

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**“BENEDICTO XVI”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**BACTERIAS BACILLUS Y LACTATO DE CALCIO EN LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE  
EN HUARAZ, 2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Br. Díaz Quito, Deyvi Elías

<https://orcid.org/0009-0001-2389-177X>

**ASESOR**

Ms. Cárdenas Saldaña, Bryan Emanuel

<https://orcid.org/0000-0001-7882-5916>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Infraestructura, edificaciones y construcción

**TRUJILLO - PERÚ**

**2026**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Mg. Ing. Henry Alexander Chipana Saldaña

Yo, Ms. Cárdenas Saldaña, Bryan Emanuel con DNI N° 71475477 como asesor del trabajo de investigación titulado: “BACTERIAS BACILLUS Y LACTATO DE CALCIO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE EN HUARAZ, 2025”, desarrollado por el egresado Br. Deyvi Elías Díaz Quito con DNI N° 43499942, del programa de estudios de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 211074

---

Ms. Bryan Emanuel, Cárdenas Saldaña  
DNI: 71475477  
Asesor

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALA**

Vicerrectora Académica

**DRA. GINA GENARA ZAVALA ESPEJO**

Vicerrectora de Investigación

**MS. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN**

Secretaria General

## DEDICATORIA

### *A DIOS*

*Quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada paso de este camino. A Él encomiendo todos mis logros y esfuerzos, sabiendo que Su gracia y amor infinito han hecho todo posible.*

### *A MIS FAMILIARES Y AMIGOS*

*Quienes, con su apoyo, palabras de aliento y compañía han sido una fuente constante de motivación. Cada uno de ustedes ha contribuido, de manera directa o indirecta, a que este sueño se convierta en realidad.*

### *A MI PADRE Y MADRE*

*Elías Díaz y Teófila Quito, mis mayores ejemplos de esfuerzo y dedicación. Gracias por sus sacrificios, su amor incondicional y por enseñarme el valor del trabajo y la perseverancia. Este logro es reflejo de todo lo que me han brindado.*

### *CON GRATITUD INFINITA*

*Dedico este trabajo a todos ustedes, quienes han sido mi inspiración en cada etapa de este viaje*

*Br. Deyvi Elías Díaz Quito*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco en primer lugar, a Dios, por su infinita bondad y por ser mi guía en este proceso, brindándome fortaleza y sabiduría para superar cada desafío.*

*A mi padre, Elías Navarro Díaz León, y a mi madre, Teófila Quito Infantes, les dedico este logro con profundo amor y gratitud. Su apoyo incondicional, sacrificio y confianza han sido el cimiento de mi formación personal y académica.*

*Finalmente, agradezco a la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” por ofrecerme un espacio académico de excelencia y una formación integral que me ha permitido crecer profesional y humanamente.*

*A todos ustedes, mi gratitud eterna por ser parte esencial de este logro.*

*Br. Deyvi Elías Díaz Quito*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

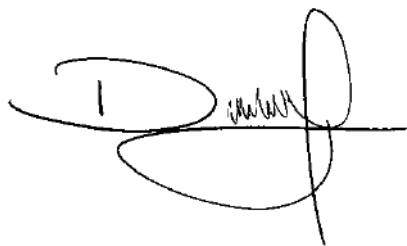
Yo, **Deyvi Elías Díaz Quito** con **DNI N° 43499942**, egresado del programa de estudios de **Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura**, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: **“BACTERIAS BACILLUS Y LACTATO DE CALCIO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE EN HUARAZ, 2025”**, el cual consta de un total de **145 páginas**, incluyendo 43 tablas, 33 figuras y **85 páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es de mi exclusiva autoría en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.

El autor



---

Br. Deyvi Elías Díaz Quito  
DNI: 43499942

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD .....	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. METODOLOGÍA .....	36
2.1. Enfoque, tipo.....	36
2.2. Diseño de investigación .....	36
2.3. Población y muestra.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	38
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	39
2.6. Aspectos éticos en investigación .....	42
III. RESULTADOS.....	43
IV. DISCUSIÓN.....	55
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tipos de concreto</i> .....	25
Tabla 2	<i>Composición del agregado grueso</i> .....	26
Tabla 3	<i>Parámetros del agregado fino</i> .....	27
Tabla 4	<i>Parámetros del contenido de humedad de los agregados</i> .....	28
Tabla 5	<i>Parámetros de la granulometría de los agregados</i> .....	29
Tabla 6	<i>Diferencias entre el peso unitario suelto y compactado</i> .....	30
Tabla 7	<i>Parámetros de la absorción de los agregados</i> .....	31
Tabla 8	<i>Aplicaciones de la bacteria Bacillus Subtilis</i> .....	32
Tabla 9	<i>Propiedades del lactato de calcio</i> .....	33
Tabla 10	<i>Detalle de muestreo para compresión</i> .....	37
Tabla 11	<i>Normativas peruanas e internacionales utilizadas</i> .....	38
Tabla 12	<i>Equipos, instrumentos, reactivos y medio de cultivación de esporas</i> .....	39
Tabla 13	<i>Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 7 días</i> .....	43
Tabla 14	<i>Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 14 días</i> .....	43
Tabla 15	<i>Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 28 días</i> .....	44
Tabla 16	<i>Prueba normalidad Shapiro Wilk C° patrón y C° + 10ml BBS x 23 gr LC</i> .....	46
Tabla 17	<i>Análisis Anova C° patrón y C° + 10ml BBS x 23 gr LC</i> .....	46
Tabla 18	<i>Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 7 días</i> .....	47
Tabla 19	<i>Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 14 días</i> .....	47
Tabla 20	<i>Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 28 días</i> .....	48
Tabla 21	<i>Prueba normalidad Shapiro Wilk C° patrón y C° + 25ml BBS x 50 gr LC</i> .....	50
Tabla 22	<i>Análisis Anova C° patrón y C° + 25ml BBS x 50 gr LC</i> .....	50
Tabla 23	<i>Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 7 días</i> .....	51
Tabla 24	<i>Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 14 días</i> .....	51
Tabla 25	<i>Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 28 días</i> .....	52
Tabla 26	<i>Prueba normalidad Shapiro Wilk C° patrón y C° + 35ml BBS x 70 gr LC</i> .....	53
Tabla 27	<i>Análisis Anova C° patrón y C° + 35ml BBS x 70 gr LC</i> .....	54
Tabla 28	<i>Matriz de consistencia</i> .....	61
Tabla 29	<i>Matriz de operacionalización de variables</i> .....	62
Tabla 30	<i>Granulometría de la arena gruesa – Cantera Tacllan</i> .....	118
Tabla 31	<i>Granulometría de la piedra chancada – Cantera Tacllan</i> .....	119
Tabla 32	<i>Contenido de humedad de los agregados</i> .....	120
Tabla 33	<i>Peso unitario suelto y compactado del agregado fino</i> .....	122

Tabla 34	<i>Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso</i> .....	123
Tabla 35	<i>Peso específico y absorción de los agregados</i> .....	124
Tabla 36	<i>Resistencia promedio a la compresión requerida (<math>F'_{cr}</math>)</i> .....	125
Tabla 37	<i>Asentamiento y consistencia</i> .....	125
Tabla 38	<i>Volúmenes absolutos de los materiales</i> .....	126
Tabla 39	<i>Valores de diseño de mezcla</i> .....	127
Tabla 40	<i>Costo de materiales para <math>1m^3</math> de concreto convencional</i> .....	128
Tabla 41	<i>Costo de <math>1m^3</math> de concreto con 10 ml Bacillus y 23 gr. de LC</i> .....	128
Tabla 42	<i>Costo de <math>1m^3</math> de concreto con 25 ml Bacillus y 50 gr. de LC</i> .....	129
Tabla 43	<i>Costo de <math>1m^3</math> de concreto con 35 ml Bacillus y 70 gr. de LC</i> .....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Concreto</i> .....	25
Figura 2	<i>Agregado grueso</i> .....	26
Figura 3	<i>Agregado fino</i> .....	27
Figura 4	<i>Bacteria Bacillus Subtilis</i> .....	32
Figura 5	<i>Bacilos Gram Positivos obtenidos en Laboratorio</i> .....	40
Figura 6	<i>Incubación de la bacteria Bacillus Subtilis</i> .....	40
Figura 7	<i>Cultivo Bacillus Subtilis en baño maría</i> .....	41
Figura 8	<i>Suspensión de esporas de Bacillus Subtilis</i> .....	41
Figura 9	<i>Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 7, 14 y 28 días</i> .....	45
Figura 10	<i>Concreto patrón vs concreto 20ml BBS x 50 gr LC a 7, 14 y 28 días</i> .....	49
Figura 11	<i>Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 7, 14 y 28 días</i> .....	53
Figura 12	<i>Comparación de costos de concreto convencional y autorreparable</i> .....	131
Figura 13	<i>Lactato de calcio</i> .....	132
Figura 14	<i>Esporas de Bacteria Bacillus Subtilis</i> .....	132
Figura 15	<i>Medición de la bacteria Bacillus Subtilis</i> .....	133
Figura 16	<i>Medición de 23 gr. de lactato de calcio</i> .....	133
Figura 17	<i>Medición de 50 gr. de lactato de calcio</i> .....	134
Figura 18	<i>Medición de 69 gr. de lactato de calcio</i> .....	134
Figura 19	<i>Mezcla para la elaboración de probetas de concreto con B.B. y L.C.</i> .....	135
Figura 20	<i>Mezcla para la elaboración de probetas de concreto con B.B. y L.C.</i> .....	135
Figura 21	<i>Ensayo de asentamiento para probetas de concreto</i> .....	136
Figura 22	<i>Ensayo del Slump para viguetas de concreto</i> .....	136
Figura 23	<i>Moldes para la elaboración de 36 probetas de concreto</i> .....	137
Figura 24	<i>Elaboración de 12 probetas con 10 ml de Bacterias Bacillus Subtilis</i> .....	137
Figura 25	<i>Elaboración de 12 probetas con 25 ml de Bacterias Bacillus Subtilis</i> .....	138
Figura 26	<i>Elaboración de 12 probetas con 35 ml de Bacterias Bacillus Subtilis</i> .....	138
Figura 27	<i>Curado de las 36 probetas de concreto</i> .....	139
Figura 28	<i>Rotura de 12 probetas a los 7 días</i> .....	139
Figura 29	<i>Rotura de 12 probetas a los 14 días</i> .....	140
Figura 30	<i>Rotura de 12 probetas a los 28 días</i> .....	140
Figura 31	<i>Lectura de <math>f'c</math> a 28 días patrón</i> .....	141
Figura 32	<i>Lectura de <math>f'c</math> a 28 días con 10 ml. Bacillus + 23 g. LC</i> .....	141
Figura 33	<i>Lectura de <math>f'c</math> a 28 días con 35 ml. Bacillus + 70 g. LC</i> .....	142

## RESUMEN

La investigación se basa en la línea de investigación: innovación e implementación de proyectos. De problema general ¿Cuál es la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?, de objetivo general determinar la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Enfoque metodológico cuantitativamente aplicado, de diseño experimental y tiempo transversal. En resultados utilizando el producto SERENADE-ASO de Bayer, que contiene la cepa viva Bacillus Subtilis QST 713 con un 1.34% de peso del producto. Se obtuvo suspensión de esporas con una concentración de  $1.2 \times 10^9$  células/ml. En laboratorio de concreto: Los resultados evidenciaron un incremento progresivo de la resistencia con la edad de curado en todos los casos. La dosificación de 10 ml no mostró diferencias estadísticamente significativas respecto al patrón ( $p > 0.05$ ), atribuyéndose el aumento principalmente al tiempo de curado. En cambio, las dosificaciones de 25 ml ( $F = 7.95$ ;  $p = 0.02$ ) y 35 ml ( $F = 9.95$ ;  $p = 0.0135$ ) presentaron diferencias significativas, alcanzando a los 28 días valores máximos entre 281.44–288.58 kg/cm<sup>2</sup> y 286.03–297.76 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, superiores al concreto patrón (236.07–285.52 kg/cm<sup>2</sup>). El análisis ANOVA confirmó que tanto el tipo de concreto como la edad influyen significativamente en la resistencia, sin interacción entre factores. Se concluye que mayores dosificaciones de BBS y lactato de calcio mejoran significativamente la resistencia a edades finales de curado..

**Palabras claves:** Bacterias Bacillus Subtilis, propiedades físicas de los agregados, resistencia a compresión y resistencia a flexión.

## ABSTRACT

This research is based on the research line: innovation and project implementation. The general research question was: What is the influence of *Bacillus subtilis* bacteria and calcium lactate on the compressive strength of simple concrete in Huaraz, 2025? The general objective was to determine the influence of *Bacillus subtilis* bacteria and calcium lactate on the compressive strength of simple concrete in Huaraz, 2025. The methodological approach was quantitative and applied, with an experimental design and a cross-sectional time frame. Regarding the results, the product SERENADE-ASO by Bayer was used, which contains the live strain *Bacillus subtilis* QST 713 at 1.34% by product weight. A spore suspension with a concentration of  $1.2 \times 10^9$  cells/ml was obtained. Laboratory results showed a progressive increase in compressive strength with curing age in all cases. The 10 ml dosage did not show statistically significant differences compared to the control concrete ( $p > 0.05$ ), with the increase mainly attributed to curing time. In contrast, the 25 ml ( $F = 7.95$ ;  $p = 0.02$ ) and 35 ml ( $F = 9.95$ ;  $p = 0.0135$ ) dosages showed statistically significant differences, reaching maximum values at 28 days between 281.44–288.58 kg/cm<sup>2</sup> and 286.03–297.76 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, exceeding the control concrete (236.07–285.52 kg/cm<sup>2</sup>). The ANOVA analysis confirmed that both concrete type and curing age significantly influence compressive strength, with no interaction between factors. It is concluded that higher dosages of *Bacillus subtilis* and calcium lactate significantly improve compressive strength at later curing ages.

**Keywords:** *Bacillus Subtilis* bacteria, Physical properties of aggregates, compressive strength and flexural strength.

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, la industria de la construcción ha enfrentado desafíos significativos relacionados con la durabilidad y sostenibilidad de los materiales empleados en infraestructuras civiles. La creciente demanda por soluciones innovadoras que permitan extender la vida útil de las estructuras ha motivado el desarrollo de tecnologías emergentes, como el concreto. Este tipo de concreto incorpora agentes biológicos y químicos que facilitan la reparación automática de grietas, contribuyendo a una reducción considerable en costos de mantenimiento y un menor impacto ambiental (Wong et al., 2024). En particular, la adición de bacterias como *Bacillus subtilis* ha demostrado propiedades prometedoras para inducir la precipitación de carbonato de calcio, cerrando fisuras en la matriz cementicia y mejorando la integridad estructural (Sarma & Kumar, 2024). Paralelamente, el uso de aditivos como el lactato de calcio ha sido estudiado por su capacidad de favorecer la actividad metabólica bacteriana y la formación de productos minerales que refuerzan las propiedades mecánicas del concreto (Cabrera, 2025). Sin embargo, a pesar de los avances reportados, la aplicación práctica y la estandarización de estos materiales siguen siendo limitadas, principalmente debido a la variabilidad en resultados y la falta de investigaciones que integren ambos componentes bajo condiciones específicas de resistencia y ambiente.

En América Latina y el Caribe, la problemática de la durabilidad de las infraestructuras cobra especial relevancia debido a factores climáticos y socioeconómicos que afectan la calidad y vida útil de las construcciones (Cerna, 2025). Según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (2024), un porcentaje significativo de la infraestructura pública en la región presenta deterioros prematuros ocasionados por insuficiencias en el control de calidad de los materiales y la exposición a ambientes agresivos, como la alta humedad y la contaminación. En este contexto, la implementación de tecnologías sostenibles en la construcción resulta fundamental para mitigar estos impactos y promover el desarrollo de infraestructuras resilientes. La incorporación de concreto, apoyado en mecanismos biológicos, ha surgido como una alternativa viable que podría contribuir a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en lo relativo a la infraestructura resiliente (ODS 9) y la acción climática (ODS 13) (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2024). No obstante, las investigaciones en la región presentan limitaciones en cuanto a la adaptación de estas tecnologías a las condiciones locales y a la optimización de las propiedades mecánicas

del concreto con resistencias específicas, aspecto fundamental para su aplicabilidad práctica.

En el contexto peruano, la construcción enfrenta retos derivados de la alta demanda de obras públicas y privadas en zonas con condiciones ambientales adversas, como en la ciudad de Huaraz, ubicada en un valle andino caracterizado por variaciones climáticas extremas y alta humedad relativa según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2023). La resistencia estándar del concreto utilizado en muchas obras es de aproximadamente  $210 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo, la aparición de fisuras y deterioro prematuro ha evidenciado la necesidad de materiales con propiedades mejoradas que garanticen mayor durabilidad y menor mantenimiento. Estudios recientes en universidades peruanas han explorado la incorporación de *Bacillus subtilis* en concretos de resistencia media, reportando una mejora en la capacidad de reparación, aunque con resultados aún preliminares y falta de análisis exhaustivo del efecto del lactato de calcio como activador bacteriano (Hetz & Nassif, 2019). Las consecuencias de no atender este problema se reflejan en costos elevados de reparación y sustitución de infraestructuras, afectando el desarrollo sostenible de la región y comprometiendo la seguridad estructural y bienestar de la población. En consonancia con los ODS, esta problemática incide directamente en la meta de construir infraestructuras resilientes y sostenibles (ODS 9) y en la promoción de comunidades y ciudades sostenibles (ODS 11).

A partir de este diagnóstico, se identificó que la principal causa del deterioro prematuro de las estructuras en Huaraz radica en la insuficiente durabilidad del concreto convencional frente a las condiciones ambientales locales, sumada a la limitada implementación de tecnologías biológicas que potencien sus propiedades mecánicas. Las consecuencias incluyen no solo mayores costos económicos para el mantenimiento, sino también un impacto negativo en la sostenibilidad ambiental debido a la generación recurrente de residuos de construcción y la necesidad de utilizar recursos naturales adicionales para reparaciones. Frente a esta realidad, la investigación sobre la influencia de la adición conjunta de bacterias *Bacillus Subtilis* y lactato de calcio en las propiedades mecánicas del concreto con resistencia  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  se presenta como una iniciativa crucial para optimizar el desempeño de los materiales en la región. Dicha investigación permitiría establecer parámetros técnicos que contribuyan al diseño y aplicación de concretos más duraderos y sostenibles, alineados con los compromisos globales de desarrollo.

Por lo tanto, el problema de investigación se formuló como sigue: ¿Cuál es la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?

Presentándose el problema general: ¿Cuál es la influencia de combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025? Y los problemas específicos: Primero ¿Cuál es la influencia de combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?, Segundo ¿Cuáles serán las propiedades físicas de los agregados utilizados para el diseño de la mezcla del concreto convencional y del concreto con adición de 10, 25 y 35 ml de bacteria y 23, 50 y 70 gramos de lactato de calcio, respectivamente?, Tercero ¿Cuál es la influencia de combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?

La justificación de una investigación representa un componente esencial, ya que permite demostrar la importancia, pertinencia y aplicabilidad del estudio propuesto. Este apartado no solo resalta la contribución potencial al desarrollo y enriquecimiento del conocimiento en un campo específico, sino que también proporciona una base argumentativa que respalda la necesidad de abordar el tema seleccionado. Una justificación bien estructurada facilita la delimitación precisa de los objetivos, subraya la magnitud e impacto del problema a investigar, y permite evidenciar vacíos teóricos o empíricos en la literatura existente que aún no han sido suficientemente explorados o comprendidos. En este sentido, argumentar adecuadamente por qué se realiza una investigación no solo legitima su realización, sino que también orienta el diseño metodológico y fortalece su valor académico y social (Akanle & Olamide, 2020).

La justificación de esta investigación radica en su contribución teórica y práctica para el avance del conocimiento y la aplicación de tecnologías sostenibles en ingeniería civil. Desde un enfoque teórico, el estudio amplió y complementó las teorías existentes sobre el concreto, al analizar la influencia combinada de Bacillus subtilis y lactato de calcio en concretos de resistencia media ( $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) bajo condiciones climáticas específicas de Huaraz, cerrando vacíos empíricos relacionados con el comportamiento mecánico y la durabilidad de estos materiales bio compuestos. En el plano práctico, la investigación demostró su utilidad al proponer una solución innovadora y viable para mejorar la durabilidad y reducir los costos de mantenimiento de infraestructuras en zonas

altoandinas, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo socioeconómico local, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9 y 11). Metodológicamente, el riguroso enfoque experimental aseguró la validez y aplicabilidad de los resultados, posicionando el estudio como un aporte significativo para la mejora de materiales y prácticas constructivas en contextos similares, tanto a nivel regional como internacional.

Para solucionar el problema de investigación se formuló el objetivo general: Determinar la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Los objetivos específicos fueron: Primero Determinar la influencia de la combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Segundo Determinar la influencia de la combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Tercero Determinar la influencia de la combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.

Y como hipótesis general: Existe influencia significativa las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Y las hipótesis específicas: Existe influencia significativa de la combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Segundo Existe influencia significativa de la combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025. Existe influencia significativa de la combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.

Descripción de los antecedentes internacionales: Muñoz et al. (2023) en Bogotá – Colombia, autores del artículo científico publicado en Revistas UIS Ingenierías: “Influencia de las bacterias en la autocuración del concreto”, El objetivo principal fue conocer los elementos microbianos con potencial de precipitación de carbonato de calcio capaces de sellar grietas y fortalecer la matriz cementicia. Para ello, se realizó una revisión sistemática de 80 artículos indexados entre 2017 y 2021, utilizando bases de datos como Scopus, Ebsco y Science Direct, con un enfoque metodológico basado en el análisis crítico y la comparación de resultados experimentales reportados. Entre las principales conclusiones, se encontró que la incorporación de bacterias Bacillus en

concentraciones adecuadas incrementó la resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto, además de reducir la porosidad y mejorar la durabilidad del material mediante la precipitación microbiana de carbonato de calcio, proceso que contribuye a mitigar el agrietamiento y a prolongar la vida útil estructural. Asimismo, se observó que la encapsulación bacteriana mejora la supervivencia de los microorganismos durante el proceso de mezclado y permite una curación más efectiva de grietas, lo que reduce costos de mantenimiento y la huella ambiental del concreto. Como recomendación principal, se sugirió profundizar en técnicas de encapsulación que optimicen la liberación bacteriana al presentarse grietas y evaluar el desempeño en condiciones reales de obra. Este estudio aporta significativamente a la investigación en curso al proporcionar evidencia científica y un marco teórico actualizado sobre la viabilidad y mecanismos del concreto con *Bacillus Subtilis*, facilitando así el diseño experimental y la justificación técnica para el análisis de la influencia de esta bacteria y el lactato de calcio en concretos con resistencia de diseño específica, como es el caso del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en el contexto de Huaraz 2025.

Da Silva (2022) en Quito – Ecuador, autor del artículo publicado en la Revista Científica Unanchay: “Estudio de la ubicación e identificación de microorganismos capaces de reparar fisuras en mezclas de concreto”, tuvo como objetivo identificar bacterias del género *Bacillus* con capacidad para precipitar carbonato de calcio y reparar fisuras en concreto. Para ello, se realizó una recolección de nueve muestras de suelo y roca en la empresa Venezolana de Cementos S.A.C.A., en una extensión que abarcó desde la cota 620 hasta la cota 790 del Cerro Gordo, con análisis microbiológicos en medios enriquecidos como agar sangre y caldo soya tripticasa. Se logró el aislamiento de colonias bacterianas viables en 3 de las 9 muestras, confirmando la presencia de bacilos Gram positivos esporulados capaces de multiplicarse y potencialmente producir carbonato de calcio en presencia de lactato de calcio. Tres probetas de concreto con resistencia  $f'c$  de  $250 \text{ kg/cm}^2$  fueron sometidas a ensayos de fisuración artificial de 2 mm de ancho y 6 cm de largo; tras la aplicación de bacterias en estado húmedo y seco, se observó crecimiento bacteriano y actividad metabólica asociada a la curación. Se propusieron dos modelos de dosificación: una solución gelatinosa bacteriana para aplicación superficial y cápsulas de acetato encapsuladas para liberación progresiva. La recomendación principal fue optimizar la supervivencia bacteriana tras su incorporación al concreto y evaluar el impacto en las propiedades mecánicas. Este antecedente aporta a la investigación actual al ofrecer un marco metodológico detallado y evidencia experimental de bacterias

autóctonas con potencial reparador, lo que fundamenta el estudio sobre la adición combinada de *Bacillus Subtilis* y lactato de calcio en concreto con resistencia específica para el contexto ambiental de Huaraz 2025.

Castañeda et al. (2022) en Guadalajara – México, autores del artículo publicado en la revista *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*: “El bioconcreto como agente reparante en estructuras de concreto”, tuvieron como objetivo destacar el potencial del bioconcreto, especialmente mediante la incorporación de bacterias del género *Bacillus*, para la reparación de fisuras y grietas en estructuras sometidas a esfuerzos de compresión y tracción. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva de investigaciones recientes sobre los mecanismos bacterianos, bio mineralización y efectos en las propiedades físico-mecánicas del concreto. Los resultados demostraron que bacterias como *Bacillus Sphaericus* incrementaron la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 46.18% a los 7 días y la resistencia a la tracción en un 18.35% a los 28 días, en comparación con concreto convencional. Además, el bioconcreto redujo la permeabilidad y retardó la corrosión del acero de refuerzo, contribuyendo a extender la vida útil de las estructuras y disminuir los costos de mantenimiento hasta en un 50%. Se concluyó que la incorporación de bacterias y aditivos como el lactato de calcio promueve una curación autónoma eficaz de grietas hasta 8 mm de ancho en aproximadamente tres semanas, mejorando la durabilidad y sostenibilidad del material. Se recomendó optimizar las técnicas de encapsulación y dosificación para garantizar la supervivencia bacteriana y el desempeño mecánico del bioconcreto en diferentes condiciones ambientales. Este antecedente aporta a la investigación en curso al proporcionar evidencias cuantitativas y un marco conceptual sólido que sustenta la evaluación experimental de la influencia combinada de *Bacillus Subtilis* y lactato de calcio en concretos con resistencia de diseño específica, como es el concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en el contexto particular de Huaraz 2025.

Merchán & Pérez (2022) en Bogotá – Colombia, autores de la investigación publicada en el Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Colombia: “Evaluación de las propiedades mecánicas en el concreto a base de bacterias *Bacillus Subtilis* y en el concreto convencional”, tuvieron como objetivo general evaluar la incidencia del uso de bacterias *Bacillus Subtilis* en la modificación del bioconcreto, determinando la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado y sin modificar. Para ello, se desarrolló un protocolo para la incorporación de las cepas bacterianas en el bioconcreto, se fabricaron probetas de muestra y se realizaron ensayos

mecánicos de compresión y flexión comparativos entre concreto convencional, concreto modificado y concreto modificado con encapsulamiento. Los resultados evidenciaron que la incorporación de *Bacillus Subtilis* mejoró significativamente la resistencia a compresión y flexión, con aumentos en resistencia a compresión que variaron entre 11% y hasta 79%, y en resistencia a flexión hasta un 50% respecto al concreto convencional. La encapsulación de las bacterias fue fundamental para prolongar su vida útil y mantener sus efectos beneficiosos, dado que la supervivencia bacteriana directa en el concreto era muy baja (entre 1.9% y 7% a los diez días de curado) debido al alto pH del medio. Se concluyó que el concreto con *Bacillus Subtilis*, especialmente cuando se emplea encapsulado, constituye una alternativa viable y eficiente para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, favoreciendo la durabilidad y sostenibilidad de las estructuras. Se recomendó profundizar en estudios locales con insumos y condiciones ambientales propias para optimizar el diseño del bioconcreto y su aplicabilidad en contextos específicos. Este antecedente aporta a la investigación en curso al proveer un marco experimental riguroso y resultados cuantificados que sustentan la influencia positiva de la adición de bacterias y el encapsulamiento en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, aspectos claves para el estudio planteado en Huaraz 2025.

Soares & Castillo (2023) en Río de Janeiro – Brasil, autores del artículo “Auto cicatrización de fisuras en concreto por adición de bacterias”, tuvo como objetivo principal investigar la capacidad de esta bacteria, aislada de suelos del municipio de Campos dos Goytacazes, para precipitar carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y sellar fisuras en concreto, así como evaluar el impacto de la carbonatación bacteriana sobre el pH y la durabilidad del material. La metodología consistió en preparar en laboratorio probetas y vigas de concreto con resistencia característica de 25 MPa, incorporando dos concentraciones bacterianas ( $10^6$  y  $10^8$  UFC/mL) en la matriz, además de aplicar la solución bacteriana sobre fisuras controladas de 0.3 mm generadas por ensayos de tracción en flexión. Se midió la variación de pH en zonas carbonatadas, la resistencia a la migración de cloruros y la absorción de agua durante un período de curado de 28 días. Los resultados evidenciaron una reducción de fisuras hasta en un 85% tras tres semanas, una disminución del 35% en la permeabilidad al agua y un aumento del 20% en la resistencia a la migración de cloruros, aunque la carbonatación bacteriana provocó una disminución del pH local en un rango de 1.2 unidades, lo que podría afectar la protección pasiva del acero de refuerzo. La principal conclusión fue que *Bacillus sp* SMIA-2 mostró alta eficacia para la mejora de propiedades durables del concreto, pero se recomendó

controlar la concentración bacteriana y monitorear el efecto de carbonatación para evitar daños a largo plazo. Este antecedente contribuye a la investigación en curso al ofrecer datos cuantitativos sobre la eficiencia y limitaciones de la bio mineralización bacteriana, proporcionando una base científica esencial para evaluar la influencia conjunta de *Bacillus subtilis* y lactato de calcio en concretos con resistencia específica, bajo condiciones ambientales similares a las de Huaraz en 2025.

