced and in which the volume content can be reproduced within  $\pm 0.1 \text{ cm}^3$ . The volume of the container filled to mark shall be at least 50 % greater than the space required to accommodate the test sample. A volumetric flask of 500-cm<sup>3</sup> capacity or a fruit jar fitted with a pycnometer top is satisfactory for a 500-g test sample of most fine aggregates.

6.3 *Flask (for Use with Volumetric Procedure)*—A Le Chatelier flask as described in Test Method **C188** is satisfactory for an approximately 55-g test sample.

6.4 *Mold and Tamper for Surface Moisture Test*—The metal mold shall be in the form of a frustum of a cone with dimensions as follows:  $40 \pm 3$ -mm inside diameter at the top,  $90 \pm 3$ -mm inside diameter at the bottom, and  $75 \pm 3$  mm in height, with the metal having a minimum thickness of 0.8 mm. The metal tamper shall have a mass of  $340 \pm 15$  g and a flat circular tamping face  $25 \pm 3$  mm in diameter.

6.5 *Oven*—An oven of sufficient size, capable of maintaining a uniform temperature of  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ).

## 7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice **D75**. Thoroughly mix the sample and reduce it to obtain a test specimen of approximately 1 kg using the applicable procedures described in Practice **C702**.

## 8. Preparation of Test Specimen

8.1 Place the test specimen in a suitable pan or vessel and dry in the oven to constant mass at a temperature of  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Allow it to cool to comfortable handling temperature (approximately  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ), cover with water, either by immersion or by the addition of at least 6 % moisture to the fine aggregate, and permit to stand for  $24 \pm 4$  h. When Specification **C330** or Specification **C332** Group II lightweight aggregates are used, immerse the aggregate in water at room temperature for a period of  $72 \pm 4$  h, stirring for at least one minute every 24 h.

8.1.1 When the absorption and relative density (specific gravity) values are to be used in proportioning concrete mixtures in which the aggregates will be in their naturally moist condition, the requirement in 8.1 for initial drying is optional, and, if the surfaces of the particles in the sample have been kept continuously wet until tested, the requirement in 8.1 for  $24 \pm 4$  h soaking or  $72 \pm 4$  h is also optional.

NOTE 1—Values for absorption and for relative density (specific gravity) (SSD) may be significantly higher for aggregate not oven dried



before soaking than for the same aggregate treated in accordance with 8.1.

8.2 Decant excess water with care to avoid loss of fines (see also [Appendix X1](#)), spread the sample on a flat nonabsorbent surface exposed to a gently moving current of warm air, and stir frequently to secure homogeneous drying. Employ mechanical aids such as tumbling or stirring to assist in achieving the saturated surface-dry condition, if desired. Continue this operation until the test specimen approaches a free-flowing condition. Follow the procedure in 8.3 to determine if surface moisture is still present on the constituent fine aggregate particles. Make the first trial for surface moisture when there is still some surface water in the test specimen. Continue drying with constant stirring and test at frequent intervals until the test indicates that the specimen has reached a surface-dry condition. If the first trial of the surface moisture test indicates that moisture is not present on the surface, it has been dried past the saturated surface-dry condition. In this case, thoroughly mix a few millilitres of water with the fine aggregate and permit the specimen to stand in a covered container for 30 min. Then resume the process of drying and testing at frequent intervals for the onset of the surface-dry condition.

8.3 *Test for Surface Moisture*—Hold the mold firmly on a smooth nonabsorbent surface with the large diameter down. Place a portion of the partially dried fine aggregate loosely in the mold by filling it to overflowing and heaping additional material above the top of the mold by holding it with the cupped fingers of the hand holding the mold. Lightly tamp the fine aggregate into the mold with 25 light drops of the tamper. Start each drop approximately 5 mm above the top surface of the fine aggregate. Permit the tamper to fall freely under gravitational attraction on each drop. Adjust the starting height to the new surface elevation after each drop and distribute the drops over the surface. Remove loose sand from the base and lift the mold vertically. If surface moisture is still present, the fine aggregate will retain the molded shape. Slight slumping of the molded fine aggregate indicates that it has reached a surface-dry condition.

8.3.1 Some fine aggregate with predominately angular-shaped particles or with a high proportion of fines does not slump in the cone test upon reaching the surface-dry condition. Test by dropping a handful of the fine aggregate from the cone test onto a surface from a height of 100 to 150 mm, and observe for fines becoming airborne; presence of airborne fines indicates this problem. For these materials, consider the saturated surface-dry condition as the point that one side of the fine aggregate slumps slightly upon removing the mold.

NOTE 2—The following criteria have also been used on materials that do not readily slump:

(1) *Provisional Cone Test*—Fill the cone mold as described in 8.3 except only use 10 drops of the tamper. Add more fine aggregate and use 10 drops of the tamper again. Then add material two more times using 3 and 2 drops of the tamper, respectively. Level off the material even with the top of the mold, remove loose material from the base; and lift the mold vertically.

(2) *Provisional Surface Test*—If airborne fines are noted when the fine aggregate is such that it will not slump when it is at a moisture condition, add more moisture to the sand, and

at the onset of the surface-dry condition, with the hand lightly pat approximately 100 g of the material on a flat, dry, clean, dark or dull nonabsorbent surface such as a sheet of rubber, a worn oxidized, galvanized, or steel surface, or a black-painted metal surface. After 1 to 3 s, remove the fine aggregate. If noticeable moisture shows on the test surface for more than 1 to 2 s then surface moisture is considered to be present on the fine aggregate.

(3) Colorimetric procedures described by Kandhal and Lee, Highway Research Record No. 307, p. 44.

(4) For reaching the saturated surface-dry condition on a single size material that slumps when wet, hard-finish paper towels can be used to surface dry the material until the point is just reached where the paper towel does not appear to be picking up moisture from the surfaces of the fine aggregate particles.

## 9. Procedure

9.1 Test by either the gravimetric procedure in 9.2 or the volumetric procedure in 9.3. Make all determinations of mass to 0.1 g.

### 9.2 Gravimetric (Pycnometer) Procedure:

9.2.1 Partially fill the pycnometer with water. Introduce into the pycnometer  $500 \pm 10$  g of saturated surface-dry fine aggregate prepared as described in Section 8, and fill with additional water to approximately 90 % of capacity. Agitate the pycnometer as described in 9.2.1.1 (manually) or 9.2.1.2 (mechanically).

9.2.1.1 Manually roll, invert, or agitate the pycnometer (or use a combination of these actions) to eliminate visible air bubbles.

NOTE 3—About 15 to 20 min are normally required to eliminate the air bubbles by manual methods. Dipping the tip of a paper towel into the pycnometer has been found to be useful in dispersing the foam that sometimes builds up when eliminating the air bubbles. Optionally, a small amount of isopropyl alcohol may be used to disperse the foam.

9.2.1.2 Mechanically agitate the pycnometer by external vibration in a manner that will not degrade the sample. A level of agitation adjusted to just set individual particles in motion is sufficient to promote de-airing without degradation. A mechanical agitator shall be considered acceptable for use if comparison tests for each six-month period of use show variations less than the acceptable range of two results (d2s) indicated in Table 1 from the results of manual agitation on the same material.

9.2.2 After eliminating all air bubbles, adjust the temperature of the pycnometer and its contents to  $23.0 \pm 2.0$  °C if necessary by partial immersion in circulating water, and bring the water level in the pycnometer to its calibrated capacity. Determine the total mass of the pycnometer, specimen, and water.

9.2.3 Remove the fine aggregate from the pycnometer, dry in the oven to constant mass at a temperature of  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F), cool in air at room temperature for  $1 \pm \frac{1}{2}$  h, and determine the mass.

9.2.4 Determine the mass of the pycnometer filled to its calibrated capacity with water at  $23.0 \pm 2.0$  °C.

### 9.3 Volumetric (Le Chatelier Flask) Procedure:

9.3.1 Fill the flask initially with water to a point on the stem between the 0 and the 1-mL mark. Record this initial reading with flask and contents within the temperature range of  $23.0 \pm 2.0$  °C. Add  $55 \pm 5$  g of fine aggregate in the saturated surface-dry condition (or other measured quantity as necessary). After all fine aggregate has been introduced, place the stopper in the flask and roll the flask in an inclined position, or gently whirl it in a horizontal circle so as to dislodge all entrapped air, continuing until no further bubbles rise to the surface (Note 4). Take a final reading with the flask and contents within 1 °C of the original temperature.

NOTE 4—A small measured amount (not to exceed 1 mL) of isopropyl alcohol may be used to eliminate foam appearing on the water surface. The volume of alcohol used must be subtracted from the final reading ( $R_2$ ).

9.3.2 For determination of the absorption, use a separate 500 ± 10-g portion of the saturated surface-dry fine aggregate, dry to constant mass, and determine the dry mass.

## 10. Calculations

10.1 *Symbols*:  $A$  = mass of oven dry specimen, g

$B$  = mass of pycnometer filled with water, to calibration mark, g

$C$  = mass of pycnometer filled with specimen and water to calibration mark, g

$R_1$  = initial reading of water level in Le Chatelier flask, mL

$R_2$  = final reading of water in Le Chatelier flask, mL

$S$  = mass of saturated surface-dry specimen (used in the gravimetric procedure for density and relative density (specific gravity), or for absorption with both procedures), g

$S_1$  = mass of saturated surface-dry specimen (used in the volumetric procedure for density and relative density (specific gravity)), g

10.2 *Relative Density (Specific Gravity)*:

10.2.1 *Relative Density (Specific Gravity) (Oven dry)*—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of oven-dry aggregate as follows:

10.2.1.1 *Gravimetric Procedure*:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = A/(B + S - C) \quad (1)$$

10.2.1.2 *Volumetric Procedure*:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = [S_1 (A/S)]/[0.9975 (R_2 - R_1)] \quad (2)$$

10.2.2 *Relative Density (Specific Gravity) (Saturated Surface-dry)*—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of saturated surface-dry aggregate as follows:

10.2.2.1 *Gravimetric Procedure*:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = S/(B + S - C) \quad (3)$$

10.2.2.2 *Volumetric Procedure*:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = S_1/[0.9975 (R_2 - R_1)] \quad (4)$$

10.2.3 *Apparent Relative Density (Specific Gravity)*—Calculate the apparent relative density (specific gravity) as follows:

10.2.3.1 *Gravimetric Procedure*:

$$\text{Apparent relative density (specific gravity)} = A/(B + A - C) \quad (5)$$

10.2.3.2 *Volumetric Procedure*:

Apparent relative density (specific gravity)

$$= \frac{S_1 (A/S)}{0.9975 (R_2 - R_1) - [(S_1/S)(S - A)]} \quad (6)$$

10.3 *Absorption*—Calculate the percentage of absorption as follows:

$$\text{Absorption, \%} = 100 [(S - A)/A] \quad (7)$$

## 11. Report

11.1 Report relative density (specific gravity) results to the nearest 0.01 and indicate the basis for relative density (specific gravity), as either oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or apparent.

11.2 Report the absorption result to the nearest 0.1 %.

11.3 If the relative density (specific gravity) values were determined without first drying the aggregate, as permitted in 8.2, note that fact in the report.

## 12. Precision and Bias

12.1 *Precision*—The estimates of precision of this test method (listed in Table 1) are based on results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by this test method and AASHTO T 84. The significant difference between the methods is that Test Method C128 requires a saturation period of 24

**TABLE 1 Precision**

	Standard Deviation	Acceptable Range of Two Results (d2s) <sup>A</sup>
<b>Single-Operator Precision</b>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.011	0.032
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.0095	0.027
Apparent relative density (specific gravity)	0.0095	0.027
Absorption, <sup>B</sup> %	0.11	0.31
<b>Multilaboratory Precision</b>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.023	0.066
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.020	0.056
Apparent relative density (specific gravity)	0.020	0.056
Absorption, <sup>B</sup> %	0.23	0.66

<sup>A</sup> These numbers represent the (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of combined AASHTO Materials Reference Laboratory proficiency sample data from laboratories using 15 to 19-h saturation times and other laboratories using 24 ± 4-h saturation time. Testing was performed on normal weight aggregates, and started with aggregates in the oven-dry condition.

<sup>B</sup> Precision estimates are based on aggregates with absorptions of less than 1 % and may differ for manufactured fine aggregates and the aggregates having absorption values greater than 1 %.

± 4 h, and AASHTO Test Method T 84 requires a saturation period of 15 to 19 h. This difference has been found to have an insignificant effect on the precision indices. The data are based on the analyses of more than 100 paired test results from 40 to 100 laboratories.

12.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias for this test method, no statement on bias is being made.

### 13. Keywords

13.1 absorption; aggregate; apparent relative density; fine aggregate; relative density; specific gravity

## APPENDIXES

### (Nonmandatory Information)

#### X1. POTENTIAL DIFFERENCES IN BULK RELATIVE DENSITY AND ABSORPTION DUE TO PRESENCE OF MATERIAL FINER THAN 75 μm

X1.1 It has been found that there may be significant differences in bulk relative density and absorption between fine aggregate samples tested with the material finer than 75 μm (No. 200) present and not present in the samples. Samples from which the material finer than 75 μm is not removed usually give a higher absorption and a lower bulk relative density compared with testing the same fine aggregate from which the material finer than 75 μm is removed following the procedures of Test Method C117. Samples with material finer than 75 μm may build up a coating around the coarser fine aggregate particles during the surface drying process. The resultant relative density and absorption that is subsequently measured is that of the agglomerated and coated particles and not that of the parent material. The difference in absorption and relative density determined between samples from which the material finer than 75 μm have not been removed and samples from which the material finer than 75 μm have been removed

depends on both the amount of the material finer than 75 μm present and the nature of the material. When the material finer than 75 μm is less than about 4 % by mass, the difference in relative density between washed and unwashed samples is less than 0.03. When the material finer than 75 μm is greater than about 8 % by mass, the difference in relative density obtained between washed and unwashed samples may be as great as 0.13. It has been found that the relative density determined on fine aggregate from which the material finer than 75 μm has been removed prior to testing more accurately reflects the relative density of the material.

X1.2 The material finer than 75 μm, which is removed, can be assumed to have the same relative density as the fine aggregate. Alternatively, the relative density (specific gravity) of the material finer than 75 μm may be further evaluated using Test Method D854, however, this test determines the apparent relative density and not the bulk relative density.

#### X2. INTERRELATIONSHIPS BETWEEN RELATIVE DENSITIES (SPECIFIC GRAVITIES) AND ABSORPTION AS DEFINED IN TEST METHODS C127 AND C128

X2.1 This appendix gives mathematical interrelationships among the three types of relative densities (specific gravities) and absorption. These may be useful in checking the consistency of reported data or calculating a value that was not reported by using other reported data.

X2.2 Where:

$S_d$  = relative density (specific gravity) (OD),  
 $S_s$  = relative density (specific gravity) (SSD),  
 $S_a$  = apparent relative density (apparent specific gravity),  
 and  
 $A$  = absorption, in %.

Calculate the values of each as follows:

$$S_s = (1 + A/100)S_d \quad (\text{X2.1})$$

$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{X2.2})$$

$$\text{or } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} \quad (\text{X2.3})$$

$$= \frac{S_s}{1 - \frac{A}{100}(S_s - 1)}$$

$$A = \left( \frac{S_s}{S_a} - 1 \right) 100 \quad (\text{X2.4})$$

$$A = \left( \frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)} \right) 100 \quad (\text{X2.5})$$

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>*

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.**

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia  
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640  
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017  
11-LAC-004

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**

**F-27211-001 R1**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 6

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	ELE INTERNACIONAL
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	36 - 0690/06
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	180300131 // 1939-1-10045
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	LC-00135
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1200 kN
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	MZA. A LOTE 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	LIMA - PERÚ
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 09 - 15
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 12 - 07

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

*The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.*

*This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.*

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 06  
*Number of pages of the certificate and documents attached*

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**

*Signatures Authorizing the Certificate*



**Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda**  
*Metrólogo Laboratorio de Metrología*



**Tecg. Francisco Durán Romero**  
*Metrólogo Laboratorio de Metrología*

**DATOS TÉCNICOS**

**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**

<b>Clase</b>	1,0
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital
<b>División de Escala</b>	0,1 kN
<b>Resolución</b>	0,1 kN
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 17 % al 83 % de la carga máxima.
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	20 kN

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

**Tabla 1.**  
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kN
		S <sub>1</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> ' No Aplica ----	S <sub>3</sub> Ascendente kN	S <sub>4</sub> No Aplica ----	
%	kN						
17	200,0	199,92	199,96	----	199,90	----	199,93
25	300,0	301,31	301,20	----	300,98	----	301,16
33	400,0	399,57	399,64	----	400,04	----	399,75
42	500,0	501,36	501,79	----	501,45	----	501,53
50	600,0	602,49	603,02	----	601,99	----	602,50
58	700,0	703,36	704,08	----	703,79	----	703,74
67	800,0	803,65	803,91	----	804,01	----	803,86
75	900,0	903,86	904,06	----	904,25	----	904,06
83	995,0	997,81	997,25	----	997,08	----	997,38

LM-PC-05-F-01 R12.6

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.**

Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

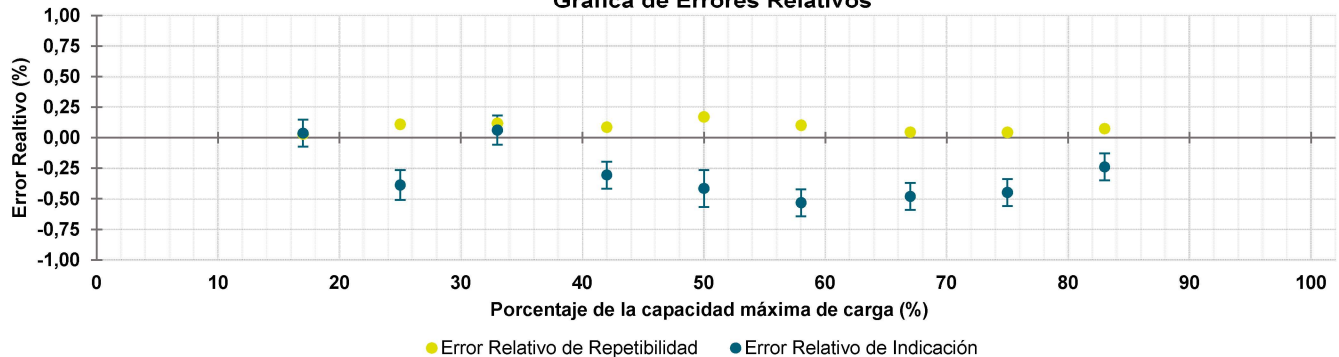
$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	----	0,000	----

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC %	Indicación kN	Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		$k_{p \approx 95 \%}$ ----
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		kN	%	
17	200,0	0,04	0,03	----	0,050	0,22	0,11	2,01
25	300,0	-0,39	0,11	----	0,033	0,36	0,12	2,09
33	400,0	0,06	0,12	----	0,025	0,48	0,12	2,20
42	500,0	-0,31	0,09	----	0,020	0,55	0,11	2,06
50	600,0	-0,41	0,17	----	0,017	0,90	0,15	2,43
58	700,0	-0,53	0,10	----	0,014	0,77	0,11	2,21
67	800,0	-0,48	0,04	----	0,013	0,88	0,11	2,03
75	900,0	-0,45	0,04	----	0,011	0,99	0,11	2,03
83	995,0	-0,24	0,07	----	0,010	1,1	0,11	2,13