Antecedentes nacionales: Bernal (2024) en La Libertad – Perú, autor de la tesis publicada por la Universidad César Vallejo: “Influencia del *Bacillus Subtilis* y la cáscara de huevo en la reparación y resistencia del concreto de edificaciones, La Libertad, 2024”, tuvo como objetivo evaluar cómo la adición de *Bacillus Subtilis* al 12% en volumen de agua y cáscara de huevo en porcentajes del 8%, 10% y 12% en peso de cemento influye en la resistencia a compresión, resistencia a la flexión y capacidad de reparación del concreto con resistencia característica  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La metodología fue de tipo experimental, con la fabricación de 45 probetas cilíndricas, 15 vigas prismáticas y 5 prismas para evaluación de cierre de fisuras, siguiendo normas técnicas nacionales para ensayo de slump, compresión, flexión y agrietamiento (NTP y ASTM). Los resultados indicaron mejoras significativas en la resistencia a compresión, con un aumento máximo del 7.37%, y en resistencia a flexión hasta un 10.61%, además de una reducción promedio en la apertura de fisuras de 0.18 mm a los 14 días de curado. La principal conclusión fue que la combinación de *Bacillus Subtilis* con cáscara de huevo favorece la reparación y mejora mecánica del concreto, siendo viable como alternativa sostenible para la construcción en la región. Se recomendó optimizar las proporciones y evaluar el comportamiento a largo plazo en obra para garantizar durabilidad y funcionalidad estructural. Este antecedente aporta a la investigación en curso al proveer una base experimental robusta y cuantificada sobre la sinergia entre un microorganismo reparador y un residuo orgánico rico en  $\text{CaCO}_3$ , orientando el diseño de mezclas con resistencia específica para condiciones ambientales similares a las de Cascas y Huaraz en 2024.

Reyes (2023) en Huaraz – Perú, autor del estudio publicado por la Universidad César Vallejo: “Influencia del *Bacillus Subtilis* en las propiedades físico-mecánicas del concreto, 2023”, tuvo como objetivo evaluar la influencia de *Bacillus subtilis* en las propiedades físico-mecánicas del concreto, aplicando una metodología descriptiva y un diseño experimental puro con enfoque cuantitativo y aplicado. Se trabajó con una población de 72 probetas y 36 vigas de concreto con resistencia característica  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , adicionando bacterias en porcentajes de 0.20 %, 0.25 % y 0.30 %. La técnica

empleada fue la observación directa, utilizando fichas para la recolección sistemática de datos. Los resultados mostraron que el decremento máximo en apertura de fisuras alcanzó los 91.33 mm, con un mejor contenido de oxígeno registrado de 1 % y una densidad promedio incrementada a 2606.20 kg/m<sup>3</sup>. En cuanto a las propiedades mecánicas, a las cuatro semanas de curado, la resistencia a compresión alcanzó 236.66 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia a la flexión fue de 57.66 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia a la tracción llegó a 52.68 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se evidenció que la dosificación de 0.30 % de *Bacillus subtilis* promovió una excelente capacidad de regeneración, logrando la reparación completa (100 %) de fisuras con diámetros de 1.34 mm, 1.19 mm y 1.23 mm en el periodo de cuatro semanas posteriores al curado. Estos hallazgos confirman el potencial del *Bacillus subtilis* para mejorar la durabilidad y resistencia del concreto, aportando una base sólida para futuras investigaciones sobre concreto en contextos similares.

Alva & Kobayashi (2022) en Trujillo – Perú, autores del estudio publicado por la Universidad Privada del Norte: “Análisis comparativo del contenido de bacterias del género *Bacillus* como aditivo en las propiedades mecánicas de un concreto convencional, Trujillo 2022”, tuvieron como objetivo general evaluar, mediante análisis documental, el impacto del contenido bacteriano de *Bacillus* en la resistencia a la compresión y flexión del concreto convencional. Se realizó una revisión y comparación de 42 estudios científicos publicados entre 2007 y 2021, clasificando los métodos de incorporación bacteriana (adición o sustitución) y las dosis empleadas, con un enfoque descriptivo y no experimental transversal. Los resultados indicaron que la incorporación óptima de bacterias *Bacillus* puede mejorar la resistencia a la compresión hasta en un 50%, mientras que la resistencia a la flexión mostró aumentos similares, con dosis recomendadas en rangos que varían entre 10<sup>6</sup> y 10<sup>9</sup> células/ml, y que la forma de adición bacteriana influye significativamente en el desempeño mecánico. Se concluyó que el uso de bacterias *Bacillus* como aditivo es factible y beneficioso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, recomendando la incorporación disuelta directamente en la mezcla para maximizar la eficacia. Este antecedente contribuye a la investigación en curso al consolidar un marco teórico y empírico que fundamenta la elección de dosis y métodos de incorporación bacteriana, apoyando la evaluación experimental de *Bacillus subtilis* y lactato de calcio en las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en el contexto ambiental y estructural de Huaraz 2025.

Andia & Bautista (2022) en Lima – Perú, autores de la tesis publicada por la Universidad Ricardo Palma: “Concreto hidráulico con bacterias para el mejoramiento de

sus propiedades en vías urbanas”, tuvieron como objetivo principal evaluar cómo la aplicación de bacterias en concreto hidráulico mejoraba las propiedades mecánicas y la durabilidad del material para su uso en pavimentos urbanos. La metodología aplicada fue de tipo deductivo y cuantitativo, basada en una revisión sistemática de más de 50 documentos científicos, informes y tesis nacionales e internacionales, con énfasis en métodos de incorporación bacteriana y análisis de costos. Entre los principales resultados se reportó un aumento promedio del 14.10 % en resistencia a compresión, alcanzando valores cercanos a 240 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, y un incremento de hasta 18.35 % en resistencia a tracción, con valores aproximados de 35 kg/cm<sup>2</sup>. Además, el bioconcreto logró reparar fisuras de hasta 8 mm de ancho en un plazo estimado de 100 días, mejorando la impermeabilidad y reduciendo la permeabilidad al agua en un 30 %. No obstante, el costo de producción del concreto bacteriano, considerando encapsulación y nutrientes, fue aproximadamente cinco veces mayor que el concreto convencional, con un costo estimado de S/ 1,375 por m<sup>3</sup> frente a S/ 330 por m<sup>3</sup> del concreto tradicional. Se concluyó que el concreto hidráulico con bacterias ofrece beneficios sustanciales en resistencia y durabilidad para pavimentos urbanos, recomendando la optimización del método de encapsulación para maximizar la supervivencia bacteriana y justificar el balance costo-beneficio. Este estudio aporta a la investigación en curso al proporcionar una sólida base cuantitativa y teórica que sustenta la viabilidad técnica y económica del uso de bioconcreto con *Bacillus subtilis* y lactato de calcio en proyectos urbanos, especialmente en contextos ambientales y estructurales similares a los de Huaraz 2025.

Bañez & Veramendi (2021) en Huaraz – Perú, autores de la tesis publicada por la Universidad César Vallejo: “Influencia en el ensayo a compresión del concreto  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando mucílago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz-Ancash-2021”, tuvieron el propósito de evaluar cómo afectan el mucílago de penca de tuna y el superplastificante Sika N290 a las propiedades físico-mecánicas del concreto, específicamente la resistencia a la compresión y el asentamiento. La investigación fue de tipo aplicada, con diseño cuasi experimental y enfoque cuantitativo, utilizando una muestra de 42 probetas sometidas a ensayos a compresión y asentamiento conforme a la norma ASTM C39. Se emplearon dosificaciones de 1%, 3% y 6% de mucílago de penca de tuna y 1%, 1.5% y 2% de superplastificante Sika N290. Los resultados indicaron que la resistencia a compresión del concreto patrón fue de 176.3 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con 1% de mucílago aumentó a 177.7 kg/cm<sup>2</sup> (incremento del 0.8%), con 3% a 182.8 kg/cm<sup>2</sup> (3.7%) y con 6% a 188.5 kg/cm<sup>2</sup> (7%). En el caso del superplastificante, 1% elevó la

resistencia a 177 kg/cm<sup>2</sup> (0.9%), 1.5% a 181.7 kg/cm<sup>2</sup> (3.1%) y 2% a 187.4 kg/cm<sup>2</sup> (6.4%). Respecto al asentamiento, el concreto patrón mostró 2.5 pulgadas, disminuyendo a 2 pulgadas con 1% de mucílago, aunque con 6% aumentó a 3 pulgadas, lo que indica menor manejabilidad a mayor concentración; mientras que con el superplastificante el asentamiento se mantuvo estable en 2.5 pulgadas para todas las dosificaciones. Se concluyó que tanto el mucílago de penca de tuna como el superplastificante Sika N290 aumentan significativamente la resistencia a compresión del concreto por encima del valor diseño de 175 kg/cm<sup>2</sup>, siendo más efectiva la dosificación de 6% para el mucílago y 2% para el superplastificante, aunque el primero puede afectar la trabajabilidad si se emplea en exceso. Se recomendó explorar adiciones mayores al 6% de mucílago para evaluar su efecto en la resistencia y encontrar un balance óptimo con la trabajabilidad. Este antecedente aporta a la investigación en curso al evidenciar que productos orgánicos locales pueden ser alternativas viables y sostenibles para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, reforzando el enfoque en el uso de aditivos naturales junto con productos industriales, lo cual es relevante para el desarrollo de concreto con adición bacteriana y lactato de calcio en el contexto peruano.

Aures & Ramírez (2021) en Lima – Perú, autores de la tesis publicada por la Universidad César Vallejo: “Incidencia de la adición de bacteria *Bacillus Subtilis* en la resistencia mecánica del concreto, Lima – 2021”, tuvieron como objetivo analizar el efecto de incorporar una población bacteriana de 10<sup>9</sup> células/mL de *Bacillus Subtilis* en el diseño de mezclas de concreto, sustituyendo el 50% del volumen de agua por lactato de calcio para mejorar las propiedades mecánicas. La metodología experimental consistió en la elaboración de 36 probetas (18 con concreto convencional y 18 con concreto modificado con bacterias), las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a compresión y tracción a edades de 7, 14 y 28 días conforme a la norma ASTM-C39. Los resultados mostraron un incremento significativo en la resistencia a compresión a los 28 días, alcanzando 254.70 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un aumento del 16.98% respecto a la resistencia de diseño, y una mejora en la resistencia a tracción hasta 33.04 kg/cm<sup>2</sup>, con un incremento del 14.28%. La incorporación de lactato de calcio como activador bacteriano también contribuyó a potenciar estas propiedades mecánicas. La principal conclusión fue que la adición de *Bacillus Subtilis* en combinación con lactato de calcio resulta una estrategia efectiva para mejorar la durabilidad y resistencia del concreto, recomendándose su aplicación en mezclas con resistencias medias para optimizar su desempeño estructural y sostenibilidad. Este antecedente aporta a la investigación en curso al aportar evidencia

cuantitativa del impacto positivo de la combinación bacteria-lactato en concretos con resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , reforzando la base experimental para evaluar su influencia en el contexto ambiental de Huaraz 2025.

Palmer & Pulido (2020) autores de la investigación publicada por la Universidad César Vallejo: “Aplicación de bacterias *Bacillus Pseudofirmus* para mejorar las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en San Martín de Porres, 2020”, tuvieron como objetivo evaluar el mejoramiento en resistencia, flexión e impermeabilidad del concreto. Se reconoció que, a nivel mundial, el concreto presenta diversas fallas como grietas y fisuras, lo que genera altos costos de mantenimiento, los cuales se intentan minimizar mediante el uso de recursos naturales en lugar de aditivos químicos con escasa sostenibilidad. La metodología consistió en la interpolación y análisis de datos obtenidos de ensayos experimentales previos, tesis, artículos y revistas especializadas, respetando rigurosamente los resultados reportados por otros investigadores. Los resultados positivos provinieron del uso de bacterias de la familia *Bacillus*, específicamente *Bacillus Sphaericus* y *Bacillus Subtilis*, cuya relación taxonómica con *Bacillus pseudofirmus* respalda la pertinencia de los objetivos planteados. Se observaron incrementos significativos en las propiedades mecánicas del concreto: la resistencia a compresión aumentó un 20.94 % con una dosificación de  $5 \times 10^6$  células/mL; la resistencia a la flexión incrementó un 32.42 % con  $3 \times 10^6$  células/mL; y la resistencia a la permeabilidad a los cloruros mejoró un 13.64 % al aplicar *Bacillus subtilis* con una dosificación de  $4.6 \times 10^6$  células/mL. Estos resultados evidencian el potencial de las bacterias *Bacillus* para mejorar la durabilidad y sostenibilidad del concreto, aportando un sólido respaldo teórico y experimental para investigaciones futuras en el contexto de concretos fortalecidos.

Nilimaa (2023), define el concreto, también conocido como hormigón, es un material compuesto utilizado ampliamente en la construcción. Se forma al mezclar cemento (generalmente cemento Portland), agregados (grava y arena), agua y, en ocasiones, aditivos químicos. Durante su fraguado y endurecimiento, el concreto desarrolla una resistencia considerable a la compresión, lo que lo convierte en un material ideal para estructuras como cimientos, columnas, losas y pavimentos.

## Figura 1

### Concreto



*Nota:* Se muestra el concreto y su uso en la construcción de caminos. Tomado de “Cuidado del concreto” por Acep Concretos, 2020.

## Tabla 1

### Tipos de concreto

Tipo de Concreto	Descripción	Aplicaciones Comunes
Concreto Simple	No incluye refuerzo; su capacidad de resistencia a la compresión es moderada, pero baja resistencia a la tracción.	Aceras, pisos de baja carga, bloques de concreto.
Concreto Reforzado	Incluye refuerzo de acero (varillas, mallas) para soportar cargas de tracción y flexión.	Estructuras como columnas, vigas, losas y puentes.
Concreto Pretensado	Refuerzo de acero tensado antes del fraguado, generando resistencia previa para cargas más altas.	Puentes, vigas largas, elementos prefabricados.
Concreto Postensado	Similar al pretensado, pero los cables de acero se tensan después del fraguado del concreto.	Edificios altos, puentes, estructuras sometidas a cargas dinámicas.
Concreto Ligero	Mezclado con agregados ligeros como piedra pómez o arcilla expandida para reducir la densidad.	Paneles de construcción, aislantes térmicos, techos.
Concreto Pesado	Utiliza agregados densos (barita, hematita) para incrementar la densidad, mejorando la resistencia a la radiación.	Protección contra radiación en plantas nucleares, hospitales.

*Nota:* Se presenta una clasificación clara y concisa de los diferentes tipos de concreto utilizados en la construcción, destacando sus características y aplicaciones comunes.

Agregado grueso.- Según Gao et al. (2021) El agregado grueso es un material granular, compuesto por fragmentos de roca, grava o piedra triturada, con tamaños superiores a 4.75 mm. Sus principales características incluyen forma (angular, redondeada o irregular), textura (rugosa para mayor adherencia o lisa para mejor trabajabilidad), densidad (normal, ligero o pesado), y durabilidad, ya que debe resistir agentes climáticos y químicos. En el concreto, el agregado grueso cumple funciones

esenciales: proporciona resistencia mecánica, reduce la contracción, mejora la estabilidad dimensional y disminuye el costo al requerir menos cemento. Además, asegura la integridad estructural de la mezcla, siendo clave para soportar cargas en elementos como columnas, vigas y pavimentos.

## Figura 2

### Agregado grueso



*Nota:* Se muestra el agregado grueso utilizado en las mezclas de concreto. Tomado de “Los Agregados” por Tecnología del Concreto, 2022.

## Tabla 2

### Composición del agregado grueso

Composición	Descripción	Influencia en el Concreto
Roca Base	Principal componente mineral del agregado, como granito, basalto, caliza, dolomita, etc.	Determina la resistencia, densidad y durabilidad del concreto.
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Componente presente en rocas como granito y arena de cuarzo.	Aporta dureza y resistencia, pero en exceso puede causar reacción álcali-sílice.
Carbonato de Calcio (CaCO <sub>3</sub> )	Común en rocas calizas y mármol.	Mejora la trabajabilidad, pero puede limitar la resistencia a condiciones químicas agresivas.
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Presente en minerales como feldespato y arcilla.	Aumenta la resistencia química, aunque cantidades excesivas pueden reducir la durabilidad.
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Dota de color y resistencia a algunos agregados (como escorias de hierro).	Mejora la resistencia al desgaste, pero puede afectar la apariencia en aplicaciones visibles.
Magnesio (MgO)	Común en dolomitas y otras rocas magnesianas.	Aporta estabilidad química, pero en exceso puede causar expansión o fisuración en el concreto.

*Nota:* Se describe la composición del agregado grueso utilizado en la fabricación de concreto, destacando los componentes minerales clave y su influencia en las propiedades del material.

Agregado Fino.- Kirthika et al. (2020), define al agregado fino como el material granular compuesto principalmente por partículas menores de 4.75 mm (que pasan por el tamiz N°4) y mayores a 0.075 mm (retenidas en el tamiz N°200). Generalmente está constituido por arena natural, arena manufacturada o una combinación de ambas. El agregado fino actúa como un relleno en la mezcla de concreto, proporcionando cohesión y trabajabilidad, además de contribuir a la reducción de vacíos entre los agregados gruesos.

### Figura 3

*Agregado fino*



*Nota:* Se muestra el agregado fino más utilizado para mezclas de concreto. Tomado por de “Agregados finos y gruesos: ¿cómo inciden en la manejabilidad del concreto?” Por Comunidad 360 del Concreto, 2020.

### Tabla 3

*Parámetros del agregado fino*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Influencia en el Concreto</b>
Tamaño de Partícula	Rango entre 0.075 mm y 4.75 mm.	Tamaños más pequeños mejoran la cohesión, pero en exceso pueden aumentar el agua requerida.
Granulometría	Distribución del tamaño de las partículas, determinada por el análisis de tamices.	Afecta la trabajabilidad y compactación; una distribución uniforme mejora el desempeño del concreto.
Módulo de Finura (MF)	Medida del tamaño promedio de las partículas, generalmente entre 2.3 y 3.1.	Un módulo alto produce concreto más áspero; un módulo bajo mejora la trabajabilidad.
Pureza (Sin Impurezas)	Libre de materia orgánica, arcilla, limo y sales solubles.	Las impurezas pueden reducir la adherencia con la pasta de cemento y causar problemas de durabilidad.
Densidad Aparente	Generalmente entre 2,500 y 2,700 kg/m <sup>3</sup> , dependiendo del material.	Influye en la densidad y el peso del concreto final.
Forma y Textura	Las partículas pueden ser redondeadas, angulares o alargadas, con texturas lisas o rugosas.	Las partículas redondeadas mejoran la trabajabilidad, mientras que las rugosas incrementan la adherencia.

Absorción de Agua	Capacidad del agregado para absorber agua, generalmente inferior al 3%.	Una alta absorción puede desbalancear la proporción agua-cemento, afectando la resistencia.
-------------------	---	---

*Nota:* Se proporciona una visión detallada sobre los parámetros del agregado fino y cómo estos influyen en las propiedades del concreto.

Contenido de humedad de agregados.- Según Kashkash et al. (2023), el contenido de humedad de los agregados es la cantidad de agua presente en las partículas del agregado, expresada como un porcentaje de su peso seco. Esta agua puede estar adherida a la superficie de las partículas, almacenada en sus poros o formar una película superficial. El contenido de humedad es crucial en la dosificación del concreto, influye en la relación agua-cemento, afectando la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del material.

**Tabla 4**

*Parámetros del contenido de humedad de los agregados*

Parámetro	Descripción	Influencia en el Concreto
Humedad Superficial	Agua adherida a la superficie de las partículas, pero no absorbida en los poros.	Contribuye al agua disponible para la hidratación del cemento, aumentando la trabajabilidad.
Humedad Absorbida	Agua retenida dentro de los poros de las partículas hasta alcanzar el estado saturado.	No afecta directamente la mezcla, pero debe considerarse en la corrección del agua de diseño.
Capacidad de Absorción	Máxima cantidad de agua que los agregados pueden absorber en estado saturado.	Determina la corrección necesaria en el diseño de la mezcla para evitar deficiencia de agua.
Estado Seco al Horno (SSD)	Condición en la que los poros del agregado están saturados, pero no hay agua superficial.	Punto de referencia estándar para calcular el contenido de humedad adicional.
Humedad Total	Suma del agua absorbida y la humedad superficial.	Refleja la cantidad total de agua presente, que puede modificar la proporción agua-cemento.
Porcentaje de Humedad	Relación del peso de agua con respecto al peso del agregado seco, expresada en porcentaje.	Parámetro utilizado para ajustar el diseño de mezcla en obra.
Variabilidad Estacional	Cambios en la humedad debido a condiciones climáticas (lluvia, sequedad).	Influye en la consistencia del concreto; requiere ajustes continuos en obra.

*Nota:* Estos factores son esenciales para controlar la cantidad de agua disponible durante el proceso de mezcla, lo que influye directamente en la calidad y propiedades del concreto.

Fórmula para calcular el porcentaje de humedad (%H)

$$\%H = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

Granulometría de los agregados.- Banevičienė et al. (2022) Nos dice que la granulometría de los agregados es la distribución de los tamaños de las partículas que componen un agregado, determinada mediante análisis por tamices estándar. Esta propiedad es fundamental, ya que afecta la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y compactación del concreto. Un adecuado gradado asegura una mezcla densa, con menor contenido de vacíos, y mejora las características mecánicas y económicas del material.

**Tabla 5**

*Parámetros de la granulometría de los agregados*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Influencia en el Concreto</b>
Tamaños de Partículas	Rango de tamaños que conforman el agregado, medido en milímetros o por el número de tamiz.	Tamaños pequeños (finos) llenan vacíos, mientras que tamaños grandes (gruesos) aportan resistencia.
Análisis Granulométrico	Proceso de clasificación del agregado por tamaños, usando tamices estándar.	Determina el porcentaje retenido y pasante por cada tamiz, representado en una curva granulométrica.
Tamaño Máximo Nominal	Mayor tamaño de partícula que pasa por un tamiz especificado (generalmente el 85-95% pasa).	Influye en la trabajabilidad, segregación y cantidad de pasta de cemento necesaria.
Curva Granulométrica	Gráfico que relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz con el tamaño de la partícula.	Una curva uniforme asegura menor cantidad de vacíos y mayor compactación.
Gradación Uniforme	Distribución de tamaños muy similar entre las partículas.	Puede dificultar la trabajabilidad y aumentar los vacíos.
Gradación Continua	Distribución amplia de tamaños, desde partículas finas hasta gruesas.	Mejora la densidad, reduce vacíos y minimiza la cantidad de cemento requerido.
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	Relación entre los tamaños de partículas (D60/D10) que define la distribución granulométrica.	Valores altos indican agregados bien gradados, ideales para concreto denso y resistente.
Módulo de Finura (MF)	Índice que mide la finura promedio del agregado. Se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados y dividiendo por 100.	Un MF entre 2.3 y 3.1 es adecuado para concreto; fuera de este rango puede afectar la calidad.

Nota: Se detalla los parámetros de la granulometría de los agregados, que son fundamentales para la fabricación de concreto de alta calidad.

Peso unitario suelto y compactado de los agregados.- Borges et al. (2020) Define El peso unitario suelto y compactado de los agregados como la densidad del material considerando el volumen que ocupa, incluidos los vacíos entre partículas. El peso unitario suelto es la densidad del agregado cuando se vierte libremente en un recipiente, sin

compactación, y refleja la condición natural del material con mayor cantidad de vacíos. Por otro lado, el peso unitario compactado es la densidad del agregado después de ser sometido a un proceso de compactación controlada, como golpes o vibración, lo que reduce los vacíos y aumenta la densidad. Estos valores son fundamentales para el diseño de mezclas de concreto, ya que permiten calcular con precisión las proporciones de los materiales y estimar su volumen en obra.

**Tabla 6**

*Diferencias entre el peso unitario suelto y compactado*

<b>Aspecto</b>	<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Peso Unitario Compactado</b>
Procedimiento	Agregado se vierte libremente en el recipiente.	Agregado es compactado mediante golpes o vibraciones.
Densidad	Menor, debido a la mayor cantidad de vacíos entre partículas.	Mayor, ya que se reducen los vacíos entre partículas.
Aplicación	Útil para estimar materiales en condiciones no compactadas.	Relevante para diseños estructurales con agregado compacto.

*Nota:* Se presenta las diferencias entre el peso unitario suelto y compactado de los agregados, dos conceptos clave en la ingeniería de materiales, especialmente al diseñar mezclas de concreto y estimar la cantidad de material necesario para una obra.

Formula del peso unitario

$$P_u = \frac{\text{Peso del Agregado(kg)}}{\text{Volumen del Recipiente(m}^3\text{)}}$$

Absorción de los agregados.- La absorción de los agregados es la capacidad que tienen las partículas del agregado para retener agua dentro de sus poros internos, expresada como un porcentaje del peso seco del material. Este parámetro indica la cantidad de agua que un agregado puede absorber cuando se encuentra en un estado seco al horno y es llevado al estado saturado y superficialmente seco (SSD). Influye en la proporción agua-cemento y en la consistencia de la mezcla, afectando directamente la resistencia y durabilidad del concreto. Agregados con alta absorción pueden desbalancear el contenido de agua si no se corrigen adecuadamente en el diseño (Bao et al, 2020).

**Tabla 7***Parámetros de la absorción de los agregados*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Influencia en el Concreto</b>
Porcentaje de Absorción	Relación entre el peso de agua absorbida y el peso seco del agregado, expresada en porcentaje.	Valores típicos: 0.5% a 2% para agregados gruesos y 1% a 3% para agregados finos.
Estado Seco al Horno (OD)	Condición en la que el agregado se seca completamente en el horno, eliminando toda el agua.	Referencia para determinar el peso seco en cálculos de absorción.
Estado Saturado y Superficialmente Seco (SSD)	Cuando los poros están llenos de agua, pero no hay humedad superficial.	Punto estándar para calcular la capacidad de absorción del agregado.
Humedad Inicial del Agregado	Cantidad de agua presente en el agregado antes de iniciar el ensayo de absorción.	Se debe conocer para ajustar el agua en la mezcla.
Tiempo de Saturación	Tiempo necesario para que el agregado alcance el estado SSD, generalmente 24 horas en agua.	Asegura resultados precisos en el ensayo de absorción.
Porosidad	Proporción de vacíos dentro de las partículas del agregado que pueden retener agua.	Directamente relacionada con la capacidad de absorción del agregado.
Composición Mineralógica	Tipo de material que constituye el agregado (granito, caliza, etc.).	Materiales más porosos (como piedra pómez) tienen mayor absorción.
Tamaño del Agregado	Los agregados más finos tienden a absorber más agua debido a su mayor superficie específica.	Influye en la corrección del agua en la mezcla.

*Nota:* Parámetros de la absorción de los agregados, aspectos esenciales que influyen en la mezcla de concreto, ya que la cantidad de agua absorbida por los agregados afecta directamente la relación agua-cemento y, por ende, las propiedades finales del concreto.

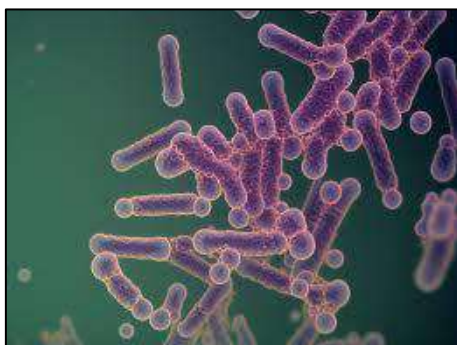
Formula de la absorción (%)

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso SSD} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

Bacteria Bacillus Subtilis.- El Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, en forma de bastón, aerobia estricta o facultativa, que forma endosporas altamente resistentes a condiciones extremas, como calor, radiación y deshidratación. Es una especie ubicua en el medio ambiente, especialmente en el suelo y vegetación, y se considera un microorganismo no patógeno para humanos Blake et al. (2020).

**Figura 4**

*Bacteria Bacillus Subtilis*



*Nota:* La bacteria *Bacillus subtilis* se utiliza en la construcción de concreto para mejorar su resistencia y capacidad de reparación. Tomado de “*Bacillus Subtilis – para la salud y tecnología*”, por Bionity, 2020.

También El *Bacillus subtilis* tiene un papel innovador en el desarrollo de concreto gracias a su capacidad de producir carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) mediante la precipitación biológica inducida, un proceso que sella grietas en las estructuras de concreto de manera eficiente y sostenible. Sus aplicaciones en concreto incluyen:

**Tabla 8**

*Aplicaciones de la bacteria Bacillus Subtilis*

<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Beneficios</b>
Concreto	<i>B. Subtilis</i> se encapsula en esporas junto con nutrientes (como lactato de calcio) en el concreto. Cuando se forma una grieta y entra agua, las esporas germinan, precipitando carbonato de calcio que sella la grieta.	Aumenta la vida útil de las estructuras, reduce costos de mantenimiento y minimiza la penetración de agentes corrosivos.
Prevención de Corrosión	El carbonato de calcio producido por <i>Bacillus Subtilis</i> actúa como una barrera que reduce la penetración de agua y oxígeno hacia el acero de refuerzo.	Disminuye el riesgo de corrosión en estructuras reforzadas, mejorando la durabilidad.
Sostenibilidad en Construcción	Utilizado como una solución ecológica, ya que reduce la necesidad de reparaciones frecuentes y el uso de materiales adicionales.	Disminuye la huella de carbono asociada al mantenimiento de estructuras de concreto.
Mejora de la Impermeabilidad	Al rellenar grietas y porosidades con carbonato de calcio, reduce significativamente la permeabilidad del concreto.	Mejora la resistencia al ingreso de agua, cloruros y sulfatos.
Control de Fisuras en la Fragua	Puede incorporarse en mezclas para prevenir micro fisuras durante el proceso de hidratación del concreto.	Reduce las micro fisuras, mejorando la calidad del concreto desde el inicio.

Estabilización del Suelo	Mezclas de concreto con <i>B. subtilis</i> pueden usarse para estabilizar suelos, mejorando su resistencia mediante precipitación de $\text{CaCO}_3$ .	Aumenta la resistencia mecánica de los suelos usados como base en obras civiles.
--------------------------	--	--

*Nota:* Se proporciona una descripción detallada de diversas aplicaciones de *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) en la construcción, junto con los beneficios que estas aplicaciones ofrecen.