**Gráfica de Errores Relativos**



**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO DE CONCRETO de la empresa INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC ubicada en LIMA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

<b>Temperatura Ambiente Máxima:</b>	18,5 °C	<b>Temperatura Ambiente Mínima:</b>	18,0 °C
<b>Humedad Relativa Máxima:</b>	77 % HR	<b>Humedad Relativa Mínima:</b>	76 % HR

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.**

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R<sup>2</sup>, el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
4,38634 E00	9,65010 E-01	8,37939 E-05	-5,07573 E-08		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada ( kN )

Indicación kN	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0
200,0	200,33	210,26	220,20	230,15	240,11
250,0	250,08	260,06	270,05	280,04	290,05
300,0	300,06	310,08	320,11	330,14	340,18
350,0	350,23	360,28	370,34	380,40	390,47
400,0	400,55	410,63	420,71	430,80	440,89
450,0	450,98	461,08	471,18	481,28	491,39
500,0	501,50	511,60	521,71	531,82	541,93
550,0	552,04	562,16	572,27	582,38	592,49
600,0	602,59	612,70	622,81	632,91	643,01
650,0	653,11	663,20	673,29	683,38	693,46
700,0	703,54	713,62	723,69	733,75	743,81
750,0	753,86	763,91	773,95	783,99	794,01
800,0	804,03	814,05	824,05	834,05	844,04
850,0	854,01	863,98	873,94	883,90	893,84
900,0	903,77	913,69	923,59	933,49	943,38
950,0	953,25	963,11	972,96	982,80	992,62
1 000,0	1 002,4				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,0	199,93	200,33	0,4
300,0	301,16	300,06	- 1,1
400,0	399,75	400,55	0,8
500,0	501,53	501,50	0,0
600,0	602,50	602,59	0,1
700,0	703,74	703,54	- 0,2
800,0	803,86	804,03	0,2
900,0	904,06	903,77	- 0,3
995,0	997,38	997,53	0,1



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

La Tabla 7 y Tabla 8 de este Certificado de Calibración se generan debido a que las unidades de la indicación del equipo bajo Calibración no coinciden con los Newton que son las unidades definidas en el Sistema Internacional de Unidades para la magnitud derivada fuerza. Los valores aquí presentados corresponden a la multiplicación de los resultados plasmados en la Tabla 1 y Tabla 3 de este Certificado de Calibración por el factor de conversión correspondiente. Cabe aclarar que los resultados mostrados como valores relativos no se modifican al realizar la conversión de unidades.

El factor de conversión utilizado para los calculos fue: (kgf) a (N) = 9,806 65 , tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo B8.

**Tabla 7.**

Indicaciones obtenidas durante la Calibración para cada valor de carga aplicado en kgf

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kgf
		S <sub>1</sub> Ascendente kgf	S <sub>2</sub> Ascendente kgf	S <sub>2</sub> ' No Aplica ----	S <sub>3</sub> Ascendente kgf	S <sub>4</sub> No Aplica ----	
%	kgf						
17	20 394,3	20 386,2	20 390,3	----	20 384,1	----	20 386,9
25	30 591,5	30 725,1	30 713,9	----	30 691,4	----	30 710,1
33	40 788,6	40 744,8	40 752,0	----	40 792,7	----	40 763,2
42	50 985,8	51 124,5	51 168,4	----	51 133,7	----	51 142,2
50	61 183,0	61 436,9	61 491,0	----	61 385,9	----	61 437,9
58	71 380,1	71 722,8	71 796,2	----	71 766,6	----	71 761,9
67	81 577,3	81 949,5	81 976,0	----	81 986,2	----	81 970,6
75	91 774,5	92 168,1	92 188,5	----	92 207,9	----	92 188,2
83	101 461,8	101 748,4	101 691,3	----	101 674,1	----	101 704,6

**Tabla 8.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Carga Aplicada		Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U		k <sub>p ≈ 95 %</sub> ----
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %		kgf	%	
%	kgf							
17	20 394,3	0,04	0,03	----	0,050	22	0,11	2,01
25	30 591,5	-0,39	0,11	----	0,033	37	0,12	2,09
33	40 788,6	0,06	0,12	----	0,025	49	0,12	2,20
42	50 985,8	-0,31	0,09	----	0,020	56	0,11	2,06
50	61 183,0	-0,41	0,17	----	0,017	92	0,15	2,43
58	71 380,1	-0,53	0,10	----	0,014	79	0,11	2,21
67	81 577,3	-0,48	0,04	----	0,013	90	0,11	2,03
75	91 774,5	-0,45	0,04	----	0,011	101	0,11	2,03
83	101 461,8	-0,24	0,07	----	0,010	112	0,11	2,13

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,429$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD**

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

**Instrumento Patrón**

<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN.
<b>Modelo</b>	KAL-1MN.
<b>Clase</b>	1,0.
<b>Código Interno</b>	017401.
<b>Certificado de Calibración</b>	5516 del INM.
<b>Próxima Calibración</b>	2023-12.

**CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO**

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

\*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

**OBSERVACIONES**

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- No se puede realizar la calibración suplementaria por debajo del 20% del límite superior. Los resultados en valores discretos de fuerza reportados fueron aprobados por el cliente, para el intervalo del 20% al 100%, según ISO 7500-1:2018 Numeral 6.4.5.
- El presente Certificado reemplaza al Certificado de Calibración F-27211-001 R0, expedido el 2022-09-29, el motivo del cambio es: Se corrige en la sección de trazabilidad el campo número de serie por código interno, a la fecha de próxima calibración se presenta el año y el mes (AA-MM).**
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-27211-001

*Fin del Certificado*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### TC - 08499 - 2023

PROFORMA : 19130 Fecha de emisión: 2023-04-20

SOLICITANTE : INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.  
Dirección : Av. El Naranjal Nro. 613 Urb. Villa Del Norte Lima-Lima-Los Olivos

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **PIE DE REY**  
Tipo : Digital  
Marca : INSIZE  
Modelo : 1112-150  
N° de Serie : 2508211720  
Intervalo de Indicación : 0 mm a 150 mm  
División de Escala : 0,01 mm  
Procedencia : No Indica  
Identificación : 2023073  
Fecha de Calibración : 2023 - 04 - 20

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST &amp; CONTROL S.A.C.

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	54,3 %	55,7 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



Certificado : TC - 08499 - 2023

**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 0,5 mm a 100 mm Grado 0	LLA-C-081-2022
Comparador Horizontal Incertidumbre de 0,2 $\mu\text{m}$ + 0,78 $\mu\text{m}/\text{m}$ DM-INACAL	Varilla Cilindrica 10 mm	LLA-038-2023
Máquina de Medición por Coordenadas DM-INACAL	Anillo Patrón 5 mm	LLA-299-2022

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Error de referencia inicial (I) = 0  $\mu\text{m}$

**Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores**

Valor Patrón ( mm )	Promedio de la indicación del Pie de Rey ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
50,000	49,990	-10
100,000	99,990	-10
150,000	149,990	-10

**Error de contacto superficie parcial (E)**

Valor Patrón ( mm )	Error ( $\mu\text{m}$ )
150,000	0

Certificado : TC - 08499 - 2023

## RESULTADOS DE MEDICIÓN

### Error de repetibilidad (R)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
150,000	0

### Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S<sub>E-I</sub>)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
10,000	10

### Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S<sub>E-P</sub>)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
10,000	-7

### Error de contacto lineal (L)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
10,000	10

### Error de contacto de superficie completa (J)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
10,000	0

### Error debido a la distancia de cruce de las superficies de medición para medición de interiores (K)

Valor Patrón ( mm )	Error ( μm )
5,000	0

**Incertidumbre de Medición :**  $( 10^2 + 0,01^2 \times L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$

L: Indicación del pie de rey expresado en milímetros (mm)

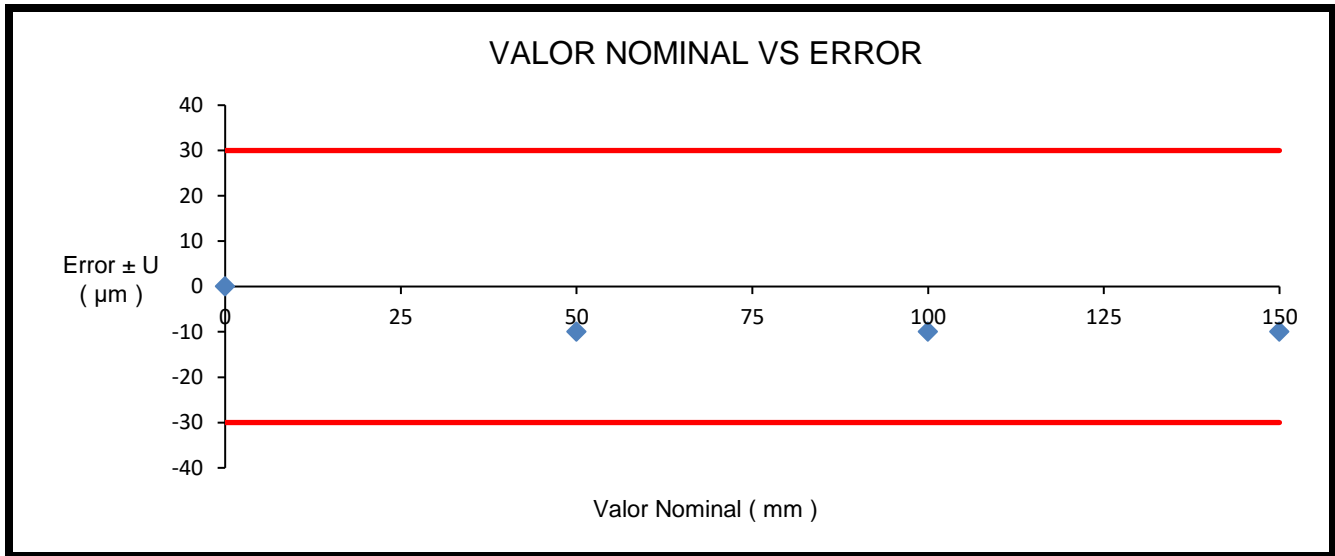
Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores e interiores (SE-I).

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (SE-P).

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permitido de  $\pm 30 \mu\text{m}$ , según norma DIN 862.

Certificado : TC - 08499 - 2023

### RESULTADOS DE MEDICIÓN



#### OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

**FIN DEL DOCUMENTO**

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-227

Número de OT: 151-2023

### CLIENTE

Razón Social : **INGEOCONTROL S.A.C**  
Dirección : AV. NARANJAL N° 613 (LIMA-LIMA-LOS OLIVOS)

### FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-03-27  
Lugar de Calibración : En las Instalaciones del Cliente  
Fecha de Emisión : 2023-04-04

### INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO (ELECTRÓNICA)

Marca	: OHAUS	Procedencia	: CHINA
Modelo	: R21PE30ZH	Identificación	: LG-11 (**)
Serie	: B847537449	Ubicación	: LABORATORIO DE SUELOS

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad de Indicación	: 30000 g	Cap. Mínima (Mín.)	: 20 g
Resolución (d)	: 1 g	Número de Divisiones (n)	: 3000
Div. de Verificación (e):	: 10 g (*)	Clase de Exactitud	: III

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento PC-001 - 1ª Ed. : 2019 - INACAL "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII"; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003:2009.

Sello



Metrólogo

Daniel Vilchez Paico

Director Técnico

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-227

Número de OT: 151-2023

### PATRONES UTILIZADOS

Nombre del Patrón	Identificación	N° de Certificado	Trazabilidad
Pesa de 10 kg / M2	LM-IM-102	LM23-C-060	SMC S.A.C.
Pesas de 20 kg / M2	LM-IM-01 al LM-IM-20	LM23-C-063	SMC S.A.C.
Juego de Pesas de 100 mg a 5 kg / M2	LM-IM-145	LM23-C-070	SMC S.A.C.

### RESULTADOS

#### INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero	: Tiene
- Oscilación libre	: Tiene
- Plataforma	: Tiene
- Escala	: No Tiene

- Display	: Tiene
- Nivelación	: Tiene
- Sistema de traba	: No Tiene
- Cursor	: No Tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,8 °C	27,8 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %



#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= (aproximadamente 50% Max)		15000,0	g
I	ΔL	E	
g	g	g	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,5	0,0	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,5	0,0	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,1 g	
E.M.P		20 g	

Carga L2= (aproximadamente 100% Max)		30001,1	g
I	ΔL	E	
g	g	g	
30000	0,7	-1,3	
30000	0,7	-1,3	
30000	0,7	-1,3	
30000	0,7	-1,3	
30000	0,6	-1,2	
30000	0,6	-1,2	
29999	0,5	-2,1	
30000	0,6	-1,2	
29999	0,5	-2,1	
30000	0,7	-1,3	
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,9 g	
E.M.P		30 g	

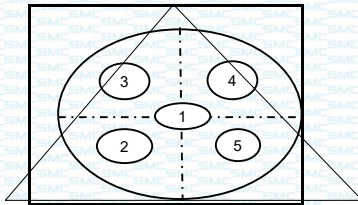


# Certificado de Calibración

## LM23A-C-227

Número de OT: 151-2023

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Circular	<input type="checkbox"/>
Triangular	<input type="checkbox"/>
Rectangular	<input checked="" type="checkbox"/>

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,8 °C	27,7 °C
Humedad Relativa	58 %	59 %

Posición	Carga Mínima g	l g	$\Delta L$ g	$E_0$ g
1	10,0	10	0,7	-0,2
2		10	0,7	-0,2
3		10	0,8	-0,3
4		10	0,8	-0,3
5		10	0,6	-0,1

Carga (L) g	l g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g	EMP
10000,0	10000	0,7	-0,2	0,0	20 g
	9999	0,4	-0,9	-0,7	20 g
	10000	0,7	-0,2	0,1	20 g
	10000	0,5	0,0	0,3	20 g
	9999	0,5	-1,0	-0,9	20 g

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,7 °C	27,8 °C
Humedad Relativa	59 %	59 %



Carga L g	Carga Creciente			
	l g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g
10,0	10	0,7	-0,2	
20,0	20	0,7	-0,2	0,0
1000,0	1000	0,6	-0,1	0,1
3000,0	3000	0,6	-0,1	0,1
5000,0	5000	0,6	-0,1	0,1
9000,0	8999	0,5	-1,0	-0,8
12000,0	12000	0,7	-0,2	0,0
15000,0	15000	0,7	-0,2	0,0
17000,0	17000	0,8	-0,3	-0,1
20001,1	20001	0,7	-0,3	-0,1
24001,1	24001	0,8	-0,4	-0,2
27001,1	27001	0,5	-0,1	0,1
30001,1	30001	0,7	-0,3	-0,1

Carga L g	Carga decreciente				EMP
	l g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g	
21		0,6	0,9	1,1	10 g
1001		0,6	0,9	1,1	10 g
3001		0,7	0,8	1,0	10 g
5001		0,7	0,8	1,0	10 g
9001		0,7	0,8	1,0	20 g
12001		0,6	0,9	1,1	20 g
15001		0,6	0,9	1,1	20 g
17001		0,7	0,8	1,0	20 g
20002		0,8	0,6	0,8	30 g
24002		0,8	0,6	0,8	30 g
27002		0,7	0,7	0,9	30 g
30001		0,7	-0,3	-0,1	30 g

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-227

Número de OT: 151-2023

### LEYENDA

L : Carga colocada sobre la balanza	Ec : Error corregido
I : Indicación de la balanza	$\Delta L$ : Carga Agregada
E : Error encontrado	EMP : Error Máximo Permisible.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

#### Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 4,00 \times 10^{-4} R^2 + 5,68 \times 10^{-2} R + 6,16 \times 10^1 \quad (***)$$

$U_R$  : Incertidumbre expandida de medición expresada en (g)

#### Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,35 \times 10^{-5} R$$

R : Indicación de lectura de la balanza ( g )



### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como  $\Delta T: 0,00001^\circ\text{C}-1$ , según el PC-001 - 1ª Ed. : 2019 - INACAL "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIIB".

(\*\*) Código indicado en la balanza.

(\*\*\*) Incertidumbre reportada en función al CMC.

El presente Certificado de Calibración sustituye al Certificado de Calibración LM23-C-227

Se ajustó la balanza antes de su calibración: SI

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	15000	15000
Aprox. al 100 % de la cap. max.	30001	30002

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LF-B-075-2023**

Página 1 de 3

**Solicitante** : INGEOCONTROL S.A.C.  
**Dirección** : Calle Hurtado de Mendoza 282 - Comas - Lima  
**Instrumento de Medición** : Máquina de Ensayo Uniaxial  
**Marca** : ELE - INTERNATIONAL  
**Serie** : 180300131  
**Modelo** : 36-0690/06  
**Capacidad Máxima** : 1 112 kN  
**Resolución** : 0,1 kN  
**Procedencia** : U.K.  
**Tipo de Indicación** : Digital  
**Serie del Indicador** : 1939-1-10045  
**Fecha de Calibración** : 2023-07-03  
**Fecha de Emisión** : 2023-07-10

Este certificado de calibración es trazable a patrones internacionales y/o nacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

CELDA E.I.R.L. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.

Este certificado de calibración no debe ser reproducido en forma parcial ni modificado sin la autorización de CELDA E.I.R.L.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Los resultados del certificado de calibración sólo son válidos para el objeto calibrado.

**Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,1	23,0



**John Oros Fuerte**  
Laboratorio de Calibración



**Método de Calibración**

La calibración se realizó según la PC-032 ed. 01 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" del INACAL.

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de HBK (Alemania), en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Código	Instrumento patrón	Certificado de Calibración
C-4	Transductor de Fuerza Clase 0,5 de 1000 kN	106082 D-K-12029-01-00 2022-08

**Lugar de Calibración**

Calle Hurtado de Mendoza 282 - Comas - Lima

**Observaciones**

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U), la que se obtiene a partir de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k) igual a 2, de modo que la Probabilidad de Cobertura (p) corresponde a un Nivel de Confianza de aproximadamente 95 %.