Lactato de Calcio.- Según Brooks (2020) El lactato de calcio es una sal orgánica derivada del ácido láctico y el calcio, con la fórmula química  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{C}_a\text{O}_6$ . Es un compuesto cristalino, blanco, soluble en agua y generalmente no higroscópico. Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica debido a su alta biodisponibilidad de calcio y propiedades no tóxicas. Vijay & Murmu (2020) En el ámbito del concreto, el lactato de calcio sirve como fuente de calcio y nutrientes para bacterias como el *Bacillus subtilis*, que lo metabolizan para producir carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) esencial en la reparación biológica de grietas en concreto.

### Tabla 9

#### *Propiedades del lactato de calcio*

Propiedad	Descripción
Fórmula Química	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{C}_a\text{O}_6$
Masa Molar	218.22 g/mol
Apariencia	Polvo blanco o cristales incoloros
Solubilidad en Agua	Alta (6 g/100 mL a 20 °C)
Densidad	1.49 g/cm <sup>3</sup>
pH en Solución Acuosa	Neutro a ligeramente básico
Punto de Fusión	Se descompone antes de fundirse, generalmente a temperaturas superiores a 120 °C.
Estabilidad	Estable en condiciones normales de almacenamiento (ambiente seco y protegido de la humedad).
Naturaleza Química	Sal orgánica compuesta de ácido láctico y calcio.

*Nota:* El lactato de calcio es un compuesto con diversas propiedades que lo hacen útil en aplicaciones industriales y científicas.

#### Definición de términos básicos:

Bio mineralización: Según Li et al. (2021), es el proceso natural mediante el cual organismos vivos, como ciertas bacterias, inducen la formación y acumulación de minerales. Las bacterias como *Bacillus subtilis* promueven la precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) dentro de las grietas, lo que permite sellarlas y recuperar la integridad estructural del material.

Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ): Mineral compuesto principalmente por calcio, carbono y oxígeno, que se forma a través de procesos bioquímicos inducidos por bacterias en el concreto. La precipitación de  $\text{CaCO}_3$  actúa rellenando fisuras y poros en la matriz cementicia, fortaleciendo la estructura y ayudando a restaurar la resistencia del concreto afectado por grietas (Smith & Nguyen, 2022).

Esporas bacterianas: Son estructuras altamente resistentes y de estado latente que forman ciertas bacterias, como *Bacillus subtilis*, para sobrevivir en condiciones ambientales adversas, tales como sequedad, altas temperaturas o falta de nutrientes. Estas esporas pueden germinar y activarse cuando se encuentran en un ambiente favorable, como el interior del concreto húmedo, permitiendo que las bacterias desarrollen su actividad metabólica necesaria (González et al., 2023).

Curado del concreto: Según Pérez & Huamán (2024) es el proceso controlado que consiste en mantener condiciones óptimas de humedad, temperatura y tiempo durante el endurecimiento del concreto, permitiendo la hidratación adecuada del cemento.

Densidad aparente: Se refiere a la masa total de un material dividido por su volumen total, incluyendo el volumen de los poros y vacíos presentes. En concreto y agregados, la densidad aparente es un indicador importante de la calidad y compacidad del material, influyendo en su resistencia mecánica y comportamiento frente a la penetración de agentes externos.

Durabilidad del concreto: Capacidad que posee el concreto para mantener sus propiedades y funcionalidad a lo largo del tiempo cuando está expuesto a condiciones ambientales, químicas y físicas adversas. La durabilidad depende de factores como la permeabilidad, la resistencia a la compresión y la flexión.

Microorganismos autóctonos: Son aquellos microorganismos naturales del entorno específico donde se desarrolla la investigación o aplicación, en este caso, bacterias originarias del ambiente local de Huaraz o similares. El uso de microorganismos autóctonos en concreto es ventajoso porque están mejor adaptados a las condiciones ambientales y pueden mostrar una mayor eficacia en los procesos de bio mineralización (Torres & Pérez, 2019).

Módulo de finura: Es un índice que representa la granulometría promedio de un agregado fino (arena), calculado mediante la suma de los porcentajes acumulados retenidos en una serie de tamices estándar. Este módulo afecta la trabajabilidad, densidad y resistencia del concreto, ya que influye en la cantidad de cemento y agua requerida para una mezcla equilibrada.

**Permeabilidad:** Propiedad física que indica la capacidad de un material, como el concreto, para permitir el paso de fluidos o gases a través de su matriz. Una baja permeabilidad es deseable porque reduce la penetración de agua, cloruros y otros agentes agresivos que pueden causar deterioro o corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de concreto (García et al., 2020).

**PH del concreto:** Medida de la acidez o alcalinidad dentro de la matriz del concreto. Un pH alto (alcalino) es necesario para proteger las barras de acero contra la corrosión. Sin embargo, la actividad metabólica de ciertas bacterias puede alterar el pH localmente, lo que puede afectar la durabilidad si no se controla adecuadamente.

**Relación agua-cemento:** Proporción entre la cantidad de agua y el peso de cemento en una mezcla de concreto. Esta relación influye directamente en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto; una relación demasiado alta puede reducir la resistencia y aumentar la porosidad, mientras que una muy baja puede dificultar la mezcla y colocación.

**Resistencia a la flexión:** Capacidad del concreto para soportar esfuerzos que provocan una deformación o doblamiento, especialmente importante en elementos estructurales como vigas y losas. Esta propiedad es clave para evaluar la ductilidad y comportamiento frente a cargas que no son exclusivamente de compresión.

**Resistencia a la compresión:** Es la propiedad mecánica más importante del concreto y se refiere a la capacidad del material para soportar cargas que tienden a aplastarlo. Se mide generalmente mediante ensayos en probetas cilíndricas o prismáticas, y es un parámetro fundamental para el diseño estructural.

**Super plastificante:** Aditivo químico que mejora la trabajabilidad y fluidez del concreto sin aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Su uso permite obtener concretos más densos y resistentes, facilitando la colocación y reduciendo la porosidad.

**Tecnología sostenible:** Conjunto de métodos, procesos y materiales diseñados para minimizar el impacto ambiental y promover el uso eficiente de recursos naturales, asegurando beneficios económicos y sociales a largo plazo. En la construcción, implica el desarrollo de materiales como el concreto que prolongan la vida útil de las estructuras y reducen la necesidad de mantenimiento y recursos adicionales.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Enfoque, tipo

Zúñiga et al. (2023), indica que el enfoque cuantitativo se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para medir y establecer relaciones objetivas entre variables. Por otro lado, la investigación aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos específicos utilizando el conocimiento científico para desarrollar soluciones concretas y útiles en contextos reales.

La presente investigación fue de enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, ya que se basó en la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos experimentales controlados que permitieron medir con precisión los cambios en la resistencia a la compresión del concreto simple tras la incorporación de bacterias *Bacillus* y lactato de calcio. Asimismo, se orientó a resolver una problemática concreta relacionada con la mejora de las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto en la región de Huaraz, 2025, buscando generar conocimientos prácticos aplicables al diseño y optimización de materiales de construcción.

### 2.2. Diseño de investigación

Enríquez et al. (2023), indica que el diseño experimental implica la manipulación controlada de una o más variables independientes para evaluar su efecto en variables dependientes, permitiendo establecer relaciones causales con grupos experimentales y de control. Respecto al tiempo, el diseño transversal evalúa variables en un solo punto temporal, ofreciendo una “fotografía” del fenómeno.

La investigación fue de diseño experimental, ya que se manipularon intencionadamente las variables independientes, en este caso la adición de bacterias *Bacillus subtilis* y lactato de calcio al concreto, para observar su efecto directo en las propiedades mecánicas del material, permitiendo establecer relaciones de causa y efecto bajo condiciones controladas. Fue de corte transversal porque la evaluación de dichas propiedades se realizó en momentos específicos del tiempo, con mediciones tomadas a las edades determinadas del concreto (7, 14 y 28 días), sin seguimiento longitudinal, lo que permitió obtener una instantánea representativa de su comportamiento físico y mecánico.

### 2.3. Población y muestra

Según Mucha et al. (2021), la población se refiere al grupo de individuos u objetos que se busca comprender en una investigación. La muestra constituye una porción o subgrupo seleccionado del universo o población objeto de estudio. El muestreo describe

la técnica empleada para elegir los elementos que conformarán la muestra, extrayéndolos del conjunto total de la población.

Población: Se consideró una población de 36 unidades de concreto.

Muestra: La muestra fue seleccionada por conveniencia o juicio, de las cuales fueron sometidos al ensayo de compresión axial 36 probetas.

En el detalle de muestreo para el ensayo de compresión, se prepararon un total de 36 probetas distribuidas en cuatro grupos con diferentes concentraciones de bacterias *Bacillus subtilis* y lactato de calcio: un grupo control sin bacterias ni lactato, y tres grupos con 10 ml, 25 ml y 35 ml de bacteria combinados respectivamente con 23 g, 50 g y 70 g de lactato de calcio. Cada grupo contó con tres probetas rotas a los 7, 14 y 28 días para evaluar la evolución de las propiedades mecánicas. Es importante destacar que el lactato de calcio actúa como “alimento” o reactivo esencial para las bacterias *Bacillus*, facilitando su metabolismo y promoviendo la precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), el cual es el agente responsable del fortalecimiento del concreto. La distribución se especifica en las siguientes tablas:

**Tabla 10**

*Detalle de muestreo para compresión*

<b>Cantidad de Bacteria <i>Bacillus Subtilis</i> (BBS) con Lactato de calcio (LC)</b>				
Rotura de probetas a los	0 ml de BBS y 0 gr. de LC	10 ml de BBS y 23 gr. de LC	25 ml de BBS y 50 gr. de LC	35 ml de BBS y 70 gr. de LC
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
<b>TOTAL PROBETAS: 36</b>				

Nota: En la presente investigación se elaborarán 36 probetas para compresión.

Muestreo: El muestreo en la presente investigación fue no probabilístico porque la selección de las probetas se realizó de manera intencional y controlada, con base en criterios específicos relacionados con las dosis de bacterias *Bacillus subtilis* y lactato de calcio a evaluar, así como los tiempos de curado establecidos (7, 14 y 28 días). Esta modalidad permitió focalizar los recursos y esfuerzos en muestras representativas de las combinaciones experimentales definidas, garantizando el cumplimiento del diseño experimental sin necesidad de recurrir a un muestreo aleatorio, que sería innecesario dada la naturaleza controlada y específica del estudio.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

Cisneros et al. (2022), indica que los instrumentos de recolección de información registran datos o información sobre las variables que se desean medir, las que están presentes en el planteamiento del problema, como también, en la pregunta de investigación y objetivos: general y específicos.

Se optó por emplear la técnica de observación, para obtener una visión detallada de los eventos en un espacio y tiempo específicos. Mediante esta técnica, se analizaron minuciosamente las características mecánicas del concreto, sus componentes, la bacteria *Bacillus subtilis* y el lactato de calcio, así como su influencia en la resistencia a la compresión del concreto.

Se realizaron ensayos utilizando equipos como la máquina universal de ensayos a compresión. Para llevar a cabo esta técnica, se contaron con cámaras, hojas de apuntes y guías de observación. Una vez diseñada la muestra patrón y las muestras con diferentes porcentajes de bacteria y lactato de calcio, se efectuaron los ensayos a los 7, 14 y 28 días de curado.

Durante este proceso, se realizó una observación directa y un monitoreo constante de los ensayos realizados. Como instrumentos se utilizaron fichas de observación otorgadas por el laboratorio 3R Geingeniería S.A.C., además de fichas establecidas en las normas peruanas NTP y normas internacionales como la ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales):

**Tabla 11**

*Normativas peruanas e internacionales utilizadas*

<b>Ensayo</b>	<b>NTP</b>	<b>ASTM</b>
Obtención de esporas de bacterias <i>Bacillus Subtilis</i>	-	ASTM E2877 – 19
Contenido de humedad de agregado fino y grueso	NTP 399.006	ASTM C566 – 19
Granulometría de agregados	NTP 399.007	ASTM C 136 - 19
Peso unitario suelto y compactado de agregados	NTP 399.008	ASTM C29/C29M - 17
Peso específico y porcentaje de absorción de agregados	NTP 399.009	ASTM C127 - 15 (gruesos), ASTM C128 - 15 (finos)
Resistencia a compresión de probetas de concreto	NTP 339.034	ASTM C39/C39M – 21
Resistencia a flexión de viguetas de concreto	NTP 339.034	ASTM C78/C78M - 18

Nota: La tabla presenta las principales normativas peruanas (NTP) e internacionales (ASTM) aplicadas para los diferentes ensayos realizados en esta investigación.

## 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Carriles (2015) destaca que la validez constituye uno de los elementos fundamentales en toda investigación. Específicamente, en el procesamiento de la información, fase crucial del proceso investigativo, resulta indispensable que los resultados reflejen una representación íntegra, clara y fiel de la realidad o fenómeno analizado. Para asegurar este rigor en la presente investigación, se implementarán procedimientos que garanticen la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos, permitiendo así conclusiones sólidas y fundamentadas.

### A. Obtención de esporas de Bacillus Subtilis

Para obtener esporas de la bacteria Bacillus mediante laboratorio microbiológico y utilizarlas como aditivo ecológico en concreto, se utilizaron los equipos, instrumentos, reactivos y medio de cultivación:

**Tabla 12**

*Equipos, instrumentos, reactivos y medio de cultivación de esporas*

Equipos	Microscopio Incubadora Baño María Centrífuga Autoclave
Instrumentos	Pipetas Agua destilada estéril Tubos de ensayo Láminas porta objetos Asa de siembra Mechero Frascos estériles Balanza analítica
Reactivo	Serenade ASO, Bayer Kit Coloración Gram Tubo N° 04 Nefelómetro de Mac Farland
Medio de cultivo	Caldo BHI

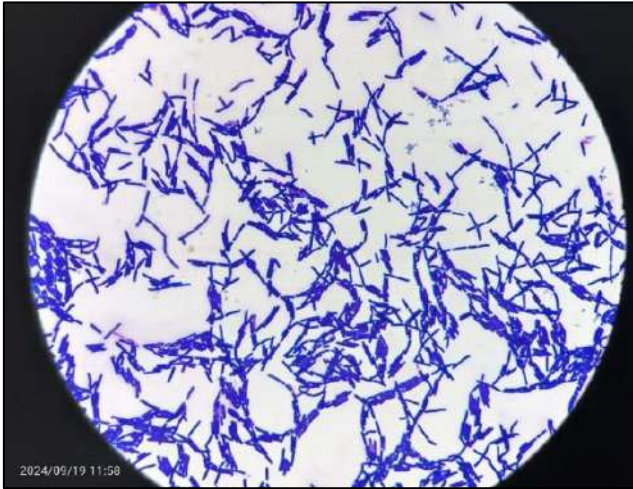
*Nota:* La tabla presenta una lista completa y bien organizada de los equipos, instrumentos, reactivos y medios necesarios para el proceso de cultivo de esporas de Bacillus.

### Procedimiento:

Obtención de suspensión de esporas de Bacillus Subtilis.- Para la suspensión de esporas de Bacillus Subtilis se utilizó SERENADE ASO de la marca Bayer en el cual se encuentra la cepa viva de Bacillus Subtilis QST 713, que contiene 1.34% del peso del producto. Para realizar una evaluación de pureza se hizo una coloración Gram para la observación de Bacilos Gram Positivos:

## Figura 5

### *Bacilos Gram Positivos obtenidos en Laboratorio*



*Nota:* Observación de Bacilos Gram Positivos, y la confirmación de la pureza del cultivo bacteriano.

Después de corroborar la pureza del cultivo, se realizó una siembra de un inóculo en un medio del cultivo líquido enriquecido para el desarrollo de la bacteria y la formación eficaz de la spora; para ello se utilizó el medio utilizado por Huamán (2021), cuya composición es: Caldo BHI 2g/L, NaHCO<sub>3</sub> 1.5g/L, NH<sub>4</sub>Cl 7g/L, Urea 7g/L, CaCl<sub>2</sub> 5g/L; con un pH de 7.0; y se incubó a 37°C por 24 horas.

## Figura 6

### *Incubación de la bacteria Bacillus Subtilis*



*Nota:* Incubación de los frascos con los cultivos de Bacillus Subtilis.

Después del tiempo de incubación, se generó un estrés térmico en los cultivos a 80°C por 15 minutos para la liberación de las esporas en las estructuras vegetativas. Después de estrés térmico se lava con agua destilada estéril mediante una centrifugación seriada a 1500rpm por 5 minutos, donde se elimina el sobrenadante y se repite 4 veces. Para concentrar la cantidad de esporas de Bacillus Subtilis, se realizó mediante el uso del tubo número 4 del nefelómetro de McFarland.

**Figura 7**

*Cultivo Bacillus Subtilis en baño maría*

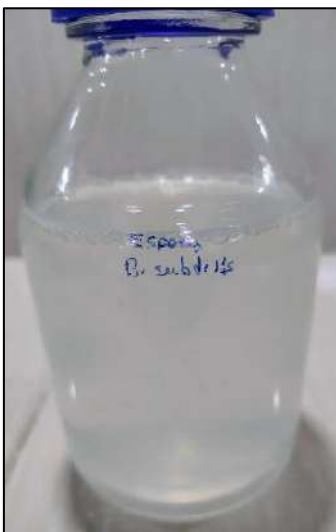


*Nota:* Cultivos en Baño María para el estrés térmico de los cultivos de Bacillus Subtilis a 80°C por 15min.

En este procedimiento se obtuvo una suspensión de esporas de Bacillus Subtilis en concentración de  $1.2 \times 10^9$  células/ml (según tubo N° 4 del nefelómetro McFarland).

**Figura 8**

*Suspensión de esporas de Bacillus Subtilis*



*Nota:* Suspensión de esporas de Bacillus Subtilis, en una concentración de  $1.2 \times 10^9$  células/ml (según el tubo N° 4 del nefelómetro de McFarland).

## **2.6. Aspectos éticos en investigación**

Los aspectos éticos en la investigación se refieren a los principios y normas que garantizan el respeto, la integridad y la responsabilidad en el desarrollo de un estudio científico. Estos incluyen la protección de los derechos y bienestar de los participantes (cuando los hay), la honestidad en la recolección, análisis y presentación de datos, la confidencialidad y el manejo adecuado de la información, así como el reconocimiento debido a las fuentes y colaboradores. Asimismo, implican evitar el plagio, la manipulación o falsificación de resultados, y asegurar que la investigación no cause daño físico, psicológico, social o ambiental (Espinoza & Calva, 2020).

En la presente investigación se aplicaron diversos aspectos éticos fundamentales para garantizar la integridad y responsabilidad científica. Se respetó el marco ético-jurídico-institucional vigente, considerando los acuerdos, convenios y términos de referencia pertinentes para la toma de decisiones en el desarrollo del estudio. Asimismo, se cumplió con la normatividad nacional e internacional, asumiendo la convicción interna y reflexionando sobre las consecuencias de los actos como investigadores, en concordancia con las leyes y reglamentos que regulan el área de investigación.

Dado que el estudio no involucró sujetos humanos, no fue necesario aplicar el consentimiento informado, pero sí se mantuvo el respeto absoluto a la dignidad, identidad y privacidad de las personas relacionadas indirectamente con el proyecto, así como a los derechos humanos en general. Se fomentó el desarrollo sostenible mediante el diseño y ejecución de una investigación que buscó proteger el medio ambiente, evitando cualquier daño o acción lesiva, y respetando el equilibrio entre los elementos bióticos y abióticos presentes en el contexto local.

Además, se actuó con responsabilidad, rigor científico y veracidad, asegurando la validez y fiabilidad de los métodos y datos utilizados, y evitando cualquier práctica que comprometa la honestidad del proceso investigativo. La divulgación de los resultados se realizó de manera responsable, promoviendo el pluralismo ideológico y respetando la diversidad cultural, con la intención de devolver los hallazgos a la comunidad académica y local.

Finalmente, se priorizó la justicia y el bien común, anteponiendo estos valores a intereses personales y minimizando los posibles efectos nocivos en las personas, el ambiente y la sociedad en general.

### III. RESULTADOS

**Objetivo específico 1:** Determinar la influencia de la combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.

**Tabla 13**

*Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 7 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	15,344.32	78.50	195.52	93 %	70
Probeta patrón 2	15,655.76	78.50	199.36	95 %	70
Probeta patrón 3	15,164.71	78.50	193.13	92 %	70
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	14,941.98	78.50	190.28	91 %	70
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	14,581.52	78.50	185.79	88 %	70
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	14,845.06	78.50	189.16	90 %	70

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 7 días, el concreto patrón presentó cargas de 15,344.32 kg, 15,655.76 kg y 15,164.71 kg, obteniendo resistencias a la compresión de 195.52, 199.36 y 193.13 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 93 %, 95 % y 92 % de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), superando ampliamente el mínimo normativo del 70 %. Por su parte, el concreto con 10 ml de BBS y 23 g de LC registró cargas de 14,941.98 kg, 14,581.52 kg y 14,845.06 kg, alcanzando resistencias de 190.28, 185.79 y 189.16 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 91 %, 88 % y 90 % de f'c, también por encima del mínimo exigido. Comparativamente, el concreto patrón mostró valores ligeramente superiores, con una diferencia aproximada de entre 4 y 10 kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto adicionado, evidenciando que a los 7 días la incorporación de BBS y lactato de calcio no incrementó la resistencia inicial, aunque mantuvo resultados dentro de parámetros normativos aceptables.

**Tabla 14**

*Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 14 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	18,155.70	78.50	195.52	231.27	80 %
Probeta patrón 2	17,718.00	78.50	199.36	225.77	80 %
Probeta patrón 3	17,647.73	78.50	193.13	224.85	80 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	18,009.84	78.50	190.28	229.44	80 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	17,295.41	78.50	185.79	220.26	80 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	18,140.00	78.50	189.16	231.07	80 %

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 14 días, el concreto patrón registró cargas de 18,155.70 kg, 17,718.00 kg y 17,647.73 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 231.27, 225.77 y 224.85 kg/cm<sup>2</sup>, valores que representan aproximadamente el 110 %, 108 % y 107 % respecto a la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, superando ampliamente el mínimo normativo establecido en 80 %. Por su parte, el concreto con 10 ml de BBS y 23 g de lactato de calcio presentó cargas de 18,009.84 kg, 17,295.41 kg y 18,140.00 kg, obteniendo resistencias de 229.44, 220.26 y 231.07 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes aproximadamente al 109 %, 105 % y 110 % de f'c, igualmente por encima del mínimo exigido. Comparativamente, ambos concretos mostraron comportamientos muy similares a los 14 días, con diferencias mínimas entre 0.20 y 5.51 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando que la adición de BBS y lactato de calcio permitió alcanzar resistencias competitivas y dentro de los parámetros normativos establecidos.

**Tabla 15**

*Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 28 días*

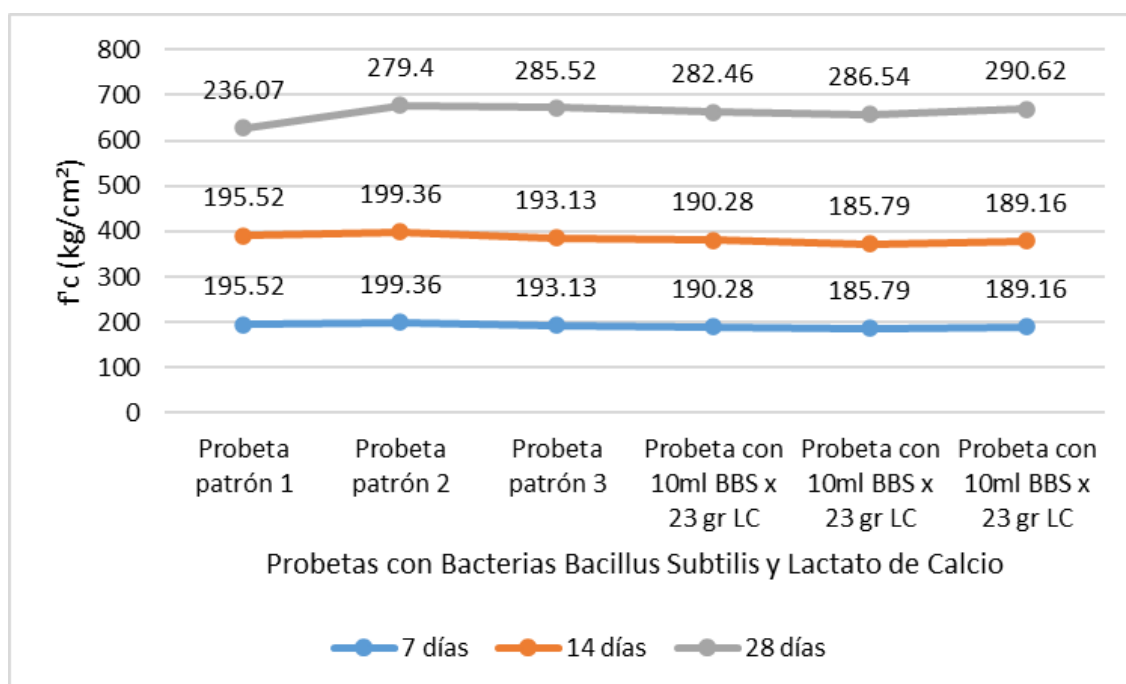
<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	18,532.50	78.50	236.07	112 %	100 %
Probeta patrón 2	21,931.90	78.50	279.40	133 %	100 %
Probeta patrón 3	22,403.22	78.50	285.52	136 %	100 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	22,164.11	78.50	282.46	135 %	100 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	22,495.39	78.50	286.54	136 %	100 %
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC	22,824.67	78.50	290.62	138 %	100 %

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 28 días, el concreto patrón registró cargas de 18,532.50 kg, 21,931.90 kg y 22,403.22 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 236.07, 279.40 y 285.52 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 112 %, 133 % y 136 % respecto a la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo y superando el mínimo normativo del 100 %. Por su parte, el concreto con 10 ml de BBS y 23 g de lactato de calcio presentó cargas de 22,164.11 kg, 22,495.39 kg y 22,824.67 kg, obteniendo resistencias de 282.46, 286.54 y 290.62 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 135 %, 136 % y 138 % de f'c, superando también ampliamente el valor normativo. Comparativamente, el concreto adicionado mostró resultados superiores y más homogéneos que el patrón, con incrementos que oscilan entre aproximadamente 3 y 46 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando que a los 28 días la incorporación de BBS y lactato de calcio contribuyó a un mayor desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.

**Figura 9**

*Concreto patrón vs concreto 10ml BBS x 23 gr LC a 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta ( $78.50 \text{ cm}^2$ ).

El gráfico muestra la evolución de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a 7, 14 y 28 días para el concreto patrón y el concreto con 10 ml de Bacillus subtilis (BBS) y 23 g de lactato de calcio (LC). A los 7 días, ambas mezclas presentan valores similares, aunque el concreto patrón registra resistencias ligeramente mayores (entre 193.13 y 199.36  $\text{kg/cm}^2$ ) frente al concreto con adición (entre 185.79 y 190.28  $\text{kg/cm}^2$ ).

A los 14 días, se observa un incremento significativo en ambas dosificaciones, alcanzando valores que oscilan aproximadamente entre 220.26 y 231.27  $\text{kg/cm}^2$ , con diferencias mínimas entre el patrón y el concreto modificado.

Finalmente, a los 28 días, el concreto con BBS y LC supera ligeramente al patrón, alcanzando resistencias entre 282.46 y 290.62  $\text{kg/cm}^2$ , mientras que el patrón varía entre 236.07 y 285.52  $\text{kg/cm}^2$ . En conjunto, el gráfico evidencia un desarrollo progresivo de la resistencia en el tiempo y sugiere que la incorporación de bacterias y lactato de calcio favorece el incremento de la resistencia a edades mayores, especialmente a los 28 días.

**Tabla 16***Prueba normalidad Shapiro Wilk C° patrón y C° + 10ml BBS x 23 gr LC*

Grupo	W	p – valor
Probeta patrón a 7 días	0.9823	0.7449
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC a 7 días	0.9228	0.4621
Probeta patrón a 14 días	0.9823	0.7449
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC a 14 días	0.9823	0.4621
Probeta patrón a 28 días	0.8412	0.2173
Probeta con 10ml BBS x 23 gr LC a 28 días	1.0000	0.9999

*Nota:* Ho: Los datos siguen distribución normal. Se acepta normalidad si  $p > 0.05$ .

En todos los casos, los valores de significancia obtenidos fueron mayores a 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos siguen una distribución normal y, en consecuencia, cumplen con el supuesto necesario para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

**Tabla 17***Análisis Anova C° patrón y C° + 10ml BBS x 23 gr LC*

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Promedio cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	107.10	107.10			5.32
Columnas	21452.03	21452.03	0.56	0.47	5.32
Interacción	552.30	552.30	113.10	0.00	5.32
Dentro del grupo	1517.39	189.67	2.91	0.13	
Total	23628.82				

*Nota:* Se aplicó análisis de varianza Anova de dos factores con replicación, considerando como factores el tipo de concreto y edad de curado, con nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando  $p < 0.05$ .

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el factor muestra (tipo de concreto: patrón vs. concreto con 10 ml de BBS y 23 g) presentó un valor  $F = 0.56$  con una probabilidad  $p = 0.47$ , mayor que 0.05, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de concreto.

En contraste, el factor columnas (edad de curado) obtuvo un valor  $F = 113.10$  con una probabilidad  $p = 0.00$ , menor que 0.05, evidenciando una diferencia altamente significativa en la resistencia a la compresión según el tiempo de ensayo.

Por su parte, la interacción entre tipo de concreto y edad presentó  $F = 2.91$  y  $p = 0.13$ , mayor que 0.05, indicando que no existe interacción significativa entre ambos factores. En consecuencia, la variación de la resistencia se atribuye principalmente a la edad de curado y no a la incorporación de BBS y lactato de calcio.