**Resultados de Medición**
**Dirección de carga: Compresión**

Indicación del instrumento a calibrar		Indicación en el transductor de fuerza patrón				Error
		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Promedio	
(%)	kN	kN	kN	kN	kN	kN
10	110,0	109,9	110,0	109,8	109,9	0,1
18	200,0	199,9	199,9	200,1	200,0	0,0
27	300,0	299,8	300,1	299,9	299,9	0,1
36	400,0	399,1	400,0	400,1	399,7	0,3
45	500,0	499,7	499,8	499,2	499,6	0,4
54	600,0	599,9	599,7	600,0	599,9	0,1
63	700,0	700,0	699,7	699,6	699,8	0,2
72	800,0	799,7	799,9	799,4	799,7	0,3
81	900,0	899,8	900,0	899,3	899,7	0,3
90	1 000,0	999,3	999,8	999,7	999,6	0,4

Indicación del instrumento a calibrar		Errores de medición relativos de				Incertidumbre U (k=2)
		Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución Relativa	
(%)	kN	q (%)	b (%)	v (%)	a (%)	(%)
10	110,000	0,09	0,18	---	0,09	0,17
18	200,000	0,02	0,12	---	0,05	0,12
27	300,000	0,02	0,13	---	0,03	0,11
36	400,000	0,07	0,24	---	0,03	0,17
45	500,000	0,08	0,12	---	0,02	0,10
54	600,000	0,02	0,05	---	0,02	0,07
63	700,000	0,03	0,06	---	0,01	0,07
72	800,000	0,04	0,06	---	0,01	0,07
81	900,000	0,03	0,07	---	0,01	0,07
90	1 000,000	0,04	0,05	---	0,01	0,07
Error relativo de cero $f_0$		0,00				

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido %				
	Error relativo de				Resolución Relativa
	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Cero $f_0$	
	q	b	v		a
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5



FIN DEL DOCUMENTO

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-228

Número de OT: 151-2023

### CLIENTE

Razón Social : INGEOCONTROL S.A.C  
Dirección : AV. NARANJAL NRO. 613 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)

### FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-03-27  
Lugar de Calibración : En las Instalaciones del Cliente  
Fecha de Emisión : 2023-04-04

### INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO (ELECTRÓNICA)

Marca	: ELETRONIC BALANCE	Identificación	: LG-03	(**)
Modelo	: WT40002GEJ	Procedencia	: CHANGZHOU CHINA	
Serie	: 201224036	Ubicación	: LABORATORIO DE SUELOS	

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad de Indicación	: 4000 g	Capacidad Mínima(Min)	: 0,50 g
Resolución (d)	: 0,01 g	Número de Divisiones (n)	: 40000
Div. de Verificación (e):	: 0,10 g (*)	Clase de Exactitud	: II

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II"; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003:2009.

Sello



Metrólogo

Daniel Vilchez Paico

Director Técnico

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-228

Número de OT: 151-2023

### PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / F1	LM-IM-151	E1279-2131A-2022-1	LO JUSTO
Juego de Pesas / 1 kg a 5 kg / F1	LM-IM-106	LM-C-084-2023	DM - INACAL

### RESULTADOS

#### INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero:	:	Tiene
- Oscilación libre:	:	Tiene
- Plataforma:	:	Tiene
- Escala:	:	No tiene

- Display:	:	Tiene
- Nivelación:	:	Tiene
- Sistema de traba:	:	No tiene
- Cursor:	:	No tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,5 °C	27,7 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %



#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= (aproximadamente 50% Max) 2000,005 g		
I	$\Delta L$	E
g	g	g
2000,00	0,003	-0,003
2000,05	0,005	0,046
2000,02	0,007	0,014
2000,03	0,004	0,027
2000,04	0,007	0,034
2000,03	0,006	0,025
2000,04	0,005	0,036
2000,05	0,007	0,044
2000,02	0,001	0,020
2000,04	0,006	0,035
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,048 g
E.M.P		0,3g

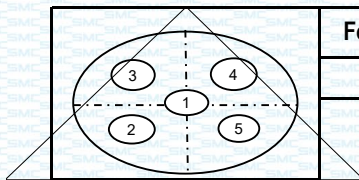
Carga L2= (aproximadamente 100% Max) 4000,008 g		
I	$\Delta L$	E
g	g	g
3999,98	0,003	-0,026
4000,00	0,009	-0,012
4000,01	0,010	-0,003
4000,06	0,005	0,052
4000,03	0,008	0,019
4000,08	0,007	0,070
4000,02	0,006	0,011
4000,06	0,006	0,051
4000,04	0,005	0,032
4000,04	0,008	0,029
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,096 g
E.M.P		0,3g

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-228

Número de OT: 151-2023

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo
CIRCULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,7 °C	27,7 °C
Humedad Relativa	57 %	56 %

Posición	Carga Mínima g	I g	ΔL g	E g
1	0,100	0,10	0,006	-0,001
2		0,10	0,009	-0,004
3		0,10	0,007	-0,002
4		0,10	0,005	0,000
5		0,10	0,006	-0,001

Carga (L) g	I g	ΔL g	E g	Ec g	EMP
1200,002	1200,02	0,005	0,018	0,019	0,2 g
	1200,04	0,007	0,036	0,040	0,2 g
	1200,00	0,002	0,001	0,003	0,2 g
	1200,04	0,004	0,039	0,039	0,2 g
	1200,11	0,006	0,107	0,108	0,2 g

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,7 °C	27,8 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %



Carga L g	Carga Creciente			
	I g	ΔL g	E g	Ec g
0,100	0,10	0,005	0,000	
0,500	0,50	0,009	-0,004	-0,004
50,000	49,99	0,001	-0,006	-0,006
500,001	499,99	0,003	-0,009	-0,009
800,001	799,96	0,003	-0,039	-0,039
1200,002	1199,97	0,007	-0,034	-0,034
1500,002	1499,97	0,002	-0,029	-0,029
2000,005	1999,95	0,003	-0,053	-0,052
2400,005	2399,93	0,006	-0,076	-0,076
2700,005	2699,99	0,007	-0,017	-0,017
3200,006	3199,97	0,007	-0,038	-0,038
3500,007	3499,97	0,009	-0,041	-0,040
4000,008	3999,97	0,006	-0,039	-0,039

Carga L g	Carga decreciente			
	I g	ΔL g	E g	Ec g
				0,1 g
0,50	0,004	0,001	0,001	0,1 g
50,00	0,005	0,000	0,000	0,1 g
500,01	0,006	0,008	0,008	0,2 g
800,00	0,007	-0,003	-0,003	0,2 g
1200,00	0,003	0,000	0,000	0,2 g
1500,01	0,005	0,008	0,008	0,2 g
1999,95	0,005	-0,055	-0,054	0,3 g
2399,95	0,006	-0,056	-0,056	0,3 g
2699,98	0,005	-0,025	-0,025	0,3 g
3199,96	0,003	-0,044	-0,044	0,3 g
3499,98	0,007	-0,029	-0,028	0,3 g
3999,97	0,006	-0,039	-0,039	0,3 g



# Certificado de Calibración

## LM23A-C-228

Número de OT: 151-2023

### LEYENDA

L	: Carga colocada sobre la balanza	Ec	: Error corregido
I	: Indicación de la balanza	ΔL	: Carga Agregada
E	: Error encontrado	EMP	: Error Máximo Permissible.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

#### Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 6,00 \times 10^{-10} R^2 + 7,00 \times 10^{-7} R + 9,08 \times 10^{-2} \quad (***)$$

$U_R$  : Incertidumbre expandida de medición expresada en (g)

#### Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,56 \times 10^{-5} R$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como  $\Delta T: 0,00001^\circ\text{C}-1$ , según el PC-011- 4<sup>ta</sup> Ed.: 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(\*\*) Código indicado en la balanza.

(\*\*\*) Incertidumbre reportada en función al CMC.

El presente Certificado de Calibración sustituye al Certificado de Calibración LM23-C-228

Se ajustó la balanza antes de su calibración: Si

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	2000,00	1999,80
Aprox. al 100 % de la cap. max.	4000,01	4000,06



# Certificado de Calibración

## LM23-C-229

Número de OT: 151-2023

### CLIENTE

Razón Social : INGEOCONTROL S.A.C  
Dirección : AV. NARANJAL NRO. 613 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)

### FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-03-27  
Lugar de Calibración : En las Instalaciones del Cliente  
Fecha de Emisión : 2023-04-04

### INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO (ELECTRÓNICA)

Marca : ELETRONIC BALANCE Identificación : LG-12 (\*\*)  
Modelo : WT150001XEJ Procedencia : CHINA  
Serie : 201224058 Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad de Indicación : 15000 g Capacidad Mínima(Min) : 5,0 g  
Resolución (d) : 0,1 g Número de Divisiones (n) : 15000  
Div. de Verificación (e): : 1,0 g (\*) Clase de Exactitud : II

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II"; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003:2009.

Sello

Metrólogo

Director Técnico



Daniel Vilchez Paico

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

# Certificado de Calibración

## LM23-C-229

Número de OT: 151-2023

### PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Pesa / 10 kg / F1	LM-IM-143	1AM-0920-2022	METROIL S.A.C.
Juego de Pesas / 1 kg a 5 kg / F1	LM-IM-106	LM-C-084-2023	DM - INACAL
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / F1	LM-IM-151	E1279-2131A-2022-1	LO JUSTO

### RESULTADOS

#### INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero:	:	Tiene
- Oscilación libre:	:	Tiene
- Plataforma:	:	Tiene
- Escala:	:	No tiene

- Display:	:	Tiene
- Nivelación:	:	Tiene
- Sistema de traba:	:	No tiene
- Cursor:	:	No tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,5 °C	27,5 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %



#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= (aproximadamente 50% Max) 7000,01 g		
I	ΔL	E
g	g	g
6999,9	0,05	-0,11
6999,9	0,05	-0,11
7000,0	0,07	-0,03
7000,0	0,07	-0,03
6999,9	0,05	-0,11
6999,9	0,05	-0,11
7000,0	0,07	-0,03
7000,0	0,07	-0,03
7000,0	0,07	-0,03
7000,0	0,07	-0,03
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,08 g
E.M.P		2g

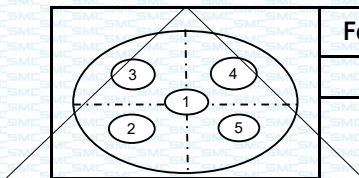
Carga L2= (aproximadamente 100% Max) 15000,03 g		
I	ΔL	E
g	g	g
14999,9	0,06	-0,14
14999,9	0,08	-0,16
14999,9	0,08	-0,16
14999,9	0,08	-0,16
14999,9	0,08	-0,16
14999,9	0,07	-0,15
14999,9	0,07	-0,15
14999,9	0,07	-0,15
14999,9	0,07	-0,15
14999,9	0,07	-0,15
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$		0,02 g
E.M.P		2g

# Certificado de Calibración

## LM23-C-229

Número de OT: 151-2023

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo

RECTANGULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,5 °C	27,8 °C
Humedad Relativa	56 %	57 %

Posición	Carga Mínima g	I g	$\Delta L$ g	E g
1	1,00	1,0	0,08	-0,03
2		1,0	0,08	-0,03
3		1,0	0,08	-0,03
4		1,0	0,07	-0,02
5		1,0	0,07	-0,02

Carga (L) g	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g	EMP
5000,00	5000,0	0,07	-0,02	0,01	2 g
	4999,9	0,05	-0,10	-0,07	2 g
	5000,1	0,07	0,08	0,11	2 g
	5000,1	0,07	0,08	0,10	2 g
	4999,9	0,04	-0,09	-0,07	2 g

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,8 °C	27,8 °C
Humedad Relativa	57 %	56 %



Carga L g	Carga Creciente			
	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g
1,00	1,0	0,07	-0,02	
5,00	5,0	0,05	0,00	0,02
500,00	500,0	0,05	0,00	0,02
2000,00	2000,0	0,05	0,00	0,02
3000,01	3000,0	0,07	-0,03	-0,01
4500,01	4500,0	0,07	-0,03	-0,01
6000,01	5999,9	0,05	-0,11	-0,09
7500,01	7500,0	0,05	-0,01	0,01
9000,01	9000,0	0,08	-0,04	-0,02
10000,02	10000,0	0,08	-0,05	-0,03
12000,03	11999,9	0,05	-0,13	-0,11
13500,03	13500,0	0,07	-0,05	-0,03
15000,03	15000,0	0,07	-0,05	-0,03

Carga L g	Carga decreciente				EMP
	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g	
					1 g
	5,1	0,60	-0,45	-0,43	1 g
	500,1	0,80	-0,65	-0,63	1 g
	2000,1	0,80	-0,65	-0,63	1 g
	3000,1	0,70	-0,56	-0,54	1 g
	4500,0	0,60	-0,56	-0,54	1 g
	6000,1	0,70	-0,56	-0,54	2 g
	7500,1	0,80	-0,66	-0,64	2 g
	9000,1	0,80	-0,66	-0,64	2 g
	10000,1	0,70	-0,57	-0,55	2 g
	12000,1	0,70	-0,58	-0,56	2 g
	13500,1	0,70	-0,58	-0,56	2 g
	15000,0	0,70	-0,68	-0,66	2 g

# Certificado de Calibración

## LM23-C-229

Número de OT: 151-2023

### LEYENDA

L	: Carga colocada sobre la balanza	Ec	: Error corregido
I	: Indicación de la balanza	ΔL	: Carga Agregada
E	: Error encontrado	EMP	: Error Máximo Permissible.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

#### Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2^* \sqrt{3,86 \times 10^{-2} \text{ g}^2 + 8,67 \times 10^{-10} \text{ R}^2}$$

#### Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R + 3,39 \times 10^{-6} R$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como  $\Delta T: 0,00001^\circ\text{C}-1$ , según el PC-011- 4<sup>ta</sup> Ed.: 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(\*) El Valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud lo indica la balanza

(\*\*) Código indicado en la balanza.

El presente Certificado de Calibración sustituye al Certificado de Calibración LM23-C-229

Se ajustó la balanza antes de su calibración: Si

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	7000,0	7000,8
Aprox. al 100 % de la cap. max.	15000,0	15000,5



# Certificado de Calibración

## LM23A-C-230

Número de OT: 151-2023

### CLIENTE

Razón Social : INGEOCONTROL S.A.C  
Dirección : AV. NARANJAL NRO. 613 (LIMA - LIMA - LOS OLIVOS)

### FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-03-27  
Lugar de Calibración : En las Instalaciones del Cliente  
Fecha de Emisión : 2023-04-04

### INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO (ELECTRÓNICA)

Marca	: ANALYTICAL BALANCE	Identificación	: LG-01	(**)
Modelo	: DP2204N	Procedencia	: CHINA	
Serie	: 202003115	Ubicación	: LABORATORIO ENSAYOS AVANZADOS	

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad de Indicación	: 220 g	Capacidad Mínima(Min)	: 0,0100 g
Resolución (d)	: 0,0001 g	Número de Divisiones (n)	: 220000
Div. de Verificación (e):	: 0,0010 g (*)	Clase de Exactitud	: I

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones; siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" ; este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003:2009.

Sello



Metrólogo

Daniel Vilchez Paico

Director Técnico

Wilfredo Reyes Yzaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-230

Número de OT: 151-2023

### PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / E2	LM-IM-147	LM-C-316-2022	DM - INACAL

### RESULTADOS

#### INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero:	:	Tiene
- Oscilación libre:	:	Tiene
- Plataforma:	:	Tiene
- Escala:	:	No tiene

- Display:	:	Tiene
- Nivelación:	:	Tiene
- Sistema de traba:	:	No tiene
- Cursor:	:	No tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	27,8 °C	28,0 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %



#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= (aproximadamente 50% Max) 100,000 g		
I g	$\Delta L$ g	E g
100,0000	--	0,0000
100,0001	--	0,0001
99,9999	--	-0,0001
100,0000	--	0,0000
99,9999	--	-0,0001
99,9999	--	-0,0001
99,9999	--	-0,0001
99,9999	--	-0,0001
99,9999	--	-0,0001
100,0001	--	0,0001
99,9999	--	-0,0001
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$	0,0002	g
E.M.P	0,002	g

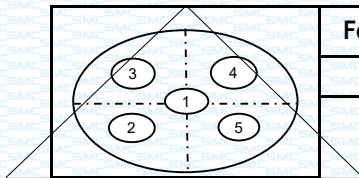
Carga L2= (aproximadamente 100% Max) 200,000 g		
I g	$\Delta L$ g	E g
200,0003	--	0,0003
200,0002	--	0,0002
199,9999	--	-0,0001
200,0000	--	0,0000
199,9999	--	-0,0001
199,9999	--	-0,0001
200,0000	--	0,0000
200,0000	--	0,0000
199,9999	--	-0,0001
199,9998	--	-0,0002
$\Delta E = E_{M\acute{a}x} - E_{M\acute{i}n}$	0,0005	g
E.M.P	0,002	g

# Certificado de Calibración

## LM23A-C-230

Número de OT: 151-2023

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo

CIRCULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	28,0 °C	28,1 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

Posición	Carga Mínima g	I g	$\Delta L$ g	E g
1	0,0050	0,0050	--	0,0000
2		0,0050	--	0,0000
3		0,0050	--	0,0000
4		0,0051	--	0,0001
5		0,0051	--	0,0001

Carga (L) g	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g	EMP
70,0000	69,9998	--	-0,0002	-0,0002	0,002 g
	70,0002	--	0,0002	0,0002	0,002 g
	69,9995	--	-0,0005	-0,0005	0,002 g
	69,9997	--	-0,0003	-0,0004	0,002 g
	70,0007	--	0,0007	0,0006	0,002 g

### ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	28,1 °C	27,9 °C
Humedad Relativa	57 %	56 %



Carga L g	Carga Creciente			
	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g
0,0050	0,0050	--	0,0000	
0,0100	0,0099	--	-0,0001	-0,0001
5,0000	5,0000	--	0,0000	0,0000
20,0000	19,9998	--	-0,0002	-0,0002
50,0000	49,9999	--	-0,0001	-0,0001
65,0000	64,9999	--	-0,0001	-0,0001
90,0000	89,9999	--	-0,0001	-0,0001
110,0000	110,0002	--	0,0002	0,0002
130,0000	130,0000	--	0,0000	0,0000
150,0000	150,0000	--	0,0000	0,0000
170,0000	170,0005	--	0,0005	0,0005
200,0000	200,0002	--	0,0002	0,0002
220,0000	220,0007	--	0,0007	0,0007

Carga L g	Carga decreciente				EMP
	I g	$\Delta L$ g	E g	Ec g	
0,0097	--	--	-0,0003	-0,0003	0,001 g
4,9997	--	--	-0,0003	-0,0003	0,001 g
19,9996	--	--	-0,0004	-0,0004	0,001 g
49,9997	--	--	-0,0003	-0,0003	0,002 g
64,9998	--	--	-0,0002	-0,0002	0,002 g
89,9998	--	--	-0,0002	-0,0002	0,002 g
110,0003	--	--	0,0003	0,0003	0,002 g
130,0000	--	--	0,0000	0,0000	0,002 g
150,0002	--	--	0,0002	0,0002	0,002 g
170,0001	--	--	0,0001	0,0001	0,002 g
200,0003	--	--	0,0003	0,0003	0,002 g
220,0007	--	--	0,0007	0,0007	0,003 g



# Certificado de Calibración

## LM23A-C-230

Número de OT: 151-2023

### LEYENDA

L	: Carga colocada sobre la balanza	Ec	: Error corregido
I	: Indicación de la balanza	ΔL	: Carga Agregada
E	: Error encontrado	EMP	: Error Máximo Permissible.

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

#### Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2^* \sqrt{3,82 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 8,44 \times 10^{-10} \text{ R}^2}$$

#### Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R - 9,17 \times 10^{-7} \text{ R}$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la Incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

### OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como  $\Delta T: 0,00001^\circ\text{C}-1$ , según el PC-011- 4<sup>ta</sup> Ed.: 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(\*) El Valor de "e", capacidad mínima y clase de exactitud están de acuerdo a la NMP-003 "Instrumentos de pesaje de Funcionamiento no Automático"

(\*\*) Código indicado en la balanza.