**Objetivo específico 2:** Determinar la influencia de la combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.

**Tabla 18**

*Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 7 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f<sup>c</sup></b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup> /210	normativa
Probeta patrón 1	15,344.32	78.50	195.52	93 %	70
Probeta patrón 2	15,655.76	78.50	199.36	95 %	70
Probeta patrón 3	15,164.71	78.50	193.13	92 %	70
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	15,832.45	78.50	201.70	96 %	70
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	14,493.60	78.50	184.67	88 %	70
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	15,669.31	78.50	199.66	95 %	70

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f<sup>c</sup>) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 7 días, el concreto patrón registró cargas de 15,344.32 kg, 15,655.76 kg y 15,164.71 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 195.52, 199.36 y 193.13 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 93 %, 95 % y 92 % de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), superando el mínimo normativo del 70 %. Por su parte, el concreto con 25 ml de BBS y 50 g de lactato de calcio presentó cargas de 15,832.45 kg, 14,493.60 kg y 15,669.31 kg, obteniendo resistencias de 201.70, 184.67 y 199.66 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 96 %, 88 % y 95 % de f<sup>c</sup>, también por encima del mínimo exigido. Comparativamente, el concreto con adición mostró resultados ligeramente variables respecto al patrón, con un valor máximo superior (201.70 kg/cm<sup>2</sup>) pero también un valor mínimo inferior (184.67 kg/cm<sup>2</sup>), evidenciando que a los 7 días la incorporación de 25 ml de BBS no generó un incremento uniforme en la resistencia, aunque mantuvo el cumplimiento de los parámetros normativos establecidos.

**Tabla 19**

*Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 14 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f<sup>c</sup></b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup> /210	normativa
Probeta patrón 1	18,155.70	78.50	195.52	231.27	80 %
Probeta patrón 2	17,718.00	78.50	199.36	225.77	80 %
Probeta patrón 3	17,647.73	78.50	193.13	224.85	80 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	16,913.35	78.50	215.57	103 %	80 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	17,749.35	78.50	226.17	108 %	80 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	18,323.22	78.50	233.52	111 %	80 %

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f<sup>c</sup>) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 14 días, el concreto patrón registró cargas de 18,155.70 kg, 17,718.00 kg y 17,647.73 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 231.27, 225.77 y 224.85 kg/cm<sup>2</sup>, superando ampliamente el mínimo normativo del 80 % de la resistencia de diseño. Por su parte, el concreto con 10 ml de BBS y 50 g de lactato de calcio presentó cargas de 16,913.35 kg, 17,749.35 kg y 18,323.22 kg, obteniendo resistencias de 215.57, 226.17 y 233.52 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 103 %, 108 % y 111 % de la resistencia de diseño, respectivamente, cumpliendo también con la exigencia normativa. Comparativamente, los resultados muestran un comportamiento similar entre ambas dosificaciones, aunque el concreto con adición presenta mayor variabilidad, registrando un valor mínimo inferior al patrón (215.57 kg/cm<sup>2</sup>) y un valor máximo ligeramente superior (233.52 kg/cm<sup>2</sup>), lo que indica que a los 14 días la incorporación de BBS y lactato de calcio mantiene resistencias competitivas y dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla 20**

*Concreto patrón vs concreto 25ml BBS x 50 gr LC a 28 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	18,532.50	78.50	236.07	112 %	100 %
Probeta patrón 2	21,931.90	78.50	279.40	133 %	100 %
Probeta patrón 3	22,403.22	78.50	285.52	136 %	100 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	22,328.25	78.50	284.50	135 %	100 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	22,561.53	78.50	288.58	137 %	100 %
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC	22,085.04	78.50	281.44	134 %	100 %

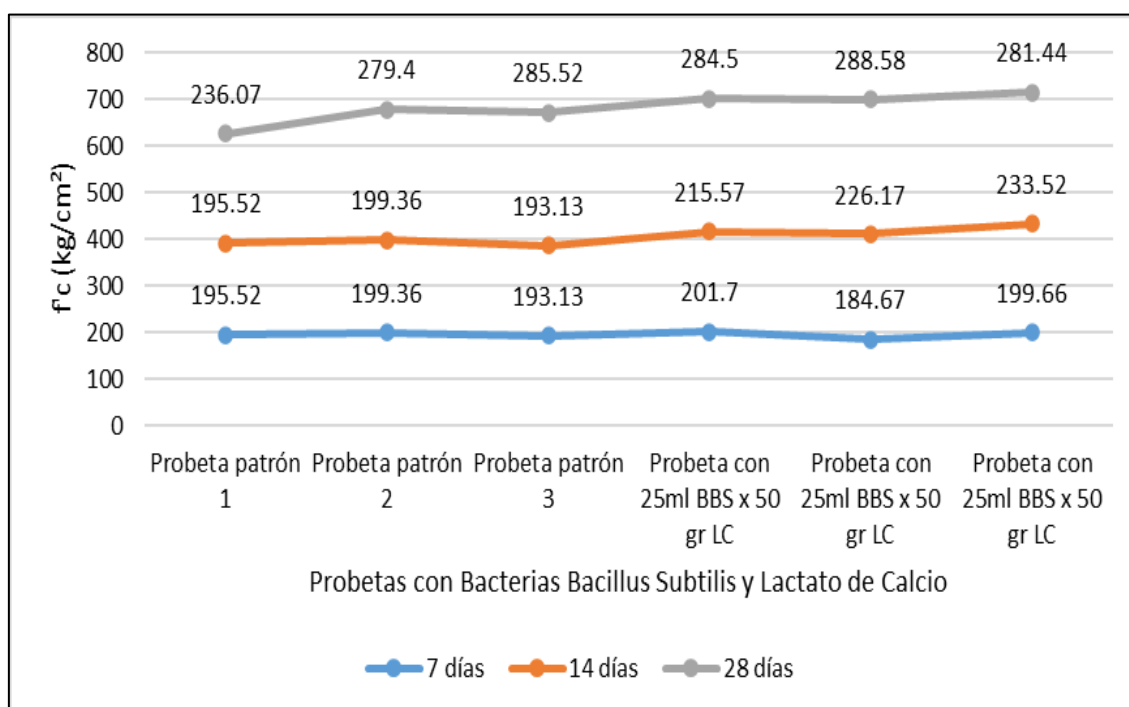
*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 28 días, el concreto patrón registró cargas de 18,532.50 kg, 21,931.90 kg y 22,403.22 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 236.07, 279.40 y 285.52 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 112 %, 133 % y 136 % de la resistencia de diseño, cumpliendo y superando el mínimo normativo del 100 %. Por su parte, el concreto con 25 ml de BBS y 50 g de lactato de calcio presentó cargas de 22,328.25 kg, 22,561.53 kg y 22,085.04 kg, obteniendo resistencias de 284.50, 288.58 y 281.44 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 135 %, 137 % y 134 % de f'c, superando igualmente el valor exigido.

Comparativamente, el concreto con adición mostró resultados ligeramente superiores y más homogéneos que el patrón, con resistencias que oscilan en un rango más estrecho y con incrementos aproximados de entre 3 y 48 kg/cm<sup>2</sup> respecto a algunas probetas patrón, evidenciando que a los 28 días la incorporación de 25 ml de BBS favoreció el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.

**Figura 10**

*Concreto patrón vs concreto 20ml BBS x 50 gr LC a 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta ( $78.50 \text{ cm}^2$ ).

El gráfico muestra la evolución de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a 7, 14 y 28 días para el concreto patrón y el concreto con 25 ml de *Bacillus subtilis* (BBS) y 50 g de lactato de calcio (LC).

A los 7 días, el concreto patrón presenta valores entre 193.13 y 199.36  $\text{kg/cm}^2$ , mientras que el concreto con adición muestra resultados variables entre 184.67 y 201.70  $\text{kg/cm}^2$ , evidenciando un comportamiento similar aunque con mayor dispersión en la mezcla modificada.

A los 14 días, se observa un incremento notable en el concreto con BBS y LC, alcanzando resistencias entre 215.57 y 233.52  $\text{kg/cm}^2$ , superando en promedio al concreto patrón, que mantiene valores alrededor de 224.85 a 231.27  $\text{kg/cm}^2$ . Finalmente, a los 28 días, ambas mezclas presentan un aumento significativo; sin embargo, el concreto con 25 ml de BBS y 50 g de LC registra valores ligeramente superiores y más homogéneos (entre 281.44 y 288.58  $\text{kg/cm}^2$ ) en comparación con el patrón (entre 236.07 y 285.52  $\text{kg/cm}^2$ ).

**Tabla 21***Prueba normalidad Shapiro Wilk C° patrón y C° + 25ml BBS x 50 gr LC*

Grupo	W	p – valor
Probeta patrón a 7 días	0.9823	0.7449
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC a 7 días	0.8384	0.2099
Probeta patrón a 14 días	0.9823	0.7449
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC a 14 días	0.9892	0.8011
Probeta patrón a 28 días	0.8412	0.2173
Probeta con 25ml BBS x 50 gr LC a 28 días	0.9932	0.8428

*Nota:* Ho: Los datos siguen distribución normal. Se acepta normalidad si  $p > 0.05$ .

En todos los casos, los valores de significancia obtenidos fueron mayores a 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos siguen una distribución normal y, en consecuencia, cumplen con el supuesto necesario para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

**Tabla 22***Análisis Anova C° patrón y C° + 25ml BBS x 50 gr LC*

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Promedio cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	1651.58	1651.58			5.32
Columnas	12821.02	12821.02	7.95	0.02	5.32
Interacción	94.75	94.75	61.72	4.97E-05	5.32
Dentro del grupo	1661.70	207.71	0.46	0.52	
Total	16229.05				

*Nota:* Se aplicó análisis de varianza Anova de dos factores con replicación, considerando como factores el tipo de concreto y edad de curado, con nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando  $p < 0.05$ .

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció que el factor muestra (tipo de concreto: patrón vs. concreto con 25 ml de BBS y 50 g de lactato de calcio) presentó un valor  $F = 7.95$  con una probabilidad  $p = 0.02$ , menor que 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de concreto.

Asimismo, el factor columnas (edad de curado) obtuvo un valor  $F = 61.72$  con una probabilidad  $p = 4.97E-05$ , también menor que 0.05, evidenciando una diferencia altamente significativa en la resistencia a la compresión según el tiempo de ensayo.

Por otro lado, la interacción entre tipo de concreto y edad presentó un valor  $F = 0.46$  y  $p = 0.52$ , mayor que 0.05, lo que indica que no existe interacción significativa entre ambos factores.

En consecuencia, la resistencia a la compresión se ve influenciada de manera independiente tanto por el tipo de concreto como por la edad de curado, sin que el efecto de uno dependa del otro.

**Objetivo específico 3:** Determinar la influencia de la combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.

**Tabla 23**

*Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 7 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	15,344.32	78.50	195.52	93 %	70
Probeta patrón 2	15,655.76	78.50	199.36	95 %	70
Probeta patrón 3	15,164.71	78.50	193.13	92 %	70
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	15,164.71	78.50	193.13	92 %	70
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	14,406.68	78.50	183.55	87 %	70
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	14,567.82	78.50	185.59	88 %	70

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 7 días, el concreto patrón registró cargas de 15,344.32 kg, 15,655.76 kg y 15,164.71 kg, alcanzando resistencias a la compresión de 195.52, 199.36 y 193.13 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 93 %, 95 % y 92 % de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), superando el mínimo normativo del 70 %. Por su parte, el concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio presentó cargas de 15,164.71 kg, 14,406.68 kg y 14,567.82 kg, obteniendo resistencias de 193.13, 183.55 y 185.59 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 92 %, 87 % y 88 % de f'c, también por encima del mínimo exigido. Comparativamente, el concreto con mayor dosificación de BBS y lactato de calcio mostró resistencias ligeramente inferiores al patrón en dos de las tres probetas, evidenciando que a los 7 días esta dosificación no generó un incremento en la resistencia inicial, aunque cumplió con los parámetros normativos establecidos.

**Tabla 24**

*Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 14 días*

<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f'c</b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f'c/210	normativa
Probeta patrón 1	18,155.70	78.50	195.52	231.27	80 %
Probeta patrón 2	17,718.00	78.50	199.36	225.77	80 %
Probeta patrón 3	17,647.73	78.50	193.13	224.85	80 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	17,936.97	78.50	228.42	109 %	80 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	17,056.90	78.50	217.40	104 %	80 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	17,205.34	78.50	219.24	104 %	80 %

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f'c) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 14 días, el concreto patrón alcanzó resistencias a la compresión de 231.27, 225.77 y 224.85 kg/cm<sup>2</sup>, superando ampliamente el mínimo normativo del 80 % de la resistencia de diseño. Por su parte, el concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio registró resistencias de 228.42, 217.40 y 219.24 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 109 %, 104 % y 104 % de la resistencia de diseño, respectivamente, cumpliendo también con la exigencia normativa.

**Tabla 25**

*Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 28 días*

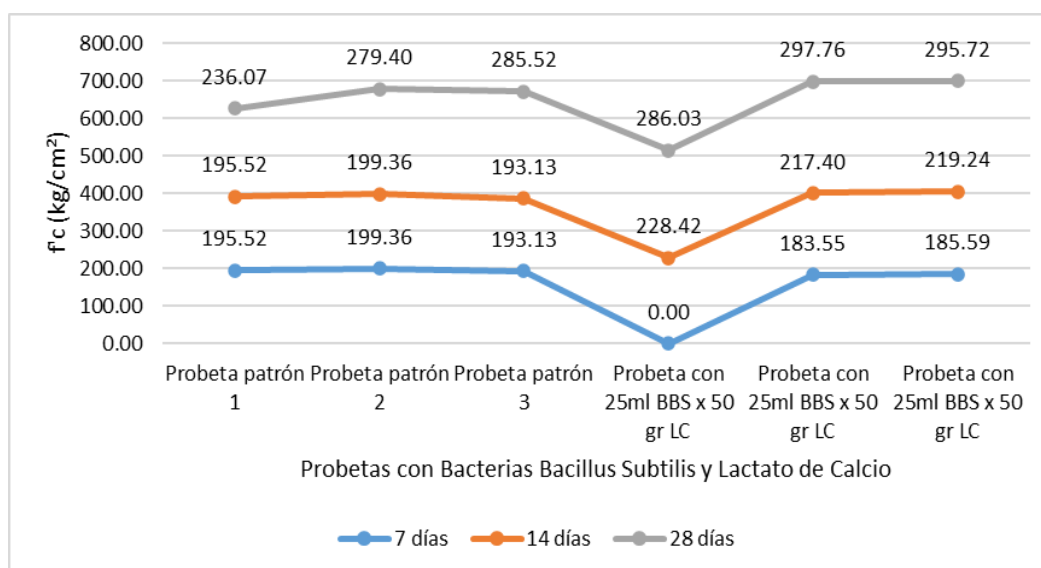
<b>Briqueta</b>	<b>Carga</b>	<b>Área</b>	<b>f<sup>c</sup></b>	<b>%</b>	<b>Mínimo</b>
Descripción	(kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup> /210	normativa
Probeta patrón 1	18,532.50	78.50	236.07	112 %	100 %
Probeta patrón 2	21,931.90	78.50	279.40	133 %	100 %
Probeta patrón 3	22,403.22	78.50	285.52	136 %	100 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	22,455.36	78.50	286.03	136 %	100 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	23,368.16	78.50	297.76	142 %	100 %
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC	23,208.02	78.50	295.72	141 %	100 %

*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión (f<sup>c</sup>) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta (78.50 cm<sup>2</sup>).

A los 28 días, el concreto patrón alcanzó resistencias a la compresión de 236.07, 279.40 y 285.52 kg/cm<sup>2</sup>, equivalentes al 112 %, 133 % y 136 % de la resistencia de diseño, cumpliendo y superando el mínimo normativo del 100 %. Por su parte, el concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio registró resistencias de 286.03, 297.76 y 295.72 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientes al 136 %, 142 % y 141 % de f<sup>c</sup>, superando ampliamente el valor exigido. Comparativamente, el concreto con mayor dosificación mostró resistencias superiores y más homogéneas que el patrón, con incrementos aproximados entre 10 y 50 kg/cm<sup>2</sup> respecto a las probetas patrón, evidenciando que a los 28 días la incorporación de 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio favoreció significativamente el desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.

**Figura 11**

*Concreto patrón vs concreto 35ml BBS x 70 gr LC a 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Los valores de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) fueron calculados dividiendo la carga máxima aplicada entre el área de la sección transversal de cada probeta ( $78.50 \text{ cm}^2$ ).

El gráfico muestra la evolución de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a 7, 14 y 28 días para el concreto patrón y el concreto con 35 ml de *Bacillus subtilis* y 70 g de lactato de calcio. A los 7 días, el concreto patrón presenta valores entre 193.13 y 199.36  $\text{kg/cm}^2$ , mientras que el concreto con adición registra resistencias ligeramente menores, entre 183.55 y 193.13  $\text{kg/cm}^2$ , evidenciando que en edades tempranas la mayor dosificación no genera un incremento significativo.

A los 14 días, ambos concretos muestran un aumento de resistencia; sin embargo, el patrón mantiene valores levemente superiores (entre 224.85 y 231.27  $\text{kg/cm}^2$ ) en comparación con el concreto modificado (entre 217.40 y 228.42  $\text{kg/cm}^2$ ). Finalmente, a los 28 días se observa el mayor desarrollo de resistencia en ambas mezclas, destacándose el concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio, que alcanza valores entre 286.03 y 297.76  $\text{kg/cm}^2$ , superando al patrón en promedio.

**Tabla 26**

*Prueba normalidad Shapiro Wilk  $C^\circ$  patrón y  $C^\circ + 35\text{ml BBS x } 70 \text{ gr LC}$*

Grupo	W	p – valor
Probeta patrón a 7 días	0.9823	0.7449
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC a 7 días	0.9010	0.3887
Probeta patrón a 14 días	0.9823	0.7449
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC a 14 días	0.8712	0.2989
Probeta patrón a 28 días	0.8412	0.2173
Probeta con 35ml BBS x 70 gr LC a 28 días	0.8758	0.3122

*Nota:*  $H_0$ : Los datos siguen distribución normal. Se acepta normalidad si  $p > 0.05$ .

En todos los casos, los valores de significancia obtenidos fueron mayores a 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que los datos siguen una distribución normal y, en consecuencia, cumplen con el supuesto necesario para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

**Tabla 27**

*Análisis Anova C° patrón y C° + 35ml BBS x 70 gr LC*

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Promedio cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	2016.84	2016.84	9.95	0.0135	5.32
Columnas	15224.70	15224.70	75.12	2.4428E-05	5.32
Interacción	0.18	0.18	0.00088	0.9770	5.32
Dentro del grupo	1621.42	202.68			
Total	18863.14				

*Nota:* Se aplicó análisis de varianza Anova de dos factores con replicación, considerando como factores el tipo de concreto y edad de curado, con nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Se consideró diferencia estadísticamente significativa cuando  $p < 0.05$ .

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el factor muestra (tipo de concreto: patrón vs. concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio) presentó un valor  $F = 9.95$  con una probabilidad  $p = 0.0135$ , menor que 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de concreto.

Asimismo, el factor columnas (edad de curado) obtuvo un valor  $F = 75.12$  con una probabilidad  $p = 2.4428E-05$ , también menor que 0.05, evidenciando una diferencia altamente significativa en la resistencia a la compresión según el tiempo de ensayo. Por otro lado, la interacción entre tipo de concreto y edad presentó un valor  $F = 0.00088$  y  $p = 0.9770$ , mayor que 0.05, lo que indica que no existe interacción significativa entre ambos factores.

En consecuencia, la resistencia a la compresión se ve influenciada de manera independiente tanto por el tipo de concreto como por la edad de curado, siendo ambos factores determinantes, pero sin que el efecto de uno dependa del otro.

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demostraron que la adición de *Bacillus Subtilis* y lactato de calcio mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en Huaraz – Áncash, con un incremento del 9.8% en resistencia a compresión a los 28 días, alcanzando 293.17 kg/cm<sup>2</sup> frente a 267.00 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón. Asimismo, la resistencia a la flexión aumentó hasta en un 6.9%, alcanzando 44.02 kg/cm<sup>2</sup> frente a 41.16 kg/cm<sup>2</sup> en la probeta control. Estos hallazgos coinciden con Muñoz et al. (2023), quienes reportaron mejoras similares en Bogotá, destacando la precipitación microbiana de carbonato de calcio como mecanismo fundamental. Además, la viabilidad bacteriana y la formación de esporas confirmadas en suspensiones con concentraciones aproximadas de  $1.2 \times 10^9$  células/mL, y la utilización de lactato en rangos de 23 a 70 g/L, favorecieron la bio mineralización progresiva. A pesar de que dosis menores como 10 ml/cl de bacteria mostraron mejores rendimientos a 14 días (232 kg/cm<sup>2</sup> frente a 224 kg/cm<sup>2</sup> del patrón), las dosis mayores (35 ml/cl y 70 g de lactato) evidenciaron un desarrollo más marcado a 28 días. Estas diferencias resaltan la importancia del tiempo de curado para maximizar los beneficios del aditivo, en línea con estudios internacionales que sugieren la necesidad de optimizar la dosificación y las condiciones de aplicación para lograr un concreto autorreparable eficiente y durable.

## V. CONCLUSIONES

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el factor muestra (tipo de concreto: patrón vs. concreto con 35 ml de BBS y 70 g de lactato de calcio) presentó un valor  $F = 9.95$  con una probabilidad  $p = 0.0135$ , menor que 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de concreto. Asimismo, el factor columnas (edad de curado) obtuvo un valor  $F = 75.12$  con una probabilidad  $p = 2.4428E-05$ , también menor que 0.05, evidenciando una diferencia altamente significativa en la resistencia a la compresión según el tiempo de ensayo. Por otro lado, la interacción entre tipo de concreto y edad presentó un valor  $F = 0.00088$  y  $p = 0.9770$ , mayor que 0.05, lo que indica que no existe interacción significativa entre ambos factores.

A los 7 días, el concreto patrón presentó resistencias entre 193.13 y 199.36 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el concreto con 10 ml de BBS registró valores entre 185.79 y 190.28 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, el patrón alcanzó entre 224.85 y 231.27 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto modificado entre 220.26 y 231.07 kg/cm<sup>2</sup>. A los 28 días, el patrón varió entre 236.07 y 285.52 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto con BBS entre 282.46 y 290.62 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, el ANOVA indicó que el factor muestra no fue significativo ( $p > 0.05$ ), mientras que la edad sí influyó significativamente ( $p < 0.05$ ). Por tanto, la variación de la resistencia se atribuye principalmente al tiempo de curado y no a esta dosificación bacteriana.

A los 7 días, las resistencias del concreto con 25 ml BBS oscilaron entre 184.67 y 201.70 kg/cm<sup>2</sup>, similares al patrón (193.13–199.36 kg/cm<sup>2</sup>). A los 14 días alcanzó valores entre 215.57 y 233.52 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días entre 281.44 y 288.58 kg/cm<sup>2</sup>, superando en promedio al patrón (236.07–285.52 kg/cm<sup>2</sup>). El ANOVA evidenció diferencias significativas por tipo de concreto ( $F = 7.95$ ;  $p = 0.02$ ) y por edad ( $p < 0.001$ ), sin interacción significativa ( $p > 0.05$ ). Se concluye que esta dosificación mejora significativamente la resistencia, especialmente a los 28 días.

A los 7 días, el concreto con 35 ml BBS registró entre 183.55 y 193.13 kg/cm<sup>2</sup>, ligeramente inferior al patrón. A los 14 días alcanzó entre 217.40 y 228.42 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días obtuvo los mayores valores del estudio, entre 286.03 y 297.76 kg/cm<sup>2</sup>, superando al patrón (236.07–285.52 kg/cm<sup>2</sup>). El ANOVA mostró diferencias significativas para el tipo de concreto ( $F = 9.95$ ;  $p = 0.0135$ ) y para la edad ( $F = 75.12$ ;  $p < 0.001$ ), sin interacción significativa. Se concluye que esta dosificación generó el mayor incremento en resistencia a la compresión, principalmente a edades finales de curado.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las empresas constructoras, laboratorios de control de calidad y autoridades técnicas del sector construcción en Huaraz considerar la incorporación progresiva de tecnologías basadas en *Bacillus subtilis* y lactato de calcio, dado que dosificaciones superiores demostraron mejoras significativas en la resistencia a la compresión ( $p < 0.05$ ). En el corto plazo, se sugiere replicar los ensayos con mayor tamaño muestral; en el mediano plazo, evaluar su desempeño en condiciones reales de obra; y en el largo plazo, promover su inclusión en especificaciones técnicas locales, previo análisis de durabilidad y viabilidad económica.

Se recomienda a investigadores y universidades no considerar esta dosificación (10 ml BBS + 23 g LC) como prioritaria para mejorar resistencia estructural, ya que no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). En el corto plazo, ampliar el número de probetas; en el mediano plazo, ensayar mayores concentraciones o combinaciones; y en el largo plazo, evaluar su efecto en propiedades de durabilidad.

Se recomienda a laboratorios y proyectistas estructurales evaluar esta dosificación (25 ml BBS + 50 g LC) en elementos no críticos, dado que mostró diferencias significativas ( $p = 0.02$ ) y mejoras a 28 días. En el corto plazo, validar resultados en campo; en el mediano plazo, analizar comportamiento ante agentes agresivos; y en el largo plazo, estudiar su optimización económica.

Se recomienda a empresas constructoras y centros de investigación en materiales considerar esta dosificación (35 ml BBS + 70 g LC) como alternativa técnica viable, ya que presentó el mayor incremento significativo en resistencia ( $p = 0.0135$ ). En el corto plazo, realizar pruebas piloto estructurales; en el mediano plazo, evaluar desempeño a largo plazo y durabilidad; y en el largo plazo, impulsar su normalización técnica mediante estudios complementarios.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akanle, O., & Olamide, S. (2020). Study Justification in Social Research. *Contemporary Issues in Social Research*, 3(5), 93–104. [https://www.researchgate.net/publication/345136265\\_Study\\_Justification\\_in\\_Social\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/345136265_Study_Justification_in_Social_Research)
- Alva, K., & Kobayashi, J. (2022). *Análisis comparativo del contenido de bacterias del género bacillus como aditivo en las propiedades mecánicas de un concreto convencional, Trujillo 2022* [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30733>
- Andia, G., & Bautista, L. (2022). *Concreto hidráulico autorreparable con bacterias para el mejoramiento de sus propiedades en vías urbanas* [Tesis de Titulación, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4727>
- Aures, N., & Ramírez, J. (2021). *Incidencia de la adición de bacteria Bacillus Subtilis en la resistencia mecánica del concreto, Lima - 2021* [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/127761>
- Bañez, C., & Veramendi, E. (2021). *Influencia en el ensayo a compresión del concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  adicionando mucílago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz-Ancash-2021* [Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65425>
- Bernal, L. (2024). *Influencia del Bacillus Subtilis y la cáscara de huevo en la autoreparación y resistencia del concreto de edificaciones, La Libertad, 2024* [Pregrado]. Universidad César Vallejo.
- Cabrera, L. (2025). *Caracterización microbiológica de bacterias precipitadoras de carbonato de calcio aisladas de suelos ureicos y calcáreos de la provincia de Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7774>
- Carriles, J. (2015). A tool for crafting and questionnaire processing. *Centro de Estudios Sociopolíticos y de Opinión*, 35, 1–65. <https://pcc.cu/sites/default/files/documentos/2024-07/35-boletin.pdf#page=49>
- Castañeda, I., Hernández, E., & Lizárraga, L. (2022). Bioconcrete as a repair agent in concrete structures. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, Volume 10, 176–183. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/8667>

- Cerna, V. (2025). *Efecto de la bacteria bacillus subtilis en la resistencia del concreto para pavimentos rígidos  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , Huaraz* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/164002>
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., & Garcés, J. (2022). Techniques and Instruments for Data Collection that Support Scientific Research in Time of Pandemic. *Dominio De Las Ciencias*, 8(1), 1165–1185. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2546>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2024). Financiamiento de la infraestructura para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. *Comercio Internacional*, 1–77. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/56c4dce0-b116-442a-8695-8b648612aa01/content>
- Da Silva De Sousa, O. G. (2022). Study of the location and identification of microorganisms capable of self-repairing cracks in concrete mixtures. *Revista Científica Unanchay*, Volume 1, 24–46. <https://tecnocuatoriano.edu.ec/revistaunanchay/index.php/RCU/article/view/18>
- Enríquez, M., Cornejo, R., & Díaz, E. (2023). Methodological design. *Voces y sentidos del profesorado: Opiniones de egresados normalistas*, 6(5), 41–47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9756726>
- Espinoza, E., & Calva, D. (2020). Ethics in educational research. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 1–8. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000400333&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000400333&script=sci_arttext)
- Hetz, C., & Nassif, M. (2019). Targeting autophagy in ALS: A complex mission. *Autophagy*, 7(4), 450–453. [https://www.tandfonline.com/doi/10.4161/auto.7.4.14700?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://www.tandfonline.com/doi/10.4161/auto.7.4.14700?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)
- Merchán, J., & Pérez, M. (2022). *Evaluación de las propiedades mecánicas en el concreto autoreparable a base de bacterias bacillus subtilis y en el concreto convencional* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/8af67135-5e47-449d-bafc-d2ed6b7e60e2>
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., & Alania, R. (2021). Evaluation of procedures used to determine the population and sample in postgraduate research work. *Desafíos*, 12(1), 50–57. <http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e>

- Muñoz, S., Sánchez, C., & Peralta, M. (2023). Influence of Bacteria on Concrete Self-Healing. *Revista UIS Ingenierías*, 22(1), 69–86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9514620>
- MVCS. (2023). Informe Técnico N° 835. *Vivienda - OGGP - OI*, 16(1), 1–26. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/metodologia\\_sectorial/Pautas\\_Saneamiento.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/metodologia_sectorial/Pautas_Saneamiento.pdf)
- Palmer, M., & Pulido, I. (2020). *Aplicación de bacterias Bacillus Pseudofirmus para mejorar las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en San Martín de Porres, 2020* [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58141>
- Reyes, T. (2023). *Influencia del Bacillus Subtilis en las propiedades físico-mecánicas del concreto, 2023* [Pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133204>
- Sarma, S., & Kumar, M. (2024). Microbial-Induced Calcium Carbonate Precipitation – A Potentially Sustainable Approach for Geo-environmental Challenges: A Retrospection into the Mechanism, Influencing Factors, Characterization, and Applications. *Geomicrobiology Journal*, 41(9), 921–938. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01490451.2024.2401887?src=exp-la>
- Soares, M., & Castillo, R. (2023). Self-healing of cracks in concrete through the addition of bacteria. *Congreso Fluminense de Pós Graduação*, 1(3), 1–74. <https://proceedings.science/confict-conpg/confict-conpg-2023/trabalhos/autocicatrizacao-de-fissuras-em-concreto-por-adicao-de-bacteria?lang=pt-br#>
- Vargas, E., & Pastor, J. (2024). Análisis de la resistencia y durabilidad del concreto con pigmentos fotoluminiscentes. *Perfiles De Ingeniería*, 21(22), 51–59. [https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles\\_Ingenieria/article/view/7203](https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria/article/view/7203)
- Wong, P., Joyabrata, M., Sandak, A., Lijun, L., Jianxiong, J., & Nirakar, P. (2024). Advances in microbial self-healing concrete: A critical review of mechanisms, developments, and future directions. *Science of The Total Environment*, 947, 1–16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724047016>
- Zúñiga, P., Cedeño, R., & Maldonado, I. (2023). Scientific research methodology: practical guide. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

**Tabla 28**

*Matriz de consistencia*

<b>TÍTULO: “BACTERIAS BACILLUS Y LACTATO DE CALCIO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE EN HUARAZ,”</b>			
<b>Problema General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Variable Independiente</b>
<p>¿Cuál es la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la influencia de combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?</li> <li>• ¿Cuál es la influencia de combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?</li> <li>• ¿Cuál es la influencia de combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025?</li> </ul>	<p>Existe influencia significativa las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe influencia significativa de la combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> <li>• Existe influencia significativa de la combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> <li>• Existe influencia significativa de la combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> </ul>	<p>Determinar la influencia de las bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la influencia de la combinación 1 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> <li>• Determinar la influencia de la combinación 2 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> <li>• Determinar la influencia de la combinación 3 de bacterias bacillus subtilis y lactato de calcio en la resistencia a la compresión de un concreto simple en Huaraz, 2025.</li> </ul>	<p>Bacterias Bacillus Subtilis</p> <p>Lactato de calcio</p> <p>D1: Combinación 1</p> <p>D2: Combinación 2</p> <p>D3: Combinación 3</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Resistencia a la compresión</p>

*Nota:* La matriz relaciona los objetivos, hipótesis, variables, y métodos de una investigación para asegurar coherencia y alineación en el estudio.

Anexo 2: Cuadro de operacionalización de variables

**Tabla 29**

*Matriz de operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>
<p><b>Variable Independiente</b> Bacterias Bacillus Subtilis Lactato de calcio</p>	<p>Yuan et al. (2020) indica que es una bacteria del suelo que forma esporas y se usa en investigación e industria; el lactato de calcio es una sal del ácido láctico utilizada como suplemento de calcio y aditivo alimentario (Bernal, 2024).</p>	<p>Se utilizarán ambas variables independientes de manera combinada en las siguientes proporciones: 10ml BBS x 23 gr LC, 25ml BBS x 50 gr LC; y 35ml BBS x 70 gr LC y se agregarán a la mezcla de concreto simple de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup></p>	<p>Combinación 1 Combinación 2 Combinación 3</p>
<p><b>Variable Dependiente</b> Resistencia a compresión</p>	<p>Cappelleso et al. (2023) indica que la resistencia a compresión del concreto es la capacidad que tiene el concreto endurecido para soportar cargas que lo presionan sin romperse, y se mide generalmente en megapascuales (MPa) mediante ensayos en laboratorio.</p>	<p>Se realizará la prueba de compresión axial a los concretos modificados en los periodos de curado de 7, 14 y 28 días</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>

*Nota:* La tabla nos resume de forma detallada las variables y cómo se van a medir.

Anexo 3: Instrumentos de recolección de la información

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM D - 2216

Pozo	C - 01		C - 02	
Muestra				
Profundidad (m)				
Frasco N°				
(1) Pfr + P.S.H. (gr.)				
(2) Pfr + P.S.S. (gr.)				
(3) Pagua (gr.) (1) - (2)				
(4) Pfr (gr.)				
(5) P.S.S. (gr.) (2) - (4)				
(6) C. Humedad (%) (3)/(5)				

Nota:

Pfr: = Peso del frasco  
P.S.H. = Peso del suelo húmedo  
P.S.S. = Peso del suelo seco  
Pagua = Peso del agua



*Rey*  
Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57808  
Docente en Ingeniería Civil  
Magíster en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

CLASIFICACIÓN ASTM C - 33

Peso Inicial Seco: % Que pasa la malla N° 200:  
 Peso Lavado Seco: % Retenido en la malla N° 3:

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr.)	% Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
3"	76.200				
1 1/2"	38.100				
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
N° 4	4.760				
N° 8	2.380				
N° 16	1.190				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 100	0.149				
N° 200	0.074				
> N° 200	0.000				
TOTAL					

Nota: Límite máximo de finos = 5%

Grava % =

Arena % =

Finos % =



**PESO UNITARIO FINO - ARENA GRUESA**  
ASTM - C 29

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso material + molde						
Peso del molde						
Peso del material						
Volumen del molde						
Peso unitario						
Peso unitario promedio						

**PESO UNITARIO GRUESO - PIEDRA CHANCADA**  
ASTM - C 29

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso material + molde						
Peso del molde						
Peso del material						
Volumen del molde						
Peso unitario						
Peso unitario promedio						


  
 Dr. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc. Dr.  
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57908  
 Director en Ingeniería Civil  
 Membro en Ingeniería Geotécnica  
 JEFE DE LABORATORIO

**PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN**

ASTM C 127 y ASTM C 128

<b>Identificación (agregado)</b>	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
Tamaño Máximo de la muestra		
Tipo de frasco utilizado		
Peso Frasco + Agua (A)		
Peso Mat. Y Sup. Seca en Aire (B)		
Mat. Sat. + Agua + Frasco = A + B (C)		
Peso Global con Desplaz. De Vol. (D)		
Peso Vol. Masa + Vol. Vacíos: C - D (E)		
Peso Mat. Sat. Y Sup. Seca en Agua (F)		
Peso Secado en Estufa a 105 °C (G)		
Peso del Vol. De la Masa: E - (B - C) (H)		
P.E. Bulk (Base Seca) (G)/(E)		
P.E. Bulk (Base Saturada) (B)/(E)		
P.E. Aparente o Relativo (G)/(H)		

<b>N° de Tarro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso del Tarro + Mat. SSS en Aire (a)		
Peso del Tarro + Mat. Secado en Estufa (b)		
Peso del Agua (a-b) (c)		
Peso del Tarro (d)		
Peso del Material Secado en Estufa (e)		
% Absorción (c) x 100/e		


  
*Reynaldo M. Reyes Roque*
  
**Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.**
  
**INGENIERO CIVIL CIP N° 57906**
  
 Doctor en Ingeniería Civil
   
 Maestro en Ingeniería Geotécnica
   
 JEFE DE LABORATORIO

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

NORMA ASTM C - 39 Y AASHTO T - 22

Briqueta		Diseño	Fecha		Edad	Área	F'c	%
N°	Descripción	kg/cm <sup>2</sup>	Moldeo	Rotura	Días	cm <sup>2</sup>	(kg/cm <sup>2</sup> )	F'c/Fc
1								
2								
3								
4								
5								
6								

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGUETAS DE CONCRETO**

NORMA MTC E709 - NTP 339.078

Vigueta de C°		Diseño	Fecha		Edad	Ancho	Alto	Longitud	Carga	Módulo de Rotura
N°	Descripción	kg/cm <sup>2</sup>	Moldeo	Rotura	Días	(b)	(h)	(L)	(P)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1										
2										
3										
4										
5										
6										


  
 Ing. Reinaldo M. Reyes Roque, M.Sc. Dr.  
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57800  
 Director en Ingeniería Civil  
 Maestro en Ingeniería Geotécnica  
 JEFE DE LABORATORIO

## Anexo 4: Especificaciones técnicas Bacterias Bacillus Subtilis

### FICHA TÉCNICA

Suspensión Concentrada (SC)  
 Bacillus amyloliquefaciens QST 713  
 (sinónimo de Bacillus subtilis QST 713)  
 1.0 x 10<sup>9</sup> UFC/gramo  
 Agente Microbiano (Biológico)  
 Protectante  
 Uso agrícola  
 Registro Nacional No. 5973



**COMPOSICIÓN GARANTIZADA:**

**Ingredientes activos:**  
 Bacillus amyloliquefaciens QST 713  
 (sinónimo de Bacillus subtilis QST 713)  
 1.0 x 10<sup>9</sup> UFC/gramo ..... 1.34 %

**Ingredientes aditivos:**  
 c.s.p. 1 litro

**INSTRUCCIONES DE USO Y MANEJO:**  
 Respetar las recomendaciones definidas en la etiqueta.  
**CONSULTE UN INGENIERO AGRÓNOMO.**  
**AGÍTELO ANTES DE USAR Y DESTAPAR EL PRODUCTO.**

SERENADE® 1.34 SC presenta múltiples modos de acción para atacar a los hongos fito-patógenos. Trabaja primero creando una zona de inhibición en la hoja. Previene el ataque de patógenos destruyendo el tubo germinativo y el micelio del hongo. Estos diferentes modos de acción resultan en un efectivo control de las enfermedades, con muy poca posibilidad de que los patógenos desarrollen resistencia.

SERENADE® 1.34 SC detiene la germinación de esporas brindando un muy buen efecto protectante. Por su modo y mecanismo de acción se presenta como una herramienta ideal de rotación y manejo de resistencia dentro de un programa de manejo de enfermedades.

SERENADE® 1.34 SC brinda un efecto sinérgico con triazoles y estrobilurinas.

CULTIVO	PLAGA	DOSIS	ÉPOCA Y NÚMERO DE APLICACIONES	1°P.C.	2°P.R.
MANGO AGUACATE	Antracnosis <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	3,0 a 4,0 L/ha	Se recomienda utilizar la dosis de 3,0 L/ha en aplicación preventiva o máximo al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad. Se recomienda utilizar la dosis de 4,0 L/ha en estado de floración y fructificación y cuando las condiciones ambientales favorezcan el desarrollo de la enfermedad. Utilizar un volumen de agua de 800 L/ha.	SF	N.A.
BANANO	Sigatoka Negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	1.0 L/ha	Iniciar aplicaciones cuando se observen los primeros síntomas de la enfermedad realizando una aplicación cada quince días.		
ROSA	Moho gris <i>Botrytis cinerea</i>	2.0 -3.0 L/ha	Volumen de mezcla 1000 Litros de agua/ha.		

CULTIVO	PLAGA	DOSIS	ÉPOCA Y NÚMERO DE APLICACIONES	1P.C.	2P.R.
ARROZ	Añublo de la Vaina <i>Rhizoctonia solani</i>	1.5 – 2.0 L/ha	Aplice el 50% del producto 20 días después de la emergencia y el 50% restante 15 días después.	SF	N.A.
	Añublo bacterial de la espiga <i>Burkholderia glumae</i>		Dos aplicaciones de manera preventiva. 1ª Aplicación: Pleno Embuchamiento. 2ª Aplicación: Inicio de Espigamiento (5%-10%). La dosis dependerá de la presión de la enfermedad en cada zona, al igual de la sensibilidad de la variedad sembrada. Volumen de aplicación 200 lt/ha.		
	Mal del Pie <i>Gaeumannomyces graminis.</i>	2.0 – 2.5 L/ha	Dos aplicaciones de manera preventiva. Primera Aplicación: Máximo Macollamiento. Segunda Aplicación: Inicio de Espigamiento (1%-5%).		
	Escaldado de Panícula <i>Sarocladium oryzae</i>		La dosis dependerá de la presión de la enfermedad en cada zona, al igual de la sensibilidad de la variedad sembrada.  Volumen de aplicación 200 lt/ha.		
GEBOLLA	Amarillera o Punteo <i>Alternaria porri</i>	5,0 L/ha	Aplicación preventiva o máximo al inicio de los síntomas de la enfermedad. Utilizar un volumen de agua de 400 L/ha.	SF	N.A.
FRESA	Moho gris <i>Botrytis cinérea</i>	3.0 L/ha	Volumen de aplicación 600 lt/ha.		
PAPA	<i>Rhizoctonia solani</i>	4.0 L/ha	Aplicar al momento de la siembra asegurando cobertura de los tubérculos y del área cercana a cada sitio. Volúmenes de aspersión de 300 litros de agua por hectárea.		
TOMATE	<i>Damping Off</i>	1.5 L/ha*	Realizar aplicación en drench 1 día después de la siembra. Preparar 2,0 centímetros cúbicos de producto por litro de agua, y aplicar 50 centímetros cúbicos de solución por planta. *La dosis de 1.5 L/ha corresponde a la aplicación de 15,000 plantas por hectárea en 750 litros de agua.		
	Tizón temprano <i>Alternaria solani</i>	2,5 a 3,0 L/ha	Aplicación preventiva o máximo al inicio de los primeros síntomas de la enfermedad. Se recomienda utilizar la dosis de 3,0 L/ha cuando las condiciones ambientales favorezcan el desarrollo de la enfermedad. Utilizar un volumen de agua de 600 L/ha.		



**Banano:** Se recomienda SERENADE® 1.34 SC para el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en mezcla con fungicidas sistémicos como Triazoles, Morfolinas, Estrobirulinas y Carboxamidas para banano convencional. Agregue SERENADE® 1.34 SC de último cuando se ha logrado la emulsión.

Mezcla de SERENADE® 1.34 SC en emulsión Aceite - Agua - Sistémicos.

1. Colocar la dosis recomendada de aceite en el tanque de mezcla.
2. Agregar emulsificante, se debe utilizar de acuerdo con la recomendación del técnico (0.5%-1.0%). Agitar durante tres minutos.
3. Adicionar el agua (18 a 23 L/ha). Agitar la mezcla 5 minutos.
4. Adicionar la dosis recomendada de Sistémico. Agitar la mezcla por un minuto.

5. Adicionar la dosis recomendada de SERENADE® 1.34 SC. Agitar la mezcla por un minuto.

6. Adicionar el 50% de la cantidad necesaria de agua restante para ajustar el volumen final (18 a 23 L/ha). Agitar la mezcla 5 minutos.

**Arroz:** Aplique SERENADE® 1.34 SC para el control de Rhizoctonia solani de manera preventiva en aplicaciones parciales de 15-20 días después de emergido el arroz o cuando aparezcan los primeros síntomas de la enfermedad a los 35 días después de emergencia.

En caso de alta presión de la enfermedad en el cultivo se recomienda emplear SERENADE® 1.34 SC en mezcla con fungicidas sistémicos para aumentar su espectro de control. Los mejores resultados se obtienen con la mezcla de SERENADE® 1.34 SC más triazoles y/o estrobirulinas en aplicaciones fraccionadas.

#### COMPATIBILIDAD Y FITOTOXICIDAD:

SERENADE® 1.34 SC no debe mezclarse con plaguicidas, surfactantes o fertilizantes foliares sin antes realizar pruebas de compatibilidad (miscibilidad) y fito-compatibilidad con el producto que se desea mezclar.

SERENADE® 1.34 SC en las dosis y frecuencia recomendadas, es compatible con los cultivos registrados, sin embargo se recomienda pruebas de fito-compatibilidad con nuevas variedades y/o híbridos.



#### PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO Y APLICACIÓN:

- La exposición repetida a las concentraciones de proteínas microbiales puede causar sensibilización alérgica.
- Use guantes, overol, protector de ojos y rostro (visor) y calzado resistente. Al mezclar y aplicar el producto use guantes, camisa de manga larga, pantalón largo, calzado resistente y protección respiratoria.
- El contacto con los ojos puede causar irritación leve en algunos individuos. No aspire la neblina del producto. Puede causar irritación en el tracto respiratorio.
- No comer, beber ni fumar durante las operaciones de mezcla y aplicación.
- Después de aplicar el producto báñese con abundante agua y jabón, lave la ropa contaminada.
- No permita animales en el área tratada.
- Los equipos de aplicación deben ser previamente calibrados.
- Conservar el producto en el envase original, etiquetado y cerrado. No re-envase el producto. No reutilice este envase para ningún otro propósito.
- No almacenar en casa de habitación. Almacene el producto en sitios seguros retirados de alimentos y medicinas de consumo humano y animal, bajo condiciones adecuadas que garanticen la conservación del producto (lugar oscuro, fresco, seco y ventilado) áreas secas y libres de humedad, con buena ventilación.
- Transportelo solamente con productos agroquímicos. NO con productos de consumo humano y animal.



**MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE:**

- En caso de derrame, recoger con materiales absorbentes (aserrín o tierra seca), guardarlo en bolsa plástica y/o caneca y deseche acorde con la entidad local competente.
- No asperjar áreas fuera del cultivo a tratar y evite la deriva a zonas cercanas. Lave el equipo en el sitio de aplicación y deseche esta agua en el área tratada.
- No contaminar lagos, ríos, estanques ni arroyos con desechos o envases vacíos.
- Respetar las franjas de seguridad con relación a cuerpos de agua, carreteras troncales, núcleos de población humana y animal, o cualquiera otra área que requiera protección especial, 10 metros (terrestre) y 100 metros (área).
- Lleve el envase al centro de acopio más cercano del programa campo limpio, luego de realizar el triple lavado.

**EN CASO DE INTOXICACIÓN, DERRAME O INCENDIO COMUNICARSE CON CISPROQUIM:**

LÍNEA 01 8000 916012 ATENCIÓN 24 HORAS. O EN BOGOTÁ AL TEL. (091) 2 88 60 12.  
LÍNEA BAYER S.A DE SERVICIO AL CLIENTE: 01 8000 111212.



*Categoría toxicológica:* III - Moderadamente Tóxico  
\*Clasificación Recomendada por la Organización Mundial de la Salud.



15/07/2021 Versión 1

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

1/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

#### SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA

##### Identificador del producto

Nombre comercial SERENADE® ASO

Código del producto (UVP) 80924771

Número SDS 102000027846

Nº de Registro (EPA) 264-1152

##### Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso Fungicida

Restricciones de uso Para restricciones ver etiqueta del producto.

##### Información sobre el surtidor

Proveedor Bayer CropScience  
2 T.W. Alexander Drive  
Research Triangle PK, NC 27709  
Estados Unidos

Departamento Responsable E-mail: SDSINFO.BCS-NA@bayer.com

##### Teléfono de emergencia

Teléfono de emergencia (24 horas/ 7 días) 1-800-334-7577

Teléfono de Información de Producto 1-866-99BAYER (1-866-992-2937)

#### SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

##### Clasificación según el Reglamento HCS 29CFR §1910.1200

Este material no es peligroso bajo los criterios de los Estándares de Comunicación de Riesgos Federales de OSHA 29CFR 1910.1200.

##### Peligros no clasificados de otra manera (HNOC)

Los microorganismos pueden tener el potencial para provocar reacciones de sensibilización.  
Sin riesgos para la salud ni clasificado de otra manera.

#### SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Nombre de componentes peligrosos	No. CAS	Concentración % en peso
Bacillus subtilis, cepa QST 713		1.34
Bacillus subtilis (cepa QST 713) 1,34%		

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

2/11  
Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

#### SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

##### Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales	Si es posible, tener el envase del producto o la etiqueta a mano para llamar a un centro de control de envenenamiento o un médico o para tratamiento.
Inhalación	Trasladarse a un espacio abierto. Si ha parado de respirar, llamar al 911 o una ambulancia. Después, hacer la respiración artificial, de preferencia boca a boca, si es posible. Llamar inmediatamente a un médico o a un centro de información toxicológica.
Contacto con la piel	Quitese inmediatamente la ropa y zapatos contaminados. Lavar inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos. Llamar inmediatamente a un médico o a un centro de información toxicológica.
Contacto con los ojos	Mantener el ojo abierto y enjuagar suavemente y lentamente durante 15 - 20 minutos. Después de los primeros 5 minutos retirar las lentillas, si presentes, y continuar enjuagando el ojo. Llamar inmediatamente a un médico o a un centro de información toxicológica.
Ingestión	Llamar inmediatamente a un médico o a un centro de información toxicológica. Enjuagar la boca y dar a beber agua en pequeños sorbos. NO provocar el vómito al menos de hacerlo bajo el control de un médico o del centro de control de envenenamiento. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. No dejar el afectado sin vigilancia.

##### Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Síntomas	Ningun síntoma conocido o esperado.
Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente	
Tratamiento	Tratar sintomáticamente. No existe antídoto específico.

#### SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

##### Medios de extinción

Adecuados	Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.
Inadecuados	Chorro de agua de gran volumen

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027848

3/11  
Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

<b>Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla</b>	En caso de incendio se formarán gases peligrosos.
<b>Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios</b>	
<b>Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios</b>	Los bomberos deberán utilizar un equipo de respiración autónomo aprobado por NIOSH y ropa protectora adecuada.
<b>Información adicional</b>	Utilizar medios de extinción adecuados para el material llevando el combustible.  Mantenerse alejado del humo. Luchar el incendio del lado opuesto al viento. Enfriar los contenedores cerrados expuestos al fuego con agua pulverizada. Impedir que las aguas de extinción de incendios lleguen al alcantarillado o a cursos de agua.
<b>Punto de inflamación</b>	> 91 °C Sin punto de inflamación - medición hasta la temperatura de ebullición.
<b>Temperatura de auto-inflamación</b>	475 °C / 887 °F
<b>Límites inferior de explosividad</b>	Sin datos disponibles
<b>Límite superior de explosividad</b>	Sin datos disponibles
<b>Explosividad</b>	No explosivo 92/69/CEE A.14 / OCDE 113

## SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

### Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

**Precauciones** Mantener alejadas a personas no autorizadas. Aislar la zona de peligro. Evitar el contacto con los productos derramados o las superficies contaminadas.

### Métodos y material de contención y de limpieza

**Métodos de limpieza** Recoger con un producto absorbente inerte (por ejemplo, arena, diatomita, fijador de ácidos, fijador universal, serrín). Recoger y traspasar el producto a contenedores correctamente etiquetados y herméticamente cerrados. Observando las normas de protección del medio ambiente, limpiar a fondo todos los utensilios y el suelo contaminados. Limpiar con desinfectantes.

**Consejos adicionales** Utilícese equipo de protección individual. Si el producto se derrama accidentalmente no permitir que penetre en el suelo, en cursos de agua o en el alcantarillado.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

4/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

Referencia a otras secciones      Indicaciones relativas a manipulación segura, ver sección 7.  
Indicaciones relativas al equipo de protección individual, ver sección 8.  
Indicaciones relativas a eliminación de residuos, ver sección 13.

### SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

#### Precauciones para una manipulación segura

**Consejos para una manipulación segura**      No se requiere adoptar ninguna precaución especial para la manipulación de envases cerrados; seguir las recomendaciones habituales para la manipulación manual. Asegúrese una ventilación apropiada.

**Indicaciones para la protección contra incendio y explosión**      No se requieren precauciones especiales.

**Medidas de higiene**      Lavarse las manos cuidadosamente con agua y jabón antes de comer, beber, mascar chicle, consumir tabaco, ir al aseo o aplicar cosméticos. Quitar inmediatamente el equipo de protección individual (PPE) después de la manipulación de este producto. Quitarse inmediatamente la ropa contaminada y reutilizar la ropa solamente después de una limpieza a fondo. Lavarse a fondo y ponerse ropa limpia.

**Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

**Exigencias técnicas para almacenes y recipientes**      Almacenar en envase original, fuera de alcance de niños, y de preferencia en una zona de almacenamiento cerrada. Cerrar los recipientes herméticamente y mantenerlos en lugar seco, fresco y bien ventilado.

**Indicaciones para el almacenamiento conjunto**      Manténgase separado de alimentos, bebidas y piensos.

### SECCIÓN 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL

#### Parámetros de control

Componentes	No. CAS	Parámetros de control	Actual.	Base
Bacillus subtilis, cepa QST 713		20,000,000 CFU/m <sup>3</sup>		OES BCS*

\*OES BCS: Valor límite de exposición laboral interna Bayer AG, Crop Science Division (Occupational Exposure Standard)

#### Controles de la exposición

##### Protección personal

En condiciones normales de uso y manipulación referirse a las instrucciones de la etiqueta y/o el prospecto. En el resto de casos deberán aplicarse las siguientes recomendaciones.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027848

5/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

Protección respiratoria	No es necesaria protección respiratoria en las condiciones de exposición previstas. Si se necesitan respiradores elegir un equipo aprobado por NIOSH en base de las concentraciones existentes o posibles en el aire y de conformidad con las normas reglamentarias apropiadas y/o las recomendaciones de la industria.
Protección de las manos	Guantes impermeables
Protección de los ojos	Gafas protectoras con cubiertas laterales
Protección de la piel y del cuerpo	Llevar camisa de manga larga, pantalón, zapatos y calcetines.
Medidas generales de protección	Limpiar y mantener el equipo de protección individual siguiendo las instrucciones del fabricante. Si no hay instrucciones para el lavado utilizar un detergente y agua caliente. Guardar y lavar el equipo de protección individual separado de la otra ropa.

### SECCION 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto	marrón claro
Estado físico	suspensión
Olor	dulce a tierra
Umbral olfativo	Sin datos disponibles
pH	5.2 - 5.4 (100 %) (23 °C)
Presión de vapor	Sin datos disponibles
Densidad de vapor (Aire = 1)	Sin datos disponibles
Densidad	aprox. 1.05 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Tasa de evaporación	Sin datos disponibles
Temperatura de ebullición	>= 100 °C / 212 °F
Temperatura de fusión / congelación	Sin datos disponibles
Solubilidad en agua	dispersable
Energía mínima de ignición	No aplicable
Temperatura de descomposición	Sin datos disponibles
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No aplicable
Viscosidad	10 - 100 mPa.s (21 °C)
Punto de inflamación	> 91 °C

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027848

6/11  
Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

	Sin punto de inflamación - medición hasta la temperatura de ebullición.
Temperatura de auto-inflamación	475 °C / 887 °F
Límites inferior de explosividad	Sin datos disponibles
Límite superior de explosividad	Sin datos disponibles
Explosividad	No explosivo 92/69/CEE A.14 / OCDE 113
Otra información	No se conocen más datos físico-químicos relevantes para la seguridad.

#### SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

##### Reactividad

Descomposición térmica	Sin datos disponibles
Estabilidad química	Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
Posibilidad de reacciones peligrosas	Almacenando y manipulando el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas.
Condiciones que deben evitarse	congelación Temperaturas extremas y luz directa del sol.
Materiales incompatibles	Sin datos disponibles
Productos de descomposición peligrosos	No se esperan productos de descomposición bajo condiciones normales de uso.

#### SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Vía de exposición	Inhalación, Contacto con los ojos, Contacto con la piel
Efectos inmediatos	
Ojo	Puede causar una ligera irritación de los ojos.
Piel	Puede causar una irritación ligera de la piel.
Inhalación	Nocivo si es inhalado. Nieblas pueden provocar una irritación en el tracto respiratorio.
Información sobre los efectos toxicológicos	
Toxicidad oral aguda	DL50 (hembra Rata) > 5,000 mg/kg
Toxicidad aguda por	CL50 (Rata) > 5.19 mg/l

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

7/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

<b>Inhalación</b>	Tiempo de exposición: 4 h Determinado en forma de aerosol líquido.
<b>Toxicidad cutánea aguda</b>	DL50 (Conejo) > 2,000 mg/kg
<b>Corrosión o irritación cutáneas</b>	No irrita la piel (Conejo)
<b>Lesiones o irritación ocular graves</b>	No irrita los ojos (Conejo)
<b>Sensibilización respiratoria o cutánea</b>	Piel: No sensibilizante. (Conejillo de indias) Se realizó el ensayo con un producto formulado de características similares.

#### Evaluación toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposiciones repetidas

Bacillus subtilis no causó toxicidad específica en órganos diana durante los estudios experimentales con animales.

#### Evaluación de la mutagenicidad

Bacillus subtilis: Prueba no requerido para los microorganismos.

#### Evaluación de la carcinogénesis

Bacillus subtilis: Prueba no requerido para los microorganismos.

#### ACGIH

Ninguno(a).

#### NTP

Ninguno(a).

#### IARC

Ninguno(a).

#### OSHA

Ninguno(a).

#### Evaluación de la toxicidad para la reproducción

Bacillus subtilis: Prueba no requerido para los microorganismos.

#### Evaluación de toxicidad del desarrollo

Bacillus subtilis: Prueba no requerido para los microorganismos.

## SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

<b>Toxicidad para los peces</b>	CL50 (Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada)) 162 mg/l 3.24 x 10 <sup>9</sup> CFU/L Tiempo de exposición: 30 d El valor indicado corresponde a la materia activa técnica. NOEC (Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada)) 86 mg/l 1.72 x 10 <sup>9</sup>
---------------------------------	---

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

8/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

<b>Toxicidad para los invertebrados acuáticos</b>	CFU/L Tiempo de exposición: 30 d El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
	CE50 (Daphnia magna (Pulga acuática grande)) 108 mg/l 2.16 x 10 <sup>9</sup> CFU/L Tiempo de exposición: 48 h El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
	NOEC (Daphnia magna (Pulga acuática grande)) 13 mg/l 2.6 x 10 <sup>8</sup> CFU/L Tiempo de exposición: 48 h El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
	CE50 (Daphnia magna (Pulga acuática grande)) 1.6 x 10 <sup>6</sup> CFU/mL Tiempo de exposición: 21 d El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
	NOEC (Daphnia magna (Pulga acuática grande)) 7.9 x 10 <sup>5</sup> CFU/mL Tiempo de exposición: 21 d El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
<b>Toxicidad para las plantas acuáticas</b>	NOEC (Desmodesmus subspicatus (alga verde)) >= 100 mg/l El valor indicado corresponde a la materia activa técnica. LOEC (Desmodesmus subspicatus (alga verde)) > 100 mg/l El valor indicado corresponde a la materia activa técnica.
<b>Biodegradabilidad</b>	Bacillus subtilis: Evaluación de la biodegradación no es relevante para los microorganismos.
<b>Bioacumulación</b>	Bacillus subtilis: Evaluación de la bioacumulación no es relevante para los microorganismos.
<b>Movilidad en el suelo</b>	Bacillus subtilis: Evaluación de la movilidad en el suelo no es relevante para los microorganismos.
<b>Precauciones relativas al medio ambiente</b>	Evitar que penetre en las aguas superficiales, el alcantarillado y aguas subterráneas. No contaminar las aguas superficiales o subterráneas por limpiando el equipo o eliminación de los residuos, incluso el agua del lavado del equipo. No aplicar cuando las condiciones favorecen la propagación fuera de las zonas tratadas. Aplicar este producto como especificado en la etiqueta.

### SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Métodos para el tratamiento de residuos

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027846

9/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

<b>Producto</b>	Si es posible, usar todo el producto observando las instrucciones sobre la etiqueta. Si la eliminación de producto no usado es necesaria, seguir las instrucciones de la etiqueta y las directivas locales aplicables. No poner nunca el producto no usado en los desagües adentro o afuera.
<b>Envases contaminados</b>	Enjuagar recipientes tres veces. Perforar el envase para evitar su reutilización. Eliminar los contenedores vacíos en un sitio de enterramiento sanitario o por incineración o, si es permitido por las autoridades federales/provinciales y locales, por combustión. En caso de incineración manténgase lejos del humo. Seguir las indicaciones de la etiqueta y/o el prospecto del producto.
<b>Información RCRA</b>	La descripción y la eliminación conforme a los hechos de este material como residuo especial o peligroso son dependientes de las leyes federales y locales y están en la responsabilidad de los usuarios. La RCRA clasificación se puede aplicar.

#### SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Se debe utilizar la clasificación para el transporte que se muestra a continuación para cumplir con las regulaciones de los Estados Unidos. Si usted no entiende esta clasificación busque a alguien que se la explique en detalle.

De acuerdo con los reglamentos nacionales e internacionales de transporte este material no está clasificado como mercancía peligrosa / material peligroso.

#### SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

N° de Registro (EPA) 264-1152  
Reglamentaciones Federales de los Estados Unidos  
Lista TSCA  
agua 7732-18-5  
EE.UU. Programa de Toxicología Nacional (NTP) Informe sobre los Productos Carcinógenos no aplicable.  
SARA Título III - Sección 302 - Notificación y Información  
Ninguno(a).  
SARA Título III - Sección 313 - Estatuto de la Liberación Tóxica Química  
Ninguno(a).  
Informaciones reglamentarias de los Estados Unidos  
CA Prop65  
Este producto contiene un producto químico conocido en el estado de California como siendo cancerígeno.  
Arcilla de atapulgita 12174-11-7  
Sílice cristalina, fracción respirable 14808-60-7

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027848

10/11  
Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

Este producto no contiene ningún producto químico conocido en el estado de California por provocar un riesgo para la reproducción.

#### Componentes de declaración obligatoria en los Estados Unidos

Arcilla de atapulgita	12174-11-7	CA
Sílice cristalina, fracción respirable	14808-60-7	MN, RI
1,2-Propanodiol	57-55-6	MN, RI

#### Información EPA/FIFRA:

Este producto químico es un plaguicida registrado por la Agencia de Protección Ambiental y está sujeto a ciertos requisitos de etiquetado de acuerdo a la legislación federal de plaguicidas. Estos requisitos difieren de los criterios de clasificación y de la información sobre peligros exigida para las hojas de datos de seguridad y para las etiquetas de manipulación de productos químicos no fitosanitarios. La información sobre peligros exigida en la etiqueta del plaguicida es la siguiente:

**Palabra de advertencia:** Precaución!

**Indicaciones de peligro:** Nocivo si es inhalado.  
Evitar respirar la mezcla pulverizada.  
Quitar y lavar la ropa contaminada antes de reutilizar.

## SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN

#### Abreviaturas y acrónimos

49CFR	Código de Regulaciones Federales, Título 49
ACGIH	EE. UU. ACGIH Valores límite de la exposición
ETA	Estimación de toxicidad aguda
CAS-Nr.	Número del Chemical Abstracts Service
CERCLA	Ley Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Civil Ambiental (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act)
EINECS	Inventario Europeo de Sustancias Comerciales Existentes
ELINCS	Lista Europea de Sustancias Químicas Notificadas
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
IATA	International Air Transport Association: Asociación de Transporte Aéreo Internacional
IMDG	International Maritime Dangerous Goods: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
N.O.S./N.E.P	Not otherwise specified / No especificado en otra parte
NTP	EE.UU. Programa de Toxicología Nacional (NTP) Informe sobre los Productos Carcinógenos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
TDG	Regulaciones de Transporte de Materiales Peligrosos
MPT	Media ponderada en el tiempo
UN	Naciones Unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD



### SERENADE® ASO

Versión 2.0 / USA  
102000027848

11/11

Fecha de revisión: 02/15/2019  
Fecha de impresión: 02/16/2019

#### NFPA 704 (National Fire Protection Association):

Salud - 1      Inflamabilidad - 1      Inestabilidad - 0      Otro - ninguno(a)

#### HMS (Hazardous Materials Identification System, based on the Third Edition Ratings Guide)

Salud - 0      Inflamabilidad - 1      Peligro Físico - 0      PPE -

0 = peligro mínima, 1 = peligro pequeño, 2 = peligro moderada, 3 = peligro grave, 4 = peligro extremo

**Razon para la revisión:** Análisis e actualización para fines editoriales en general. Las siguientes secciones han sido revisadas: Sección 5: Medidas de lucha contra incendios. Sección 9: Propiedades físicas y químicas. Sección 11: Información toxicológica.

**Fecha de revisión:** 02/15/2019

Esta información se proporciona de buena fe, pero sin garantía expresa o implícita. El cliente asume toda la responsabilidad en cuanto a la seguridad y el uso no conforme a las instrucciones de la etiqueta. Los nombres de producto son marcas registradas de Bayer.



**3R GEOINGENIERÍA S.A.C.**  
**LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

---

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

**Arena Gruesa + Piedra Chancada 1/2"**  
**DISEÑO:  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

**INFORME N° 198-2024-3R-LG**

**CERTIFICADO ISO 9001 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD**



**QR 3R**

**Registro INDECOPI N° 00131871**




**TESISTA : DIAZ QUITO DEYVI ELIAS**

**TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"**

**ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI**

**CANTERA : TACLLAN**

**FECHA : 02 DE SETIEMBRE 2025**

**MATERIALES:**  
 AGREGADOS : Material de cantera traído por el interesado.  
 CEMENTO : Portland Tipo I - ASTM C150 NTP 334.009:2016  
 Cemento SOL - Peso Especifico = 3.12 gr/cm3.

**DATOS DEL AGREGADO FINO: Arena Gruesa**

MODULO DE FINEZA	=	2.76
PESO ESPECIFICO	=	2.61 Tn/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD	=	4.50 %
ABSORCION	=	1.99 %
PESO SECO SUELTO	=	1492 Kg/m3
PESO SECO COMPACTADO	=	1776 Kg/m3

**DATOS DEL AGREGADO GRUESO: Piedra Chancada de 1/2"**

PESO ESPECIFICO	=	2.65 Tn/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD	=	2.28 %
ABSORCION	=	0.92 %
PESO SECO SUELTO	=	1456 Kg/m3
PESO SECO COMPACTADO	=	1718 Kg/m3

**VALORES DE DISEÑO:**

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c)	=	210 Kg/cm2
REVENIMIENTO	=	3 a 4 pulg
TAMAÑO MAXIMO	=	1/2 pulg
AGUA DE MEZCLADO	=	190 Kg/m3
Factor de Seguridad	=	85
$f_{cr} = f'c + \text{Factor de Seguridad}$	=	295 Kg/cm2



**LABORATORIO GEOTECNICO**  
 Ing. *Keyvaldo M. Azevedo Roque, MSc. Dr.*  
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57500  
 Doctor en Ingeniería Geotécnica  
 JEFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES



Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



AIRE TOTAL (%) = 1.50  
RELACION A/C = 0.46  
CONTENIDO DE CEMENTO = 413.0 Kg/m3 = 9.7 bls.

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO = 0.50 M3  
CONTENIDO DE AGREG. GRUESO = 859.0 Kg.  
PESO DEL CONCRETO = 2345.0 Kg/m3  
CONTENIDO DE AGREG. FINO = 883.0 Kg.

AJUSTE POR HUMEDAD:  
AGREGADO GRUESO = 878.6 Kg.  
AGREGADO FINO = 922.7 Kg.

AGUA DE MEZCLA NETA:  
AGUA EN EL AGREG. GRUESO = 11.7 Kg.  
AGUA EN EL AGREG. FINO = 23.2 Kg.  
AGUA DE MEZCLADO NETA = 155.1 Kg.

### CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO Y PROPORCIONES

#### DOSIFICACION EN PESO RESULTANTE:

Cemento 413.0 Kg. = 9.7 Bolsas  
Agregado Grueso 878.6 Kg.  
Agregado Fino 922.7 Kg.  
Agua de Mezclado 155.1 Kg.

#### DOSIFICACION EN VOLUMEN RESULTANTE:

Cemento 413.0 Kg. = 9.7 bls = 0.274 M3  
Agregado Grueso 0.59 M3  
Agregado Fino 0.59 M3  
Agua de Mezclado 0.155 M3 = 155.1 Lts.

#### La proporción será:

Cemento	=	1.0
Agregado Grueso - Piedra Chancada 1/2"	=	2.1
Agregado Fino - Arena Gruesa	=	2.1

#### Recomendaciones:

- Lavar el agregado fino, hasta obtener el porcentaje permisible de finos.
- Zarrandear el agregado grueso, hasta obtener el tamaño máximo del diseño.



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



*Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.*  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900  
Especialista en Ingeniería Civil  
Máster en Ingeniería Geotécnica  
#RFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



QR 3R



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



TESISTA	: DIAZ QUITO DEYVI ELIAS	CANTERA : TACLLAN
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO FC=210KG/CM2	
FECHA	: 02 de Setiembre de 2025	

### CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

POZO	C-01		C-02	
	MA-01 (A. Fino)		MA-01 (A. Grueso)	
MUESTRA				
PROFUNDIDAD (m)	-----		-----	
FRASCO N°	1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)	139.68	140.24	130.85	131.92
(2) Pfr + P.S.S. (gr)	134.61	135.18	128.46	129.48
(3) Pagua (gr) (1) - (2)	5.07	5.06	2.39	2.44
(4) Pfr (gr)	22.36	22.45	23.45	22.76
(5) P.S.S. (gr) (2) - (4)	112.25	112.73	105.01	106.70
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	4.52	4.49	2.28	2.29
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	4.50%		2.28%	

Nota: Pfr = Peso del frasco  
P.S.H. = Peso del suelo humedo  
P.S.S. = Peso del suelo seco  
Pagua = Peso del agua

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900  
Doctor en Ingeniería Civil  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



QR 3R



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



TESISTA : DIAZ QUITO DEYVI ELIAS	CANTERA : TACLIAN
TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS SUTILIS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO FC=210KG/CM2	ARENA GRUESA
	FECHA : 02 de Setiembre de 2025

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

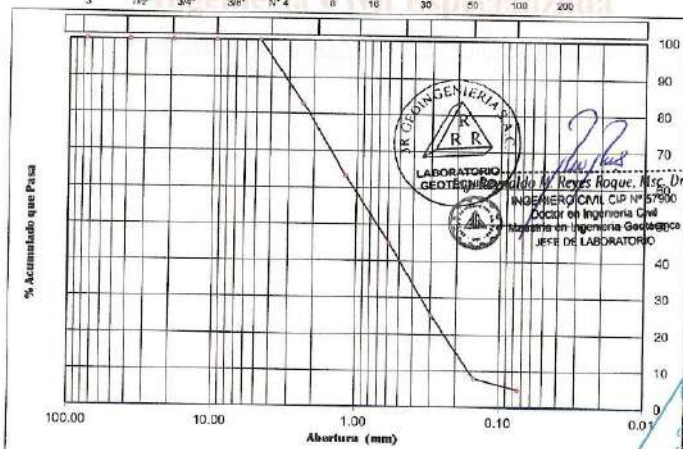
CLASIFICACION ASTM C-33

PESO INICIAL SECO : 2500.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 4.84  
PESO LAVADO SECO : 2379.10 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
No 8	2.380	424.10	16.96	16.96	83.04
No 16	1.190	494.20	19.77	36.73	63.27
No 30	0.590	456.30	18.27	55.00	45.00
No 50	0.297	496.30	19.87	74.88	25.12
No 100	0.149	429.80	17.19	92.07	7.93
No 200	0.074	77.40	3.10	95.16	4.84
> No 200	0.000	0.00	0.00	95.16	
TOTAL		2379.10	95.16		

Nota: Límite máximo de finos = 5%

GRAVA	ARENA	FINOS
-------	-------	-------



GRAVA (%) = 0.00      ARENA (%) = 95.16      FINOS (%) = 4.84

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.  
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Dr. *[Signature]*  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57500  
Docente en Ingeniería Civil  
Magister en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



QR 3R



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



TESISTA : DIAZ QUITO DEYMI ELIAS	CANTERA : TACLLAN
TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS SUBLTILIS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO F'CD=210KG/CM2	PIEDRA CHANCADA
	FECHA : 02 de Setiembre de 2025

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

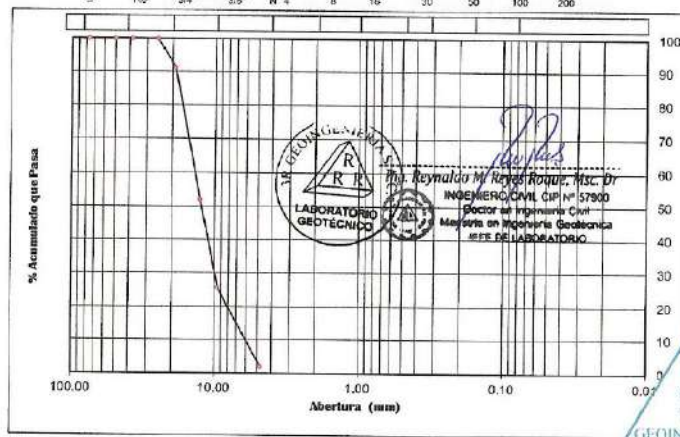
CLASIFICACION ASTM C-33

TM= 1/2"

PESO INICIAL SECO : 3230.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 0.00  
PESO LAVADO SECO : 3171.30 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	281.10	8.70	8.70	91.30
1/2"	12.700	1272.50	39.40	48.10	51.90
3/8"	9.525	849.60	26.30	74.40	25.60
No 4	4.760	768.10	23.78	98.18	1.82
No 8	2.380	0.00	0.00		
No 16	1.190	0.00	0.00		
No 30	0.590	0.00	0.00		
No 50	0.297	0.00	0.00		
No 100	0.149	0.00	0.00		
No 200	0.074	0.00	0.00		
> No 200	0.000	0.00	0.00		
TOTAL		3171.30	98.18		

GRAVA	ARENA	FINOS
-------	-------	-------



3R GEOINGENIERIA S.A.C.  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900  
Sector de Ingeniería Civil  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
SEER DEL LABORATORIO

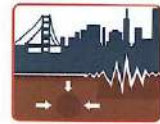




# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



TESISTA	: DIAZ QUITO DEYMI ELIAS	CANTERA	: TAQLLAN
TESIS	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS SUTILIS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO FC=210KG/CM2	FECHA	: 02 de Setiembre de 2025

### PESO UNITARIO FINO - ARENA GRUESA

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	8945.00	8950.00	8965.00	9520.00	9580.00	9535.00
PESO DEL MOLDE	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00
PESO DEL MATERIAL	3095.00	3100.00	3115.00	3670.00	3730.00	3685.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00
PESO UNITARIO	1.488	1.490	1.498	1.764	1.793	1.772
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.492			1.776		

QR 3R



### PESO UNITARIO GRUESO - PIEDRA CHANCADA

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	8880.00	8885.00	8870.00	9410.00	9445.00	9415.00
PESO DEL MOLDE	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00	5850.00
PESO DEL MATERIAL	3030.00	3035.00	3020.00	3560.00	3595.00	3565.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00	2080.00
PESO UNITARIO	1.457	1.459	1.452	1.712	1.728	1.714
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.456			1.718		

Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



*Reinaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.*  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57908  
Doctor en Ingeniería Civil  
Especialista en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

### PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



TESISTA : DIAZ QUITO DEYVI ELIAS  
TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS  
SUBTILIS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  
DE CONCRETO F'C=210KG/CM2  
CANTERA : TACLLAN  
FECHA : 02 de Septiembre de 2025



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



Identificación (Agregado)	FINO	GRUESO
Tamaño Máximo de la muestra	Malla # 4	1/2"
Tipo de Frasco Utilizado	Fiola	Probeta
Peso Frasco + Agua = (A)	847.50	1665.00
Peso mat. y Sup. Seca en Aire = (B)	200.00	500.00
Mat. Sat. + Agua + Frasco: A+B = (C)	847.50	2165.00
Peso Global con Desplaz. de Vol. = (D)	771.00	1976.00
Peso Vol. Masa + Vol. Vacios: C-D = (E)	76.50	189.00
Peso Mat. Sat. y Sup. Seca en Agua = (F)	-----	-----
Peso Secado en Estufa a 105°C = (G)	-----	-----
Peso del Vol. De la Masa: E-(B-C) = (H)	-----	-----
P.E. Bulk (Base Seca) = G/E	-----	-----
P.E. Bulk (Base Saturada) = B/E	2.61	2.66
P.E. Aparente o Relativo = G/H	-----	-----

N° de Tarro	1	2
Peso del Tarro + Mat. SSS en Aire = (a)	110.91	112.92
Peso del Tarro + Mat. Secado en Estufa = (b)	109.20	112.10
Peso del Agua (a-b) = (c)	1.71	0.82
Peso del Tarro = (d)	23.10	23.30
Peso del Material Secado en Estufa (b-d) = (e)	86.10	88.80
Porcentaje de Absorción = (c)x100/e	1.99	0.92



*Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr*  
INGENIERO CIVIL, CIP N° 57900  
Doctor en Ingeniería Civil  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO





# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
1	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,344.32	78.5	195.52	93%
2	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,655.76	78.5	199.36	95%
3	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,164.71	78.5	193.13	92%
4	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,941.98	78.5	190.28	91%
5	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,581.52	78.5	185.79	88%
6	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,845.06	78.5	189.16	90%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
7	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,832.45	78.5	201.70	96%
8	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,493.60	78.5	184.67	88%
9	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,669.31	78.5	199.66	95%
10	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	15,164.71	78.5	193.13	92%
11	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,406.68	78.5	183.55	87%
12	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	09/09/2025	7	14,567.82	78.5	185.59	88%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
1	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	18,155.70	78.5	231.27	104%
2	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,718.00	78.5	225.77	108%
3	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,647.73	78.5	224.85	107%
4	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	18,009.84	78.5	229.44	109%
5	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,295.41	78.5	220.26	105%
6	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	18,140.00	78.5	231.07	110%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Civil  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayllo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
7	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	16,913.35	78.5	215.57	103%
8	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,749.35	78.5	226.17	108%
9	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	18,323.22	78.5	233.52	111%
10	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,936.97	78.5	228.42	109%
11	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,059.90	78.5	217.40	104%
12	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	16/09/2025	14	17,205.34	78.5	219.24	104%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
1	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	18,532.50	78.5	236.07	112%
2	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	21,931.90	78.5	279.40	133%
3	PATRON PARA PROBETA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,403.22	78.5	285.52	136%
4	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,164.11	78.5	282.46	135%
5	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,495.39	78.5	286.54	136%
6	PROBETA CON 10 ml/cl B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,824.67	78.5	290.62	138%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayllo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO NORMA ASTM C-39 - AASHTO T-22

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: .....

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup> Altura: 20 cm Diámetro: 10 cm

N°	BRIQUETA DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA cm <sup>2</sup>	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
				MOLDEO	ROTURA					
7	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,328.25	78.5	284.50	135%
8	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,561.53	78.5	288.58	137%
9	PROBETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,085.04	78.5	281.44	134%
10	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	22,455.36	78.5	286.03	136%
11	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	23,368.16	78.5	297.76	142%
12	PROBETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	3.16	02/09/2025	30/09/2025	28	23,208.02	78.5	295.72	141%



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayllo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO ISO 9001 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

VIGA DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO	ALTO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	DESCRIPCION	Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	25,307	38.23
2	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	18,752	28.33
3	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	19,220	29.04
4	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	17,540	26.50
5	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	18,350	27.72
6	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	17,640	26.65



Registro INDECOPI N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
 Doctor en Ingeniería Civil  
 Maestría en Ingeniería Geotécnica  
 JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
 e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeotecnica.com 954 709 070 3R Geotecnica SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS  
Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

N°	VIGA DE CONCRETO DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	FECHA		EDAD DIAS	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LONGITUD (mm)	CARGA (N)	MODULO (kg/cm <sup>2</sup> )
			MOLDEO	ROTURA						
7	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	17,910	27.06
8	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	18,420	27.83
9	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	19,550	29.53
10	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	17,460	26.38
11	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	19,970	30.17
12	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	09/09/2025	7	150.00	150.00	500.00	17,100	25.83



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU  
LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Doctor en Ingeniería Civil  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeingenieria.com 954 709 070 3R Geingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS  
Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

N°	VIGA DE CONCRETO DESCRIPCION	DISEÑO Kg/cm <sup>2</sup>	FECHA		EDAD DIAS	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LONGITUD (mm)	CARGA (N)	MODULO (kg/cm <sup>2</sup> )
			MOLDEO	ROTURA						
1	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	25,700	38.82
2	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	20,320	30.70
3	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	21,420	32.36
4	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	22,040	33.30
5	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	20,780	31.39
6	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	22,680	34.26



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU  
LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS  
Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL  
CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

VIGA DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO	ALTO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	DESCRIPCION	Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(kg/cm <sup>2</sup> )
7	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	22,310	33.70
8	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	20,710	31.29
9	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	22,940	34.66
10	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	19,840	29.97
11	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	23,050	34.82
12	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	16/09/2025	14	150.00	150.00	500.00	21,770	32.89



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU  
LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayillo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO  
ISO 9001  
SISTEMA DE  
GESTIÓN DE  
CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

VIGA DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO	ALTO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	DESCRIPCION	Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	26,100	39.43
2	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	27,400	41.39
3	PATRON PARA VIGA SIN BACILLUS SUBTILIS	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	28,240	42.66
4	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	29,040	43.87
5	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	27,100	40.94
6	VIGUETA CON 10 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 23 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	28,760	43.45



Registro  
INDECOPI  
N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU  
LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

#### OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr.  
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900  
Maestría en Ingeniería Geotécnica  
JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayllo  
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Georingeniería SAC



# 3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

## LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras  
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica



RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006 - Empresa Certificada SGC ISO 9001-2015

CERTIFICADO ISO 9001 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD



### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CENTRO

NORMA MTC - E709 - NTP 339.078

INFORME N° 198-2024-3R-LG

TESISTA : DEYVI ELIAS DIAZ QUITO

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIAS BACILLUS SUBTILIS Y LACTATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, HUARAZ 2025"

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO "BENEDICTO XVI"

f'c de Diseño: 210 Kg/cm<sup>2</sup>      Altura: 15 cm      Ancho: 15 cm      Longitud: 50 cm

VIGA DE CONCRETO		DISEÑO	FECHA		EDAD	ANCHO	ALTO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	DESCRIPCION	Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDEO	ROTURA	DIAS	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(kg/cm <sup>2</sup> )
7	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	29,400	44.41
8	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	28,065	42.40
9	VIGUETA CON 25 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 50 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	27,720	41.88
10	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	28,790	43.49
11	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	29,640	44.78
12	VIGUETA CON 35 ml/el B.S. LACTATO DE CALCIO 70 gr.	210	02/09/2025	30/09/2025	28	150.00	150.00	500.00	28,990	43.80



Registro INDECOPI N° 00131871



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN: F-00574-006 RO - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU LABORATORIO DE METROLOGIA CON ACREDITACIÓN INACAL N° LC-09 / ISO / IEC 17025 - 2017

OBSERVACIONES:

- Los datos para el certificado han sido proporcionados por el solicitante.
- La interpretación de los resultados del presente certificado, son de responsabilidad del solicitante.



*Reynaldo*  
 Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.  
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57600  
 Doctor en Ingeniería Civil  
 Maestría en Ingeniería Geotécnica  
 JEFE DE LABORATORIO



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabayllo  
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia  
 e-m@il: Ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeotecnica.com 954 709 070 3R Geotecnica SAC

Anexo 6: Certificados de calibración



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079**



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado  
Registro N° LC - 079

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
*Calibration Certificate - Laboratory of Force*

**F-00574-005 R0**

*Page / Pág. 1 de 4*

---

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN	<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 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 Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante / Año</b> <i>Manufacturer / Year</i>	PINZUAR (2011)	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PS-25M	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	160	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	AEMS-MECI01	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	50 kN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	3R GEOINGENIERIA S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR. RECUAY N° 470	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Ancash - Huaraz	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2024 - 09 - 30	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2024 - 10 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

*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. Sergio Ivan Martinez  
*Director Laboratorio de Metrología*



Br. Felix Jaramillo Castillo  
*Metrología Laboratorio de Metrología*

---



**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura  
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquin - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

F-00574-005 RO

Página / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,001 kN
Apreciación	0,001 kN
Clase	1,0
Límite inferior de la Escala	0,2 kN
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

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.  
Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio $S_{1,2 y 3}$	Errores Relativos	
	$S_1$ Ascendente kN	$S_2$ Ascendente kN	$S_3$ Ascendente kN		Indicación q %	Repetibilidad b %
20,0 10,000	9,777 20	9,786 46	9,790 54	9,784 734	2,20	0,139
100,0 50,000	49,786 6	49,767 3	49,773 6	49,775 84	0,45	0,039

Tabla 2.  
Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio $S_{1,2 y 3}$
	$S_1$ Ascendente kN	$S_2$ Ascendente kN	$S_3$ No Aplica	$S_4$ Ascendente kN	$S_5$ No Aplica	
20,0 10,000	9,968 27	9,964 19	---	9,983 24	---	9,971 904
30,0 15,000	14,982 9	14,973 4	---	14,960 1	---	14,972 11
40,0 20,000	19,978 3	19,982 4	---	19,976 9	---	19,979 21
50,0 25,000	24,986 1	24,992 6	---	24,999 4	---	24,992 69
60,0 30,000	30,000 0	29,998 1	---	30,020 1	---	30,006 09
70,0 35,000	34,991 4	34,998 0	---	35,006 1	---	34,998 51
80,0 40,000	39,998 2	40,001 7	---	40,029 1	---	40,009 65
90,0 45,000	45,008 5	45,003 6	---	45,040 9	---	45,017 68
100,0 50,000	49,992 8	49,984 6	---	50,001 2	---	49,992 85

Tabla 3.  
Error relativo de cero,  $r_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$r_{0,S1}$ %	$r_{0,S2}$ %	$r_{0,S3}$ %	$r_{0,S4}$ %	$r_{0,S5}$ %
0,000	0,012	---	0,008	---

LM-PC-05-F-01 R142

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

F-00574-005 R0

Página / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.  
Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		k <sub>p=95%</sub>
		q	Repetibilidad	Reversibilidad		U	%	
x %	kN	%	%	%	%	kN	%	---
20,0	10,000	0,28	0,192	---	0,010	0,020	0,20	2,43
30,0	15,000	0,19	0,153	---	0,007	0,024	0,16	2,19
40,0	20,000	0,104	0,027	---	0,005	0,017	0,087	2,01
50,0	25,000	0,029	0,053	---	0,004	0,024	0,095	2,02
60,0	30,000	-0,02	0,073	---	0,003	0,050	0,17	2,01
70,0	35,000	0,004	0,042	---	0,003	0,032	0,092	2,01
80,0	40,000	-0,02	0,077	---	0,003	0,043	0,11	2,06
90,0	45,000	-0,039	0,083	---	0,002	0,044	0,097	2,16
100,0	50,000	0,014	0,033	---	0,002	0,040	0,079	2,01

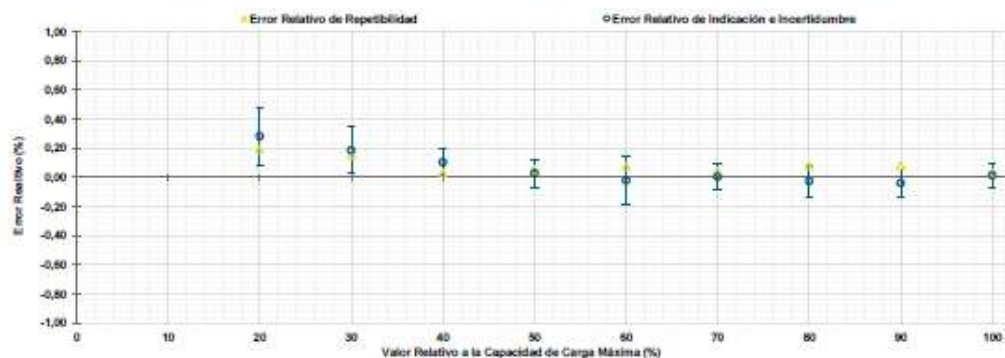


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.  
Coeficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la Indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B \cdot x) + (C \cdot x^2) + (D \cdot x^3)$$

A	B	C	D
-7,267 405 E-03	9,957 267 E-01	2,464 912 E-04	-3,191 607 E-06

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue AREA DE ENSAYOS de la empresa 3R. GEOINGENIERIA S.A.C. ubicada en Ancash - Huaraz. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	21,2 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	19,0 °C
Humedad Relativa Máxima:	68 % hr	Humedad Relativa Mínima:	65 % hr