El presente Certificado de Calibración sustituye al Certificado de Calibración LM23-C-230

Se ajustó la balanza antes de su calibración: Si

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	100,0000	99,9993
Aprox. al 100 % de la cap. max.	200,0000	199,9986



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura****T-28056-004 R0**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PERUTEST	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PT-H76	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	0135	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	2021067	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	30 °C a 300 °C	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C. - INGEOCONTROL S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Mz. A Lt 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - SMP	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Lima - Peru	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2022 - 12 - 21	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2023 - 01 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas que Autorizan el Certificado**

Signatures Authorizing the Certificate

**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA**Tecg. Andrés Molina Ruiz**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

**DATOS TÉCNICOS**

**Método Empleado** Comparación Directa  
**Resolución** 0,1 °C  
**Volumen Útil** 61,3 L

**Documento de Referencia** DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 09/2018

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Metodo A) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isotermo aire sin carga

**Tabla 1.**

Resultados de la medición de temperatura en posición de referencia

Set Point <sup>1</sup> °C	Indicación Promedio del Patrón °C	Indicación Promedio del IBC °C	Corrección a la Indicación °C	Incertidumbre Expandida U °C	k <sub>p=95,45 %</sub> -----
60,0	61,9	60,0	1,9	1,4	2,00
110,0	110,9	110,0	0,9	4,2	2,01
150,0	150,6	150,0	0,6	7,9	2,01
180,0	180,7	180,0	0,6	11,6	2,01



**Figura 1.** Posición de cada sensor.

**Tabla 2.**

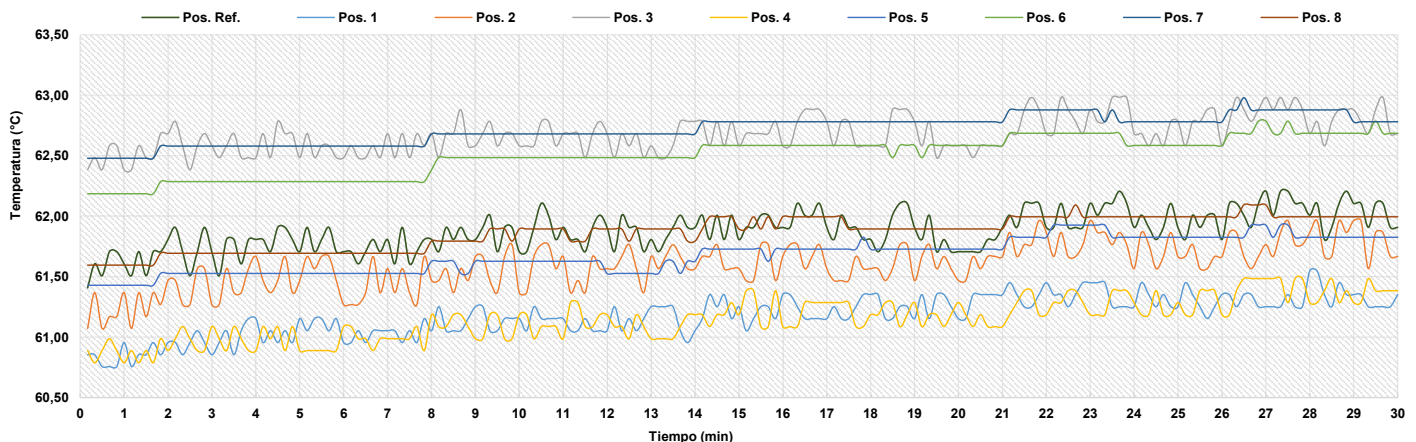
Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 60 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Uniformidad <sup>3</sup> °C	Estabilidad <sup>2</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,0	0,842	0,471	0,678	No Aplica

**Tabla 3.**

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 60 °C

Posición de Referencia °C	Posición 1 °C	Posición 2 °C	Posición 3 °C	Posición 4 °C	Posición 5 °C	Posición 6 °C	Posición 7 °C	Posición 8 °C
61,88	61,18	61,60	62,68	61,15	61,68	62,50	62,72	61,87



**Figura 2.** Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

**Tabla 4.**

Resultados de la caracterización del volúmen del IBC para 110 °C

Set Point <sup>1</sup>	Uniformidad <sup>3</sup>	Estabilidad <sup>2</sup>	Efecto de Radiación <sup>4</sup>	Efecto de Carga <sup>5</sup>
°C	°C	°C	°C	°C
110,0	0,842	0,471	0,678	No Aplica

**Tabla 5.**

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 110 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
110,91	109,95	112,12	112,59	109,83	111,12	114,18	112,94	111,38

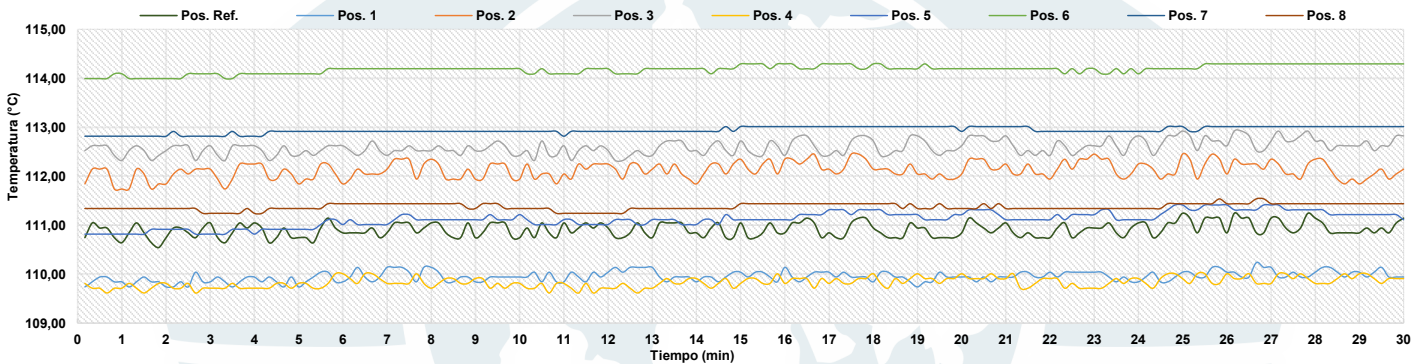


Figura 3. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

**Tabla 6.**

Resultados de la caracterización del volúmen del IBC para 150 °C

Set Point <sup>1</sup>	Uniformidad <sup>3</sup>	Estabilidad <sup>2</sup>	Efecto de Radiación <sup>4</sup>	Efecto de Carga <sup>5</sup>
°C	°C	°C	°C	°C
150,00	6,186	0,416	2,793	No Aplica

**Tabla 7.**

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 150 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
150,626	150,706	154,451	153,217	150,589	153,034	156,812	154,419	151,969

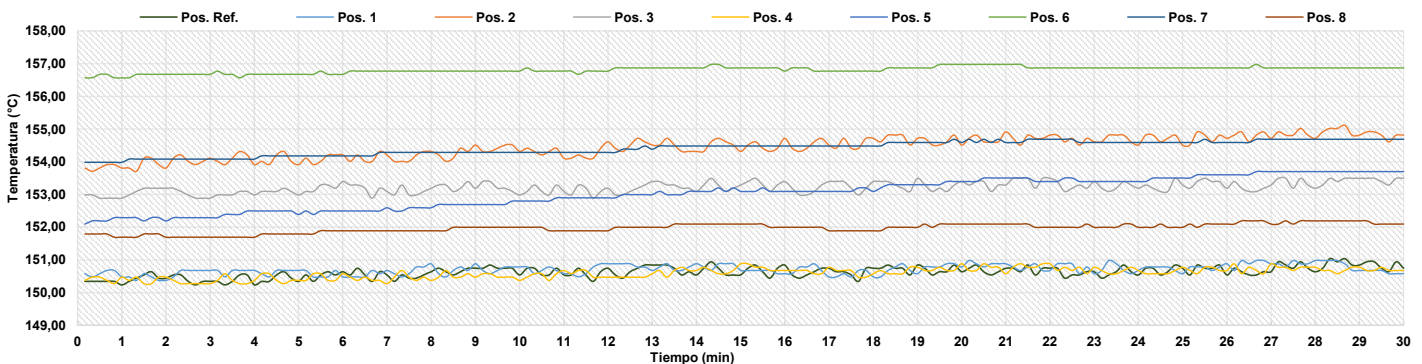


Figura 4. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

**Tabla 8.**

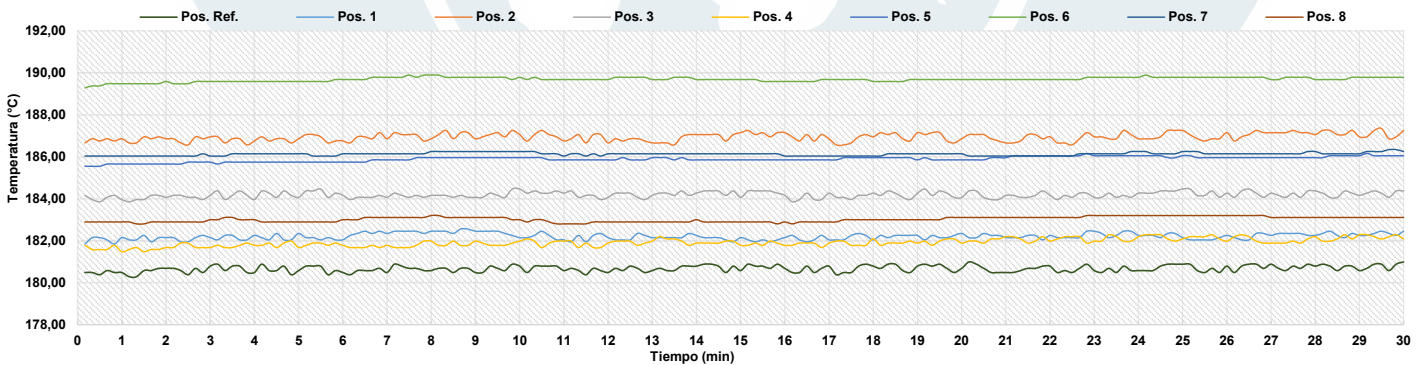
Resultados de la caracterización del volúmen del IBC para 180 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Uniformidad <sup>3</sup> °C	Estabilidad <sup>2</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
<b>180,00</b>	9,029	0,381	4,343	No Aplica