LM-PC-05-F-01 R14.2

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín · Bellavista · Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

**F-00574-005 R0**

Página / Pág. 4 de 4

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La Incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k$ , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. 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 metrologico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 60 kN	ZZB	6075	0.5	7123 del INM de Colombia	2025-10

**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 la escala de la máquina de ensayo. Según 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	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

\*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

**OBSERVACIONES**

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos 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
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-00574-005**

Fin del Certificado

LMP-05-F-01 R14.2

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**  
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-00574-002 R0**

Page / Pag 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<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>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	STX6201	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	B728362709	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal identification</i>	ALG-BD02	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	6200 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	3R GEOINGENIERÍA S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR. RECUAY N° 470	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Ancash - Huaraz	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2024 - 09 - 30	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2024 - 10 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA 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*

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Félix Jaramillo Castillo  
Metrologo Laboratorio de Metrología



**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza + Longitud + Masa + Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 - www.pinzuar.com.co

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	B728362709
<b>Identificación Interna</b>	ALG-BD02
<b>Resolución</b>	0,1 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	100 g a 6100 g
<b>Documento de Referencia</b>	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/og-01/V.00 Año 2009

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.  
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	$k^1$ , $p=95,45\%$
100,00	100,0	100,0	0,00	0,00	0,14	2,11
200,00	200,0	200,0	0,00	0,00	0,14	2,11
500,00	500,1	500,1	0,10	0,10	0,30	2,11
1 000,00	1 000,1	1 000,0	0,10	0,00	0,59	2,08
2 000,0	1 999,9	1 999,9	-0,1	-0,1	1,2	2,04
2 500,0	2 499,8	2 499,8	-0,2	-0,2	1,5	2,03
3 000,0	2 999,8	2 999,8	-0,2	-0,2	1,8	2,02
3 500,0	3 499,9	3 499,9	-0,1	-0,1	2,1	2,02
4 000,0	4 000,0	3 999,9	0,0	-0,1	2,4	2,01
5 000,0	5 000,0	4 999,9	0,0	-0,1	2,9	2,01
6 200,0	6 200,0	6 200,0	0,0	0,0	3,7	2,01

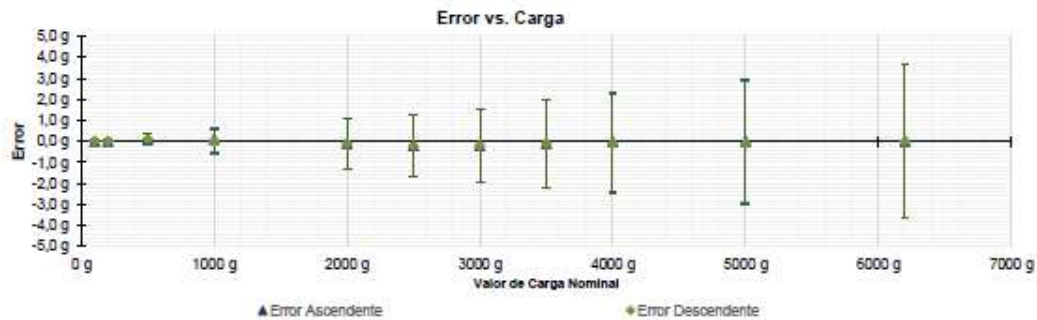


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R0:0

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 2200 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
—	g	g
1	1 199,9	-----
2	1 199,9	0,0
3	1 199,9	0,0
4	1 199,7	- 0,2
5	1 199,7	- 0,2
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,2</b>

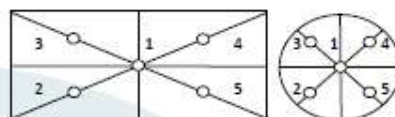


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

**Tabla 3.**

Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	3000 g	6200 g
Indicación del Instrumento		
1	2999,8	6200,0
2	2999,9	6200,0
3	2999,8	6200,0
4	2999,8	6200,0
5	2999,8	6200,0
6	2999,9	6200,0
7	2999,9	6200,0
8	2999,9	6200,0
9	2999,9	6200,0
10	2999,9	6200,0
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,052 g</b>	<b>0,000 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de la calibración fue AREA DE GRANULOMETRIA, 3R GEOINGENIERIA S.A.C.; Ancash. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	21,3 °C	Temperatura Mínima:	20,9 °C
Humedad Máxima:	51 % HR	Humedad Mínima:	50 % HR
Presión Barométrica Máxima:	712,2 hPa	Presión Barométrica Mínima:	712,2 hPa

LMPC-04-F-01 R00

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada 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. Fue estimada según 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.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R_i$  y también obtener su incertidumbre expandida  $U_{95}$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -2,10 E-05 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar:

$$u^2(W) = 4,33 E-03 + 2,66 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_{95} = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gp-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) reportado(s) 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 posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	No presenta	M-31695-002 Pinzuar / 0813-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-25 2024-06-14

**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-00574-002**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 09.0

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**  
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-00574-003 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<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>	OHAUS	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	NV422	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	8340146187	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	ALEL-B01	
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	420 g	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	3R GEOINGENIERIA S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR. RECUAY N° 470	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Ancash - Huaraz	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2024 - 09 - 30	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2024 - 10 - 10	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA 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*

  
Felix Jaramillo Castillo  
Metrologo Laboratorio de Metrología

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología



**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquin - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	8340145187
<b>Identificación Interna</b>	ALEL-B01
<b>Resolución</b>	0,01 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	10 g a 420 g
<b>Documento de Referencia</b>	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/0g-01/V.00 Año 2009

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.  
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	K <sup>1</sup> , p=99,90%
10,000	10,00	10,00	0,000	0,000	0,011	2,04
20,000	20,00	19,99	0,000	-0,010	0,012	2,04
50,000	50,00	49,99	0,000	-0,010	0,029	2,04
100,000	100,00	99,99	0,000	-0,010	0,059	2,03
150,000	150,00	149,99	0,000	-0,010	0,089	2,03
200,00	200,00	200,00	0,00	0,00	0,12	2,02
250,00	250,00	249,99	0,00	-0,01	0,15	2,01
300,00	300,00	300,00	0,00	0,00	0,18	2,01
350,00	350,00	350,00	0,00	0,00	0,21	2,01
400,00	400,00	400,00	0,00	0,00	0,24	2,01
420,00	420,00	420,00	0,00	0,00	0,25	2,01

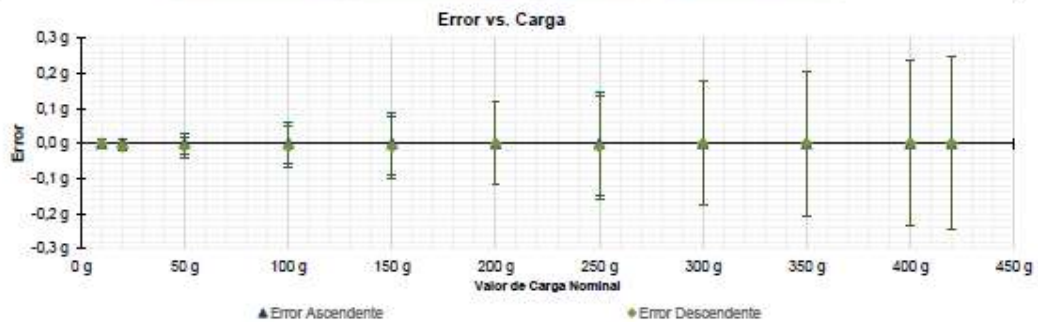


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R9.0

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.  
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 150 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
---	g	g
1	150,01	-----
2	150,00	-0,01
3	150,00	-0,01
4	150,01	0,00
5	150,00	-0,01
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,01</b>

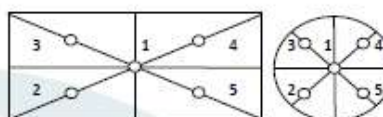


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.  
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	210 g	420 g
Indicación del Instrumento		
1	210,00	420,01
2	210,00	420,01
3	210,00	420,00
4	210,00	420,01
5	210,00	420,01
6	210,00	420,01
7	210,01	420,01
8	210,00	420,01
9	210,00	420,01
10	210,00	420,01
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,003 2 g</b>	<b>0,003 2 g</b>

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue AREA DE LIMITES DE CONSISTENCIAS, 3R GEOINGENIERIA S.A.C.; Ancash. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	21,3 °C	Temperatura Mínima:	20,7 °C
Humedad Máxima:	51 % HR	Humedad Mínima:	50 % HR
Presión Barométrica Máxima:	712,5 hPa	Presión Barométrica Mínima:	712,4 hPa

LMPC-24-F-01 03.0

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada 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. Fue estimada según 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.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura  $R_i$  y también obtener su incertidumbre expandida  $U_{R_i}$ .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde  $R$  es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,33 E-07 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar.

$$u^2(W) = 2,67 E-05 + 1,49 E-09 R^2$$

Incetidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor  $k = 2$ , que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de  $k$  en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesaje de Funcionamiento No Automático.

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) reportado(s) 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 posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	No presenta	M-31695-002 Pinzuar / 0813-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-25 2024-06-14

**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-00574-003**

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

**T-00574-004 R0**

Page / Pág. 1 de 4

<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. Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad 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>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	METROTEST	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	MS-H5	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	104	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	ALEL-H01	
<b>Intervalo de Indicación</b> <i>Indication Range</i>	36 °C a 200 °C	
<b>Intervalo del Controlador</b> <i>Controller Range</i>	36 °C a 200 °C	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	3R GEOINGENIERIA S.A.C.	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	JR. RECUAY N° 470	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	Ancash - Huaraz	
<b>Ubicación del Equipo</b> <i>Place of the instrument</i>	AREA DE CONTENIDO DE HUMEDAD	<p>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 to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p>
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2024-09-30	<p>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2024-10-10	

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**  
*Number of pages of the certificate and documents attached*

04

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. 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 Autorizadas**

*Authorized signatures*

  
Felix Jaramillo Castillo  
Metrologo

  
Ing. Sergio Martinez  
Director del Laboratorio

LMPC-257-01 R1.0



**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza - Longitud - Masa - Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 - www.pinzuar.com.co

**T-00574-004 R0**

Página / Pág. 2 de 4

**DATOS TÉCNICOS**

Método de Calibración	Comparación Directa
Resolución	1 °C
Documento de Referencia	PC-018 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACION O CARACTERIZACION DE MEDIOS TERMOSTÁTICOS CON AIRE COMO MEDIO TERMOSTÁTICO - 2da Edición - INDECOPI
Volumen Total del Medio	200 L
Carga Térmica usada	MUESTRA SECA - 75 %
Sistema de Ventilación del Equipo	Ventilación forzada
Valor(es) de Temperatura Calibrado(s)	110 °C ± 5 °C
Ubicación del Equipo	AREA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al equipo en referencia se le realizó una inspección anterior al inicio del proceso de calibración donde se determinó que estaba en buenas condiciones para continuar con el montaje de los sensores y su respectiva toma de datos. El proceso se inició al ubicar los sensores tal como se muestra en la figura 1 y la figura 2, se dejó estabilizar el medio durante un tiempo no inferior a dos horas, posteriormente se realizaron series de medición. A continuación, los resultados arrojados por el equipo bajo prueba.

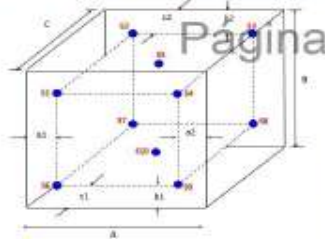


Figura 1. Ubicación de sensores dentro del medio isotermo

- A: 60,0 cm
- B: 66,0 cm
- C: 51,0 cm
- Inferior**
- a1: 8,7 cm
- b1: 16,5 cm
- c1: 6,0 cm
- Superior**
- a2: 8,7 cm
- b2: 7,5 cm
- c2: 6,4 cm



Figura 2. Fotografía del montaje realizado para el equipo en cuestión.

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	$k_{95\%}$
Máxima Temperatura Medida	142,72	0,45	2,08
Mínima Temperatura Medida	115,63	0,30	2,06
Desviación de Temperatura en el Tiempo	4,512	0,082	2,01
Desviación de Temperatura en el Espacio	25,07	0,30	2,00
Estabilidad Medida ( $\pm$ )	2,256	0,041	2,01
Uniformidad Medida	26,18	0,18	2,00

Tabla 1. Resultados para la calibración y caracterización del medio.

LM-PC-28-F-01 R1.0

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 - www.pinzuar.com.co

T-00574-004 R0

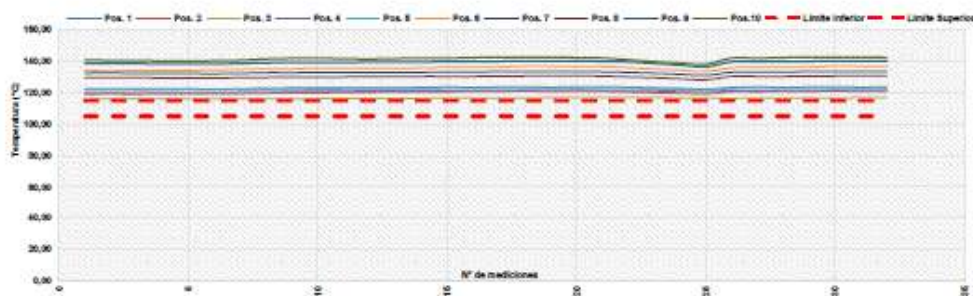
Página 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Valor de Temperatura Calibrado		110 °C										Tolerancia		5 °C		Posición del ommetrodador		110 °C	
Tiempo (minutos)	T indicada por el equipo en calibración (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T Prom (°C)	T max - T mín (°C)						
		Nivel Superior					Nivel Inferior												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
0	100	122,44	119,07	115,83	120,14	121,81	134,13	132,47	129,81	138,82	140,81	128,07	24,88						
2	100	122,54	119,17	115,93	120,04	122,01	133,83	132,57	129,81	138,82	140,81	128,07	24,88						
4	100	122,54	119,07	116,03	120,34	122,11	134,13	132,37	129,71	138,82	140,51	128,11	24,48						
6	100	122,54	119,37	115,93	120,24	122,01	134,23	132,37	129,41	138,52	140,31	128,03	24,88						
8	100	122,54	119,17	116,03	120,24	122,11	134,23	132,27	129,31	138,42	140,31	128,01	24,28						
10	100	122,23	119,37	115,93	120,14	121,91	134,43	132,17	129,41	138,42	140,41	127,87	24,48						
12	100	122,64	119,37	116,03	120,34	122,01	134,83	132,37	129,81	138,72	140,71	128,16	24,88						
14	100	122,74	119,88	116,03	120,54	122,11	134,83	132,77	129,81	139,12	141,51	128,43	25,48						
16	100	123,04	119,88	116,03	120,64	122,01	135,13	132,77	130,01	139,42	141,91	128,58	25,88						
18	100	123,04	119,98	116,13	120,74	122,21	135,73	132,87	129,91	139,42	142,01	128,70	25,88						
20	100	123,14	120,08	116,33	120,74	122,41	135,83	132,97	130,11	139,42	141,71	128,78	25,38						
22	100	123,14	120,28	116,33	121,14	122,51	135,83	132,97	130,21	139,52	141,51	128,78	25,18						
24	100	123,24	120,48	116,33	121,04	122,61	135,83	132,97	130,31	139,52	141,81	128,88	25,48						
26	100	123,34	120,58	116,43	121,14	122,61	135,83	133,08	130,41	139,72	142,01	128,98	25,58						
28	100	123,64	120,58	116,53	121,14	122,71	136,23	133,18	130,41	139,82	142,01	129,09	25,48						
30	100	123,44	120,78	116,83	121,24	122,71	136,33	133,28	130,41	139,82	142,41	129,18	25,78						
32	100	123,64	120,78	116,83	121,34	122,91	136,33	133,48	130,51	140,02	142,62	129,30	25,98						
34	100	123,85	121,08	116,83	121,54	122,71	137,03	133,58	130,71	140,32	142,72	129,47	26,18						
36	100	123,54	120,88	116,83	121,54	122,91	136,83	133,58	130,81	140,22	142,72	129,48	25,88						
38	100	123,75	120,88	116,83	121,84	122,81	136,83	133,58	130,82	140,22	142,41	129,48	25,58						
40	100	123,64	120,88	117,03	121,54	123,01	136,83	133,58	130,81	140,02	142,11	129,32	25,08						
42	100	123,54	120,38	116,83	121,24	122,81	135,83	132,97	130,11	139,72	141,01	128,88	24,18						
44	100	123,04	119,98	117,03	121,24	122,51	135,83	132,47	129,81	138,72	139,81	128,37	22,77						
46	100	122,74	119,88	116,83	120,84	122,91	134,43	131,77	128,91	137,72	138,91	127,77	22,27						
48	100	122,23	119,27	116,53	120,54	121,51	133,43	131,07	128,30	136,82	138,20	127,18	21,87						
50	100	123,34	120,58	116,43	121,14	122,61	135,83	133,08	130,41	139,72	142,01	128,98	25,58						
52	100	123,64	120,58	116,53	121,14	122,71	136,23	133,18	130,41	139,82	142,01	129,09	25,48						
54	100	123,44	120,78	116,83	121,24	122,71	136,33	133,28	130,41	139,82	142,41	129,18	25,78						
56	100	123,64	120,78	116,83	121,34	122,91	136,33	133,48	130,51	140,02	142,62	129,30	25,98						
58	100	123,85	121,08	116,83	121,54	122,71	137,03	133,58	130,71	140,32	142,72	129,47	26,18						
60	100	123,54	120,88	116,83	121,54	122,91	136,83	133,58	130,81	140,22	142,72	129,48	25,88						
T. PROM	100,0	123,17	120,18	116,43	120,98	122,46	135,59	132,91	130,39	139,38	141,50								
T. MÁX	100	123,85	121,08	117,03	121,84	123,01	137,03	133,58	130,82	140,32	142,72								
T. MÍN	100	122,23	119,07	115,83	120,04	121,51	133,43	131,07	128,30	136,82	138,20								
DTT	—	1,61	2,00	1,20	1,80	1,50	3,60	2,50	2,61	3,70	4,51								

Tabla 2. Datos registrados por el equipo de referencia y cálculos.

T.PROM, Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.MAX, Temperatura máxima T.MIN, Temperatura mínima DTT, Desviación de Temperatura en el Tiempo



LM/IC-204-F-01 R1.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

**T-00574-004 R0**

Page / Pág. 4 de 4

**CONDICIONES AMBIENTALES**

El lugar de calibración fue en el AREA DE CONTENIDO DE HUMEDAD ; 3R GEOINGENIERIA S.A.C..Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	21,5 °C	Humedad Máxima:	51,0 %
Temperatura Mínima:	20,8 °C	Humedad Mínima:	48,0 %

**INCERTIDUMBRE DE 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 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.



Equipo	Fabricante	Modelo	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Termómetro Digital Multicanal (Termopares)	LUTRON	BTM-4208SD	T-31002-015 al T-31002-026	2024-04-26

**DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO**

**El Medio Isotermo, No cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura solicitadas por el cliente.**

**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y su 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 estampilla de calibración No. T-00574-004

## Anexo 7: Ensayos realizados a los agregados y diseño de mezcla

### A. Granulometría

La granulometría de los agregados es un procedimiento esencial en la construcción que permite determinar la distribución de tamaños de las partículas de los materiales granulares, como arena, grava o piedra triturada, utilizadas en concreto y otros materiales de construcción. Este análisis se realiza con el objetivo de garantizar que los agregados cumplan con las especificaciones técnicas necesarias para obtener una mezcla de concreto o mortero de buena calidad.

**Tabla 30**

*Granulometría de la arena gruesa – Cantera Tacllan*

<b>Tamices ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr.)</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Acumulado Que Pasa</b>
N° 04	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	424.10	16.96	16.96	83.04
N° 16	1.190	494.20	19.77	36.73	63.27
N° 30	0.590	456.80	18.27	55.00	45.00
N° 50	0.297	496.80	19.87	74.88	25.12
N° 100	0.149	429.80	17.19	92.07	7.93
N° 200	0.074	77.40	3.10	95.16	4.84
> N° 200	0.000	0.00	0.00	95.16	
<b>TOTAL</b>		<b>2379.10</b>	<b>95.16</b>		

*Nota:* El peso inicial del agregado fino o arena gruesa fue de 2500.00 gr. con un peso lavado seco de 2379.10 gr., un % que pasó la malla N° 200 de 4.84 gr. y % retenido en la malla N° 3 de 0.00 gr. Con un porcentaje de finos de 4.84% y en arena del 95.16%.

Distribución granulométrica: La tabla muestra cómo el material se distribuye en función del tamaño de las partículas. El peso retenido parcial en cada tamiz refleja la cantidad de material que queda atrapado en ese tamaño de malla, mientras que el % acumulado que pasa indica la cantidad de material que ha pasado por los tamices más gruesos. Un 95.16% de la arena ha pasado por los tamices menores al N° 200, lo que indica que el agregado es mayoritariamente grueso, con un bajo contenido de finos (4.84%).

Comportamiento de las partículas: El mayor porcentaje de retención parcial se observa en los tamices N° 08 y N° 16, con 16.96% y 19.77%, respectivamente. Esto significa que gran parte del material tiene partículas en el rango de 1.190 mm a 2.380 mm. La mayor cantidad de partículas que pasa por los tamices más finos (mallas N° 100 y N° 200) es relativamente baja, con solo el 4.84% retenido en el tamiz N° 200, lo que confirma que se trata de una arena bastante limpia y con pocas partículas de tamaño fino.

Total retenido y porcentaje de finos: El análisis indica que el porcentaje de finos, que es del 4.84%, se encuentra dentro de los límites aceptables para un agregado fino de buena calidad. En general, se recomienda que el contenido de finos no exceda el 5%, lo cual está en línea con los valores obtenidos en este análisis.

Peso lavado seco: El peso inicial del material fue de 2500 gr., pero después del lavado el peso seco fue de 2379.10 gr. Esto muestra que el proceso de lavado eliminó una pequeña cantidad de partículas finas y contaminantes, mejorando la calidad de la arena.

**Tabla 31**

*Granulometría de la piedra chancada – Cantera Tacllan*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr.)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	281.10	8.70	8.70	91.30
1/2"	12.700	1272.50	39.40	48.10	51.90
3/8"	9.525	849.60	26.30	74.40	25.60
N° 04	4.760	768.10	23.78	98.18	1.82
N° 08	2.380	0.00	0.00	98.18	1.82
TOTAL		3171.30	98.18		

*Nota:* El peso inicial del agregado grueso o piedra chancada fue de 3230.00 gr. con un peso lavado seco de 3171.30 gr., con un tamaño máximo nominal (TMN) de 1/2". Porcentaje de grava del 98.18% y de arena del 1.82%.

Distribución granulométrica: El material fue tamizado a través de tamices con aberturas que van desde 25.40 mm (1") hasta 2.38 mm (N° 08). La mayor retención se observa en los tamices 3/4" y 1/2", con 1272.50 gr y 849.60 gr de peso retenido respectivamente. Esto indica que el material tiene un tamaño predominante entre 12.70

mm (1/2") y 19.05 mm (3/4"). El % acumulado que pasa muestra que el 98.18% del material ha pasado por el tamiz de 1/2" (12.70 mm) y el 1.82% restante corresponde a partículas más finas, con un tamaño cercano al de la arena (inferior a 4.76 mm, tamiz N° 04).

Comportamiento de las partículas: La mayor cantidad de retención parcial ocurre en el tamiz de 3/4" (19.05 mm), con un 39.40%, seguido del tamiz de 1/2" (12.70 mm), con 26.30%. Esto refleja que la piedra chancada tiene un tamaño predominante dentro del rango estándar de agregados gruesos para concreto estructural. El tamiz 3/8" (9.525 mm) retiene un 23.78%, lo que indica que una parte considerable del material tiene un tamaño más pequeño, pero sigue dentro del rango aceptado para agregados gruesos.

El peso inicial del agregado fue de 3230.00 gr, y después del lavado se obtuvo un peso seco de 3171.30 gr, lo que significa que el lavado eliminó una pequeña cantidad de partículas finas o polvo, mejorando la calidad del agregado. El porcentaje de grava en el material es 98.18%, mientras que el porcentaje de arena es solo del 1.82%, lo que indica que el agregado es mayoritariamente grueso, con un contenido mínimo de finos, lo cual es ideal para garantizar la resistencia del concreto.

El Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado es 1/2" (12.70 mm), lo cual cumple con los requisitos típicos para concreto estructural. Esto asegura que el agregado proporcionará una adecuada distribución del tamaño de las partículas dentro de la mezcla, facilitando una buena trabajabilidad y resistencia.

#### B. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los agregados es un factor importante en la industria de la construcción, ya que afecta la cantidad de agua que se debe añadir a una mezcla de concreto o mortero. Este contenido de humedad puede variar según las condiciones ambientales, el tipo de agregado, su origen y el proceso de extracción.

**Tabla 32**

*Contenido de humedad de los agregados*

Pozo	C – 01		C – 02	
	Agregado	Fino	Agregado	Grueso
Muestra				
Profundidad (m)				
Frasco N°	1	2	3	4

(1) Pfr. + P.S.H. (gr.)		139.68	140.24	130.85	131.92
(2) Pfr. + P.S.S. (gr.)		134.61	135.18	128.46	129.48
(3) Pagua (gr.)	(1) – (2)	5.07	5.06	2.39	2.44
(4) Pfr. (gr.)		22.36	22.45	23.45	22.78
(5) P.S.S. (gr.)	(2) – (4)	112.25	112.73	105.01	106.70
(6) C. Humedad (%)	(3) / (5)	4.52	4.49	2.28	2.29
Contenido de Humedad Promedio		4.50 %		2.28 %	

*Nota:* La tabla proporciona el contenido de humedad promedio del agregado fino o arena gruesa y agregado grueso o piedra chancada extraídos de la cantera Tacllan en Huaraz.

Donde:

Pfr. = Peso del Frasco

P.S.H. = Peso del suelo húmedo

P.S.S. = Peso del suelo seco

Pagua = Peso del agua

Agregado fino: El contenido de humedad del agregado fino (arena) se calculó mediante dos muestras. El contenido de humedad promedio fue de 4.50%. Este valor indica que la arena contiene una cantidad moderada de humedad, lo cual es importante para ajustar la cantidad de agua que se añadirá en la mezcla de concreto. Una humedad elevada puede hacer que el concreto sea más trabajable, pero también puede reducir la resistencia si no se ajustan las proporciones adecuadamente. Por ejemplo, la muestra 1 indica que el peso del frasco con suelo húmedo fue de 139.68 gr, y el peso del frasco con suelo seco fue de 134.61 gr, lo que da una diferencia de 5.07 gr correspondiente al contenido de agua. Este valor, al compararse con el peso del suelo seco, da un porcentaje de humedad de 4.52%.

Agregado grueso: También medido en dos muestras, tiene un contenido de humedad promedio de 2.28%, lo cual es considerablemente más bajo que el del agregado fino. Esto es normal, ya que los agregados gruesos suelen retener menos agua debido a sus partículas más grandes y su menor superficie específica. Por ejemplo, en la muestra 3, el contenido de humedad se calculó tomando el peso del frasco con suelo húmedo (130.85 gr) y el peso del frasco con suelo seco (128.46 gr), lo que da un contenido de agua de 2.39 gr. Comparado con el peso seco del suelo, esto produce un 2.28% de humedad.

### C. Peso unitario suelto y compactado

El peso unitario de los agregados es una propiedad física que describe la masa de una cantidad dada de agregado en relación con su volumen. Esta propiedad es esencial para el diseño de mezclas de concreto y mortero, ya que influye en la cantidad de material necesario para alcanzar una densidad deseada. El peso unitario se puede medir en dos condiciones principales: suelto y compactado.

**Tabla 33**

*Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso material + molde	8945	8950	8965	9520	9580	9535
Peso del molde	5850	5850	5850	5850	5850	5850
Peso del material	3095	3100	3115	3670	3730	3685
Volumen del molde	2080	2080	2080	2080	2080	2080
Peso unitario	1.488	1.490	1.498	1.764	1.793	1.772
Peso unitario promedio		1.492			1.776	

*Nota:* La tabla presenta el análisis del peso unitario suelto y compactado (varillado) del agregado fino para tres muestras.

Peso Unitario Suelto (P.U.S.): El promedio del peso unitario suelto de las tres muestras es 1.492 kg/L, lo que significa que, en su estado no compactado, 1 litro de este agregado pesa aproximadamente 1.492 kilogramos. Cada una de las tres muestras presenta ligeras variaciones en el peso unitario suelto, con valores de 1.488, 1.490 y 1.498 kg/L, lo que sugiere que la densidad del agregado es bastante uniforme en su estado suelto.

Peso Unitario Compactado (P.U.C.): El promedio del peso unitario compactado es 1.776 kg/L, lo que indica un aumento de la densidad en comparación con el estado suelto, como es de esperar. Este aumento se debe a la reducción de vacíos entre las partículas de agregado al compactarlo. Las muestras individuales presentan variaciones de 1.764, 1.793 y 1.772 kg/L, lo que también muestra uniformidad en las condiciones compactadas.

Comparando el peso unitario suelto con el compactado, se observa un aumento considerable en la densidad cuando el material es compactado. Por ejemplo, el peso

unitario promedio suelto es 1.492 kg/L, mientras que el peso unitario promedio varillado es 1.776 kg/L. Esto representa un incremento de aproximadamente un 19% en la densidad, lo cual es común cuando los agregados son compactados o vibrados.

**Tabla 34**

*Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso material + molde	8880	8885	8870	9410	9445	9415
Peso del molde	5850	5850	5850	5850	5850	5850
Peso del material	3030	3035	3020	3560	3595	3565
Volumen del molde	2080	2080	2080	2080	2080	2080
Peso unitario	1.457	1.459	1.452	1.712	1.728	1.714
Peso unitario promedio	1.456			1.718		

*Nota:* La tabla presenta el análisis del peso unitario suelto y compactado (varillado) del agregado grueso para tres muestras.

P.U.S.: El peso unitario suelto promedio de las tres muestras es 1.456 kg/L, con ligeras variaciones entre las muestras (1.457, 1.459 y 1.452 kg/L), lo que indica una buena uniformidad en la densidad del agregado en su estado suelto.

P.U.C.: El peso unitario compactado promedio es 1.718 kg/L, lo que representa un aumento significativo con respecto al peso unitario suelto. Las muestras individuales varían ligeramente (1.712, 1.728 y 1.714 kg/L), mostrando uniformidad en el material.

Comparando los valores promedio, el peso unitario suelto de 1.456 kg/L y el peso unitario compactado de 1.718 kg/L muestran una diferencia de aproximadamente un 18%. Este aumento de densidad es normal cuando se compacta el agregado, ya que los vacíos entre las partículas disminuyen, permitiendo que más material ocupe el mismo volumen.

#### D. Peso específico y Absorción de los agregados

El peso específico de un material se define como la relación entre la densidad del material y la densidad del agua (en condiciones estándar). La absorción de los agregados se refiere a la capacidad de las partículas del agregado para retener agua en sus poros. Es un factor importante, ya que influye en la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla de concreto para asegurar la consistencia adecuada.

**Tabla 35***Peso específico y absorción de los agregados*

<b>Identificación (agregado)</b>		<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
Tamaño Máximo de la muestra		N° 04	1/2"
Tipo de frasco utilizado		Fiola	Probeta
Peso Frasco + Agua	(A)	647.50	1665.00
Peso Mat. Y Sup. Seca en Aire	(B)	200.00	500.00
Mat. Sat. + Agua + Frasco = A + B	(C)	847.50	2165.00
Peso Global con Desplaz. De Vol.	(D)	771.00	1976.00
Peso Vol. Masa + Vol. Vacíos: C- D	(E)	76.50	189.00
Peso Mat. Sat. Y Sup. Seca en Agua	(F)		
Peso Secado en Estufa a 105 °C	(G)		
Peso del Vol. De la Masa: E - (B - C)	(H)		
P.E. Bulk (Base Seca)	(G)/(E)		
P.E. Bulk (Base Saturada)	(B)/(E)	2.61	2.65
N° de Tarro		<b>1</b>	<b>2</b>
Peso del Tarro + Mat. SSS en Aire	(a)	110.91	112.92
Peso del Tarro + Mat. Secado en Estufa	(b)	109.20	112.10
Peso del Agua (a-b)	(c)	1.71	0.82
Peso del Tarro	(d)	23.10	23.30
Peso del Material Secado en Estufa	(e)	86.10	88.80
% Absorción	(c) x 100/e	1.99	0.92

*Nota:* Se muestra el análisis del peso específico y la absorción de ambos agregados.

Del agregado fino: El análisis se realizó utilizando una fiola para medir el volumen desplazado por el material saturado. El peso específico bulk (base saturada) del agregado fino es de 2.61, lo cual es típico para arenas naturales o procesadas de buena calidad. La absorción del agregado fino es del 1.99%, lo que indica que el material absorbe una cantidad moderada de agua.

Del agregado grueso: En el caso del agregado grueso, se utilizó una probeta para determinar el volumen desplazado por el material. El peso específico bulk (base saturada) del agregado grueso es ligeramente mayor que el del agregado fino, con un valor de 2.65. Este valor es consistente con lo esperado para agregados pétreos de buena calidad. La absorción del agregado grueso es significativamente menor que la del agregado fino 0.92%.

E. Diseño de mezcla concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tras llevar a cabo las pruebas de los agregados, se avanza con la formulación de la mezcla para alcanzar una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Este proceso se realiza mediante la aplicación del método del 211 del ACI, y a continuación se describen en detalle los pasos a seguir:

1° Hallar la resistencia a la compresión requerida

**Tabla 36**

*Resistencia promedio a la compresión requerida ( $F'cr$ )*

<b>F'c</b>	<b>F'cr</b>
Menos de 210	$F'c + 70$
<b>210 – 350</b>	<b><math>F'c + 84</math></b>
> 350	$F'c + 98$

Fuente: ACI 211.

$$F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

2° Selección del tamaño máximo nominal (TMN)

El TMN del agregado grueso es **1/2"**

3° Selección del asentamiento

**Tabla 37**

*Asentamiento y consistencia*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Mezcla seca	1" a 2"
<b>Mezcla plástica</b>	<b>3" a 4"</b>
Mezcla fluida	6" a 7"

Fuente: ACI 211.

Se seleccionó un asentamiento de 4" para una mezcla plástica.

4° Selección del volumen unitario de aguada de diseño

Tomando en cuenta el asentamiento requerido y con el conocimiento del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

Se tiene  $190 \text{ kg/m}^3$  de agua, para el mezclado.

5° Contenido de aire total

El contenido de aire atrapado es: 1.50 %

6° Selección de relación agua cemento

Relación agua cemento de diseño por peso: 0.46

7° Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua}}{\text{Relación a/c}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{190 \text{ kg/m}^3}{0.46}$$

$$\text{Cemento} = 413.04 \text{ kg.}$$

El factor cemento será:

$$C = \frac{413.04 \text{ kg.}}{42.50 \text{ kg.}} = 9.70 \text{ bolsas}$$

8° Contenido del agregado grueso “grava”

El resultado es de 0.50 m<sup>3</sup> de agregado grueso; a continuación, multiplicaremos este valor por el peso unitario compactado del agregado grueso.

$$\text{Peso del agregado grueso} = 0.50 \text{ m}^3 \times 1718 \text{ kg/m}^3 = 859.00 \text{ kg}$$

9° Volúmenes absolutos del cemento, agua, aire atrapado y agregado grueso

**Tabla 38**

*Volúmenes absolutos de los materiales*

<b>Volúmenes absolutos del cemento, agua, aire atrapado y agregado grueso</b>			
Cemento	$\frac{\text{Peso seco}}{P. \text{Específico} * 100}$	$\frac{413.00}{3.120 * 100}$	0.132
Ag. Grueso	$\frac{\text{Peso seco}}{P. \text{Específico} * 100}$	$\frac{859}{2.65 * 100}$	0.324
Agua	$\frac{\text{Vol. Unit. Agua}}{P. \text{Específico} * 100}$	$\frac{190}{1 * 1000}$	0.190 m <sup>3</sup>

Aire	Vol. Absoluto Aire	1.50%	0.015 m <sup>3</sup>
<b>Total:</b>			0.661 m <sup>3</sup>

Fuente: ACI 211, (2020).

10° Volumen absoluto y peso seco del agregado fino

Se lleva a cabo una operación de resta, restando la unidad de concreto de la suma de los valores conocidos, que incluyen cemento, agregado fino, agua y aire.

$$\text{Vol. absoluto Ag. Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.661 \text{ m}^3 = 0.339 \text{ m}^3$$

Despejando la fórmula:

$$\text{Peso seco Ag. Fino} = \text{Vol. Absoluto Ag. Fino} \times (\text{Peso específico} \times 1000)$$

$$\text{Peso seco Ag. Fino} = 0.339 \text{ m}^3 \times (2.610 \times 1000) = 883 \text{ kg/m}^3$$

11° Valores de diseño de mezcla

Las cantidades de materiales que se utilizarán como parámetros de diseño serán.

**Tabla 39**

*Valores de diseño de mezcla*

<b>Valores de diseño de mezcla</b>	
Cemento	413.00 kg.
Agregado fino	878.60 kg.
Agregado grueso	922.70 kg.
Agua	155.10 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: ACI 211, (2020).

12° Determinación de proporciones en peso

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
<b>1</b>	<b>:</b>	<b>2.10</b>	<b>:</b>
		<b>2.10</b>	<b>:</b>
			<b>155.10 L</b>

Las cantidades de ambos agregados, ya sea fino o grueso, serán idénticas a las obtenidas en el diseño de la mezcla sin la adición de caucho reciclado, es decir, con un 0% de contenido de caucho. Estas cantidades son 2.10 para el agregado fino y 2.10 para el agregado grueso. La cantidad de agua será la misma que se obtuvo en el diseño de la mezcla sin la adición de caucho reciclado, es decir, el 0% (Patrón), y será de 155.10L.

Anexo 8: Comparación de costos de la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto

**Tabla 40**

*Costo de materiales para 1m<sup>3</sup> de concreto convencional*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad Equivalente</b>	<b>Und. Equiv.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Precio para 1 m<sup>3</sup></b>		
Cemento	413.00	kg	9.70	bolsas	S/ 30.00	S/		291.00
Agregado fino	878.60	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 65.00	S/		38.35
Agregado grueso	922.70	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 70.00	S/		41.30
Agua	155	L	0.155	m <sup>3</sup>	S/ 15.00	S/		2.32
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto							S/	372.97

*Nota:* Desglose de materiales y costos para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto.

Se requieren 413.00 kg de cemento, equivalentes a 9.70 bolsas, con un costo de S/ 291.00. El agregado fino (arena) es de 878.60 kg, equivalente a 0.590 m<sup>3</sup>, con un precio de S/ 38.35; mientras que el agregado grueso (piedra) corresponde a 922.70 kg o 0.590 m<sup>3</sup>, con un costo de S/ 41.30. Además, se necesitan 155 litros de agua (0.155 m<sup>3</sup>), representando un gasto de S/ 2.32. Sumando los costos, el total para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto convencional asciende a S/ 372.97.

**Tabla 41**

*Costo de 1m<sup>3</sup> de concreto con 10 ml Bacillus y 23 gr. de LC*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad Equivalente</b>	<b>Und. Equiv.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Precio para 1 m<sup>3</sup></b>		
Cemento	393.38	kg	9.26	bolsas	S/ 30.00	S/		277.80
Agregado fino	878.60	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 65.00	S/		38.35
Agregado grueso	922.70	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 70.00	S/		41.30
Agua	155	L	0.155	m <sup>3</sup>	S/ 15.00	S/		2.32
B.B.	0.010	L	0.010	L	S/ 3,000.00	S/		30.00
L.C.	0.023	kg.	0.023	kg.	S/ 400.00	S/		9.20
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto con 10 ml Bacillus y 23 gr. de LC							S/	398.97

*Nota:* El análisis de la tabla muestra el costo de materiales para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto con 10 ml Bacillus y 23 gr. de LC.

La composición principal incluye 393.38 kg de cemento (equivalente a 9.26 bolsas), con un costo de S/ 254.65. Los agregados están conformados por 878.60 kg de agregado fino (0.326 m<sup>3</sup>, S/ 17.93) y 922.70 kg de agregado grueso (0.354 m<sup>3</sup>, S/ 20.18). Se requiere además 102 litros de agua (0.102 m<sup>3</sup>, S/ 1.53). Adicionalmente, se incorporan 0.010 L de esporas de Bacillus, con un alto costo unitario de S/ 3,000.00 por litro, lo que representa S/ 30.00 en la mezcla. También se utiliza 0.023 kg de lactato de calcio, valorado en S/ 400.00 por kilogramo, equivalente a S/ 9.20. En conjunto, el costo total por 1 m<sup>3</sup> de este concreto especial asciende a S/ 333.49, reflejando el impacto económico de los aditivos biotecnológicos en comparación con una mezcla convencional.

**Tabla 42**

*Costo de 1m<sup>3</sup> de concreto con 25 ml Bacillus y 50 gr. de LC*

Material	Cantidad	Und.	Cantidad Equivalente	Und. Equiv.	P.U.	Precio para 1 m <sup>3</sup>
Cemento	393.38	kg	9.26	bolsas	S/ 30.00	S/ 277.80
Agregado fino	878.60	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 65.00	S/ 38.35
Agregado grueso	922.70	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 70.00	S/ 41.30
Agua	155	L	0.155	m <sup>3</sup>	S/ 15.00	S/ 2.32
B.B.	0.025	L	0.025	L	S/ 3,000.00	S/ 75.00
L.C.	0.050	kg.	0.050	kg.	S/ 400.00	S/ 20.00
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto						S/ 454.77

*Nota:* El análisis de la tabla muestra el costo de materiales para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto con 25 ml Bacillus y 50 gr. de LC.

La composición básica del concreto se mantiene similar, considerando 393.38 kg de cemento (equivalente a 9.26 bolsas, S/ 277.80), 878.60 kg de agregado fino (0.590 m<sup>3</sup>, S/ 38.35), 922.70 kg de agregado grueso (0.590 m<sup>3</sup>, S/ 41.30) y 155 litros de agua (0.155 m<sup>3</sup>, S/ 2.32). A estos materiales se incorporan 0.025 L de esporas de Bacillus, con un costo unitario de S/ 3,000.00 por litro, resultando en S/ 75.00, y 0.050 kg de lactato de calcio, valorizado en S/ 400.00 por kilogramo, equivalente a S/ 20.00. En conjunto, el costo total para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto con 25 ml de Bacillus y 50 g de lactato de calcio asciende a S/ 454.77, lo que representa un incremento de S/ 81.80 respecto al concreto convencional, debido al mayor uso de aditivos biotecnológicos.

**Tabla 43***Costo de 1m<sup>3</sup> de concreto con 35 ml Bacillus y 70 gr. de LC*

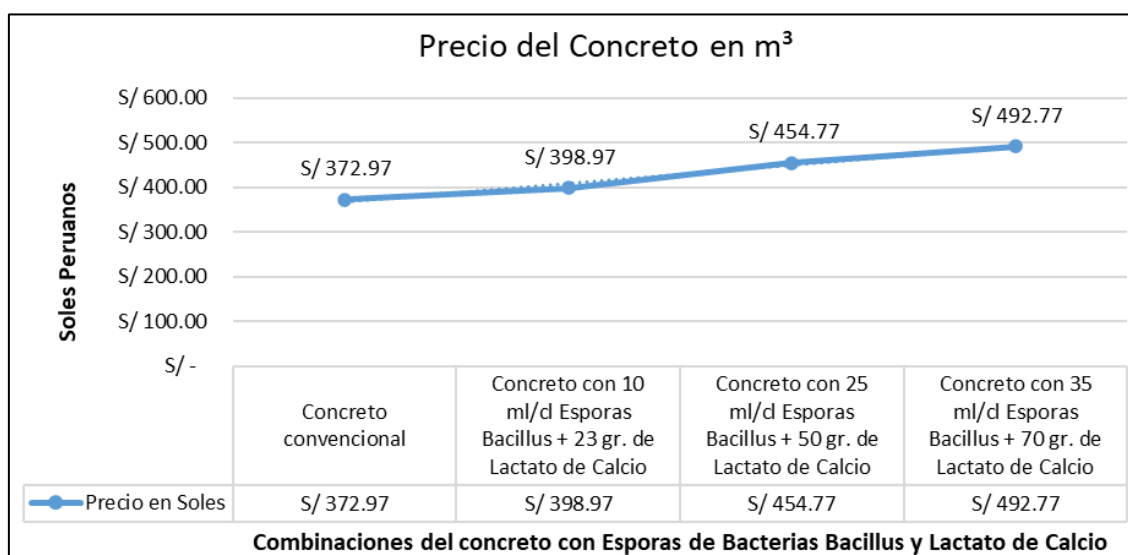
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad Equivalente</b>	<b>Und. Equiv.</b>	<b>P.U.</b>	<b>Precio para 1 m<sup>3</sup></b>		
Cemento	393.38	kg	9.26	bolsas	S/ 30.00	S/	277.80	
Agregado fino	878.60	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 65.00	S/	38.35	
Agregado grueso	922.70	kg	0.590	m <sup>3</sup>	S/ 70.00	S/	41.30	
Agua	155	L	0.155	m <sup>3</sup>	S/ 15.00	S/	2.32	
B.B.	0.035	L	0.035	L	S/ 3,000.00	S/	105.00	
L.C.	0.070	kg.	0.070	kg.	S/ 400.00	S/	28.00	
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto						S/	492.77	

*Nota:* El análisis de la tabla muestra el costo de materiales para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto con 35 ml Bacillus y 70 gr. de LC.

La base de la mezcla se mantiene con 393.38 kg de cemento (equivalente a 9.26 bolsas, S/ 277.80), 878.60 kg de agregado fino (0.590 m<sup>3</sup>, S/ 38.35), 922.70 kg de agregado grueso (0.590 m<sup>3</sup>, S/ 41.30) y 155 litros de agua (0.155 m<sup>3</sup>, S/ 2.32). En esta dosificación, la cantidad de esporas de Bacillus se incrementa a 0.035 L, con un costo unitario de S/ 3,000.00 por litro, lo que representa un gasto de S/ 105.00. Asimismo, la cantidad de lactato de calcio aumenta a 0.070 kg, valorizado en S/ 400.00 por kilogramo, equivalente a S/ 28.00. Como resultado, el costo total para producir 1 m<sup>3</sup> de concreto con 35 ml de Bacillus y 70 g de lactato de calcio asciende a S/ 492.77, lo que refleja un incremento notable respecto a las versiones anteriores, debido al mayor contenido de aditivos biotecnológicos

**Figura 12**

*Comparación de costos de concreto convencional y autorreparable*



*Nota:* Se muestra la relación entre el precio del concreto por metro cúbico (m<sup>3</sup>) y la adición de esporas de Bacillus y lactato de calcio en diferentes proporciones.

El concreto convencional presenta el menor costo, con un valor de S/ 372.97 por m<sup>3</sup>. Al incorporar 10 ml de esporas de Bacillus y 23 g de lactato de calcio, el costo se eleva a S/ 398.97, evidenciando un incremento moderado debido a la adición de los aditivos biotecnológicos.

Cuando la dosificación aumenta a 25 ml de esporas y 50 g de lactato de calcio, el precio asciende a S/ 454.77, reflejando un impacto económico más significativo. Finalmente, la combinación con 35 ml de esporas y 70 g de lactato de calcio alcanza el costo máximo de S/ 492.77 por m<sup>3</sup>.

La tendencia observada en el gráfico demuestra que, aunque la aplicación de la tecnología del concreto biológico puede mejorar la durabilidad y la capacidad de auto regeneración del material, su implementación implica un incremento considerable en el costo, aspecto que debe evaluarse en función de los beneficios técnicos y económicos a largo plazo.

Anexo 9: Panel fotográfico

**Figura 13**

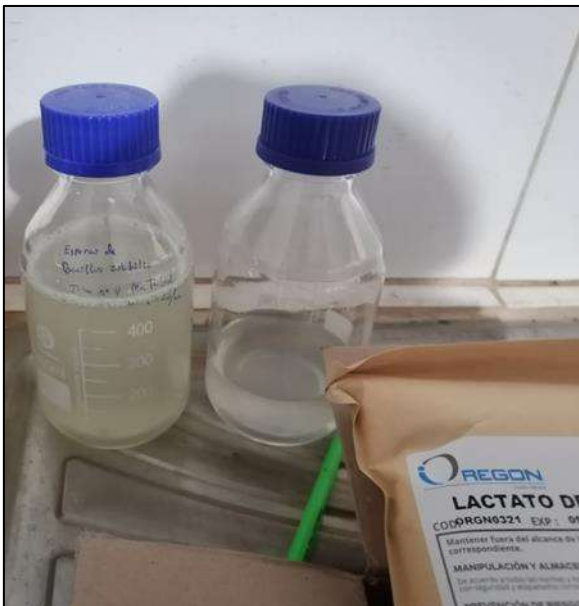
*Lactato de calcio*



*Nota:* El Lactato de Calcio se obtuvo en sacos de 1 kg.

**Figura 14**

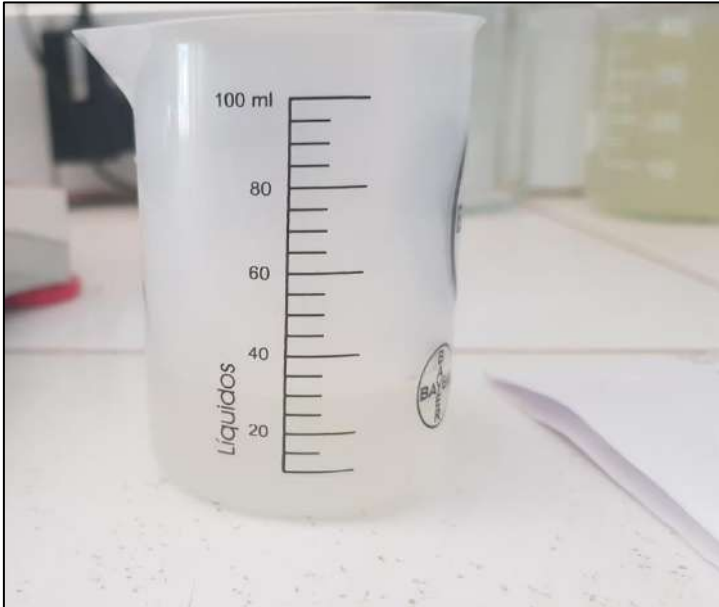
*Esporas de Bacteria Bacillus Subtilis*



*Nota:* Se obtuvo 1 ½ L de esporas de bacteria Bacillus Subtilis.

### Figura 15

*Medición de la bacteria Bacillus Subtilis*



*Nota:* Las esporas de Bacillus se añadieron al concreto en cantidades de 10, 25 y 35 ml.

### Figura 16

*Medición de 23 gr. de lactato de calcio*



*Nota:* El lactato de calcio, se añadió al concreto en proporciones de 23 gr. para 12 probetas con 10 ml/cel de Bacterias Bacillus Subtilis.

**Figura 17**

*Medición de 50 gr. de lactato de calcio*



*Nota:* El lactato de calcio, se añadió al concreto en proporciones de 50 gr. para 12 probetas con 25 ml/cel de Bacterias Bacillus Subtilis.

**Figura 18**

*Medición de 69 gr. de lactato de calcio*



*Nota:* El lactato de calcio, se añadió al concreto en proporciones de 50 gr. para 12 probetas con 35 ml/cel de Bacterias Bacillus Subtilis.

**Figura 19**

*Mezcla para la elaboración de probetas de concreto con B.B. y L.C.*



*Nota:* Se elaboró la mezcla de concreto con bacterias Bacillus y Lactato de Calcio.

**Figura 20**

*Mezcla para la elaboración de probetas de concreto con B.B. y L.C.*



*Nota:* Se elaboró la mezcla de concreto con bacterias Bacillus y Lactato de Calcio.

## Figura 21

*Ensayo de asentamiento para probetas de concreto*



*Nota:* Se ensayó el asentamiento dando un resultado de 3" para las probetas de concreto.

## Figura 22

*Ensayo del Slump para viguetas de concreto*



*Nota:* Se ensayó el asentamiento dando un resultado de 4" para las viguetas de concreto.

**Figura 23**

*Moldes para la elaboración de 36 probetas de concreto*



*Nota:* Se elaboraron 36 probetas de concreto en total.

**Figura 24**

*Elaboración de 12 probetas con 10 ml de Bacterias Bacillus Subtilis*



*Nota:* Se elaboraron 12 probetas de concreto con 10 ml de Bacillus y 23 gr. de Lactato de Calcio.

**Figura 25**

*Elaboración de 12 probetas con 25 ml de Bacterias Bacillus Subtilis*



*Nota:* Se elaboraron 12 probetas de concreto con 25 ml de Bacillus y 50 gr. de Lactato de Calcio.

**Figura 26**

*Elaboración de 12 probetas con 35 ml de Bacterias Bacillus Subtilis*



*Nota:* Se elaboraron 12 probetas de concreto con 35 ml de Bacillus y 70 gr. de Lactato de Calcio.

### **Figura 27**

*Curado de las 36 probetas de concreto*



*Nota:* Se curó las 36 probetas de concreto para su rotura a los 7, 14 y 28 días.

### **Figura 28**

*Rotura de 12 probetas a los 7 días*



*Nota:* Se rompieron 3 probetas con 10 ml B. + 23 gr. de LC, 3 probetas con 25 ml B. + 50 gr. de LC y 3 probetas con 35 ml B. + 70 gr. de LC a los 7 días.

### **Figura 29**

*Rotura de 12 probetas a los 14 días*



*Nota:* Se rompieron 3 probetas con 10 ml B. + 23 gr. de LC, 3 probetas con 25 ml B. + 50 gr. de LC y 3 probetas con 35 ml B. + 70 gr. de LC a los 14 días.

### **Figura 30**

*Rotura de 12 probetas a los 28 días*



*Nota:* Se rompieron 3 probetas con 10 ml B. + 23 gr. de LC, 3 probetas con 25 ml B. + 50 gr. de LC y 3 probetas con 35 ml B. + 70 gr. de LC a los 28 días.

**Figura 31**

*Lectura de  $f'c$  a 28 días patrón*



*Nota:* Con una carga a presión de 109.77 kN se obtuvo un  $f'c$  de 22.68 MPa.

**Figura 32**

*Lectura de  $f'c$  a 28 días con 10 ml. Bacillus + 23 g. LC*



*Nota:* Con una carga a presión de 91.66 kN se obtuvo un  $f'c$  de 18.94 MPa.

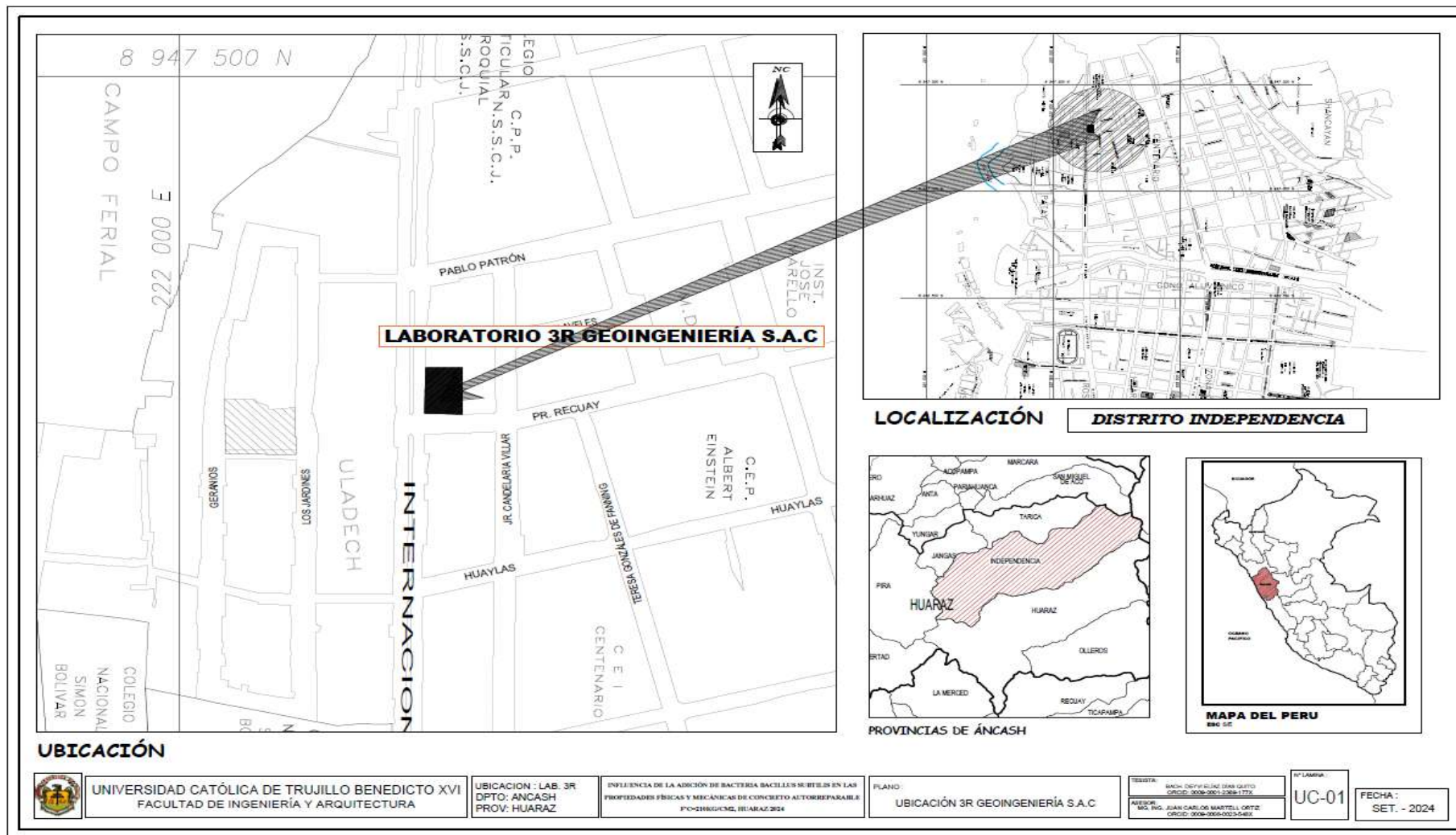
### Figura 33

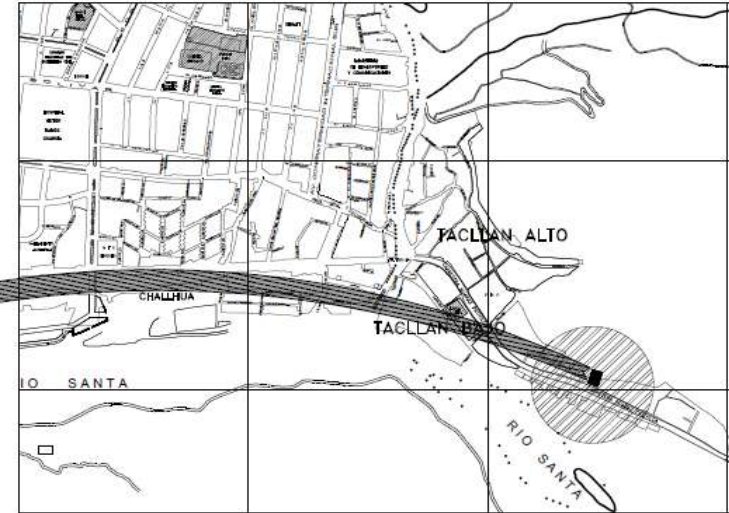