**Tabla 9.**

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 180 °C

Posición de Referencia °C	Posición 1 °C	Posición 2 °C	Posición 3 °C	Posición 4 °C	Posición 5 °C	Posición 6 °C	Posición 7 °C	Posición 8 °C
<b>180,664</b>	182,208	186,944	184,185	181,918	185,894	189,693	186,132	183,022



**Tabla 10.**

LM-PC-21-F-01 R9.0

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

**Definiciones**

- <sup>1</sup> Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- <sup>2</sup> Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor o igual a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- <sup>3</sup> Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia.
- <sup>4</sup> Aplica para medios isoterms con aire como fluido y corresponde al intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire medida con un termómetro que está protegido contra la influencia con un escudo.
- <sup>5</sup> Aplica para medios isoterms con aire como fluido y corresponde a la máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Esta prueba se ejecuta según acuerdo previo con el cliente.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de calibración fue AREA QUIMICO ; INGEOCONTROL S.A.C. ; LIMA . Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

<b>Temperatura Máxima</b>	25,2 °C	<b>Humedad Máxima</b>	78 %HR
<b>Temperatura Mínima</b>	23,2 °C	<b>Humedad Mínima</b>	69 %HR

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado(s) de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR."



<b>Equipo</b>	<b>Certificado de Calibración</b>
Termómetro Digital Multicanal	T-24241-004 R0 Pinzuar

**OBSERVACIONES**

- 1. Se usa la coma como separador decimal.
- 2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y ubicación son acordados y aceptados por el cliente
- 3. El volumen útil o zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
- 4. Se adjunta la etiqueta de calibración **No. T-00028-056**

Fin del Documento

## ANEXO 45 Proceso de elaboración del concreto con adición de ceniza de exoesqueleto de langostino

*Terminal Pesquero V.M.T*



*Lavado de exoesqueleto de langostino*



*Pre secado al medio ambiente de cascara de langostinos*



*Secado en horno de cascara de langostino*



*Calcinación de exoesqueleto de langostino en horno artesanal*



*Pulverizado y tamizado de cascara de langostino*



*Análisis de composición química de ceniza de exoesqueleto de langostino en laboratorio LABICER – UNI*





Tamizado del agregado fino



Agregado fino retenido en los tamices



Tamizado del agregado grueso



*Agregado grueso retenido en los tamices*



*Llenado del molde con agregado fino*



*Compactado y enrasado del agregado fino*





Llenado de arena en picnómetro y colocación de agua



Muestra de agregado saturada y sumergida



Llenado de ceniza de exoesqueleto de langostino y de agua destilada.



Extracción de vacíos y peso total de ~~foja~~ con ceniza de exoesqueleto de langostino y agua destilada.



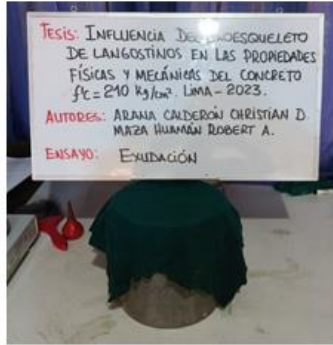
Compactado y enrasado de la mezcla en el cono de Abrams



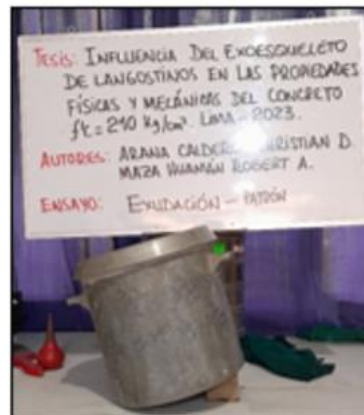
Toma de lectura del asentamiento



*Llenado y tapado de la Olla Washington*



*Inclinación del molde para la extracción del agua exudada*



*Lectura del agua exudada en la mezcla*



### Llenado y compactado de probetas cilíndricas



### Moldeo de probetas cilíndricas



### Llenado y compactado de vigas







### Medición de probetas cilíndricas



### Rotura de probetas cilíndricas patrón a los 7 días



### Rotura de probetas cilíndricas con 1.5% CEL a los 7 días



Rotura de probetas cilíndricas con 2.5% CEL a los 7 días



Rotura de probetas cilíndricas patrón a los 14 días



Rotura de probetas cilíndricas con 1.5% CEL a los 14 días



Rotura de probetas cilíndricas con 2.5% CEL a los 14 días



Rotura de probetas cilíndricas patrón a los 28 días



Rotura de probetas cilíndricas con 1.5% CEL a los 28 días



Rotura de probetas cilíndricas con 2.5% CEL a los 28 días



Rotura de vigas patrón a los 7 días



Rotura de vigas con 1.5% CEL a los 7 días



Rotura de vigas con 2.5% CEL a los 7 días



Rotura de vigas patrón a los 14 días



Rotura de vigas con 1.5% CEL a los 14 días



Rotura de vigas con 2.5% CEL a los 14 días



Rotura de vigas patrón a los 28 días



Rotura de vigas con 1.5% CEL a los 28 días



### Rotura de vigas con 2.5% CEL a los 28 días



### Corte de probetas de ensayo en 3 partes iguales



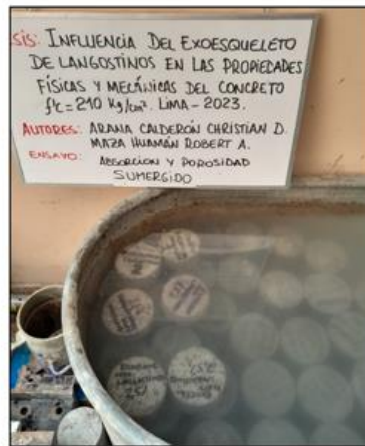
### Determinación de masa antes de entrar al horno



Secado al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  por no menos de 24h.



Muestras sumergidas en agua por 48h

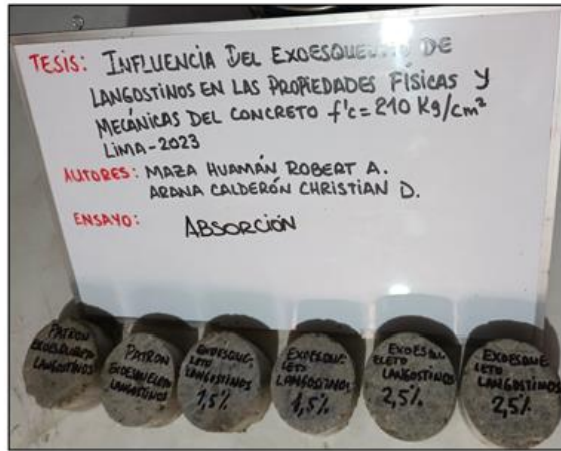


Hirviendo muestras por 5h





Muestras después de ser hervidas





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**

LIMA, 07 de Mayo del 2024

Siendo las 10:00 horas del 07/05/2024, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "Influencia del exoesqueleto de langostinos en las propiedades físicas y mecánicas del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>, Lima – 2023.", presentado por los autores ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS, MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER egresados de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

<b>Autor</b>	<b>Dictamen</b>
CHRISTIAN DENNIS ARANA CALDERON	(15)Cum Laude
ROBERT ALEXANDER MAZA HUAMAN	

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado

Firmado electrónicamente por:  
LAVARGASV el 09 May 2024 16:39:46

---

LUIS ALBERTO VARGAS  
CHACALTANA  
**PRESIDENTE**

Firmado electrónicamente por: JCANTAHO  
el 10 May 2024 01:50:36

---

JORGE LUIS CANTA HONORES  
**SECRETARIO**

Firmado electrónicamente por:  
SAAREVALOV el 08 May 2024 17:05:38

---

SAMIR AUGUSTO AREVALO VIDAL  
**VOCAL(ASESOR)**

Código documento Trilce: TRI - 0740473

\* Para Pre y posgrado los rangos de dictamen se establecen en el Reglamento de trabajos conducentes a grados y títulos



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Autorización de Publicación en Repositorio Institucional**

Nosotros, ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS, MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER identificados con N° de Docume N° 42838905, 71087010 (respectivamente), estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, autorizamos ( X ), no autorizamos ( ) la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis: "Influencia del exoesqueleto de langostino en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima – 2023".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según esta estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

SAN JUAN DE LURIGANCHO, 21 de Marzo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Autor</b>	<b>Firma</b>
ARANA CALDERON CHRISTIAN DENNIS <b>DNI:</b> 42838905 <b>ORCID:</b> 0009-0007-2882-473X	Firmado electrónicamente por: CDARANAA el 21-03- 2024 07:38:39
MAZA HUAMAN ROBERT ALEXANDER <b>DNI:</b> 71087010 <b>ORCID:</b> 0009-0004-3047-6066	Firmado electrónicamente por: RAMAZA el 21-03-2024 07:42:29

Código documento Trilce: INV - 1590309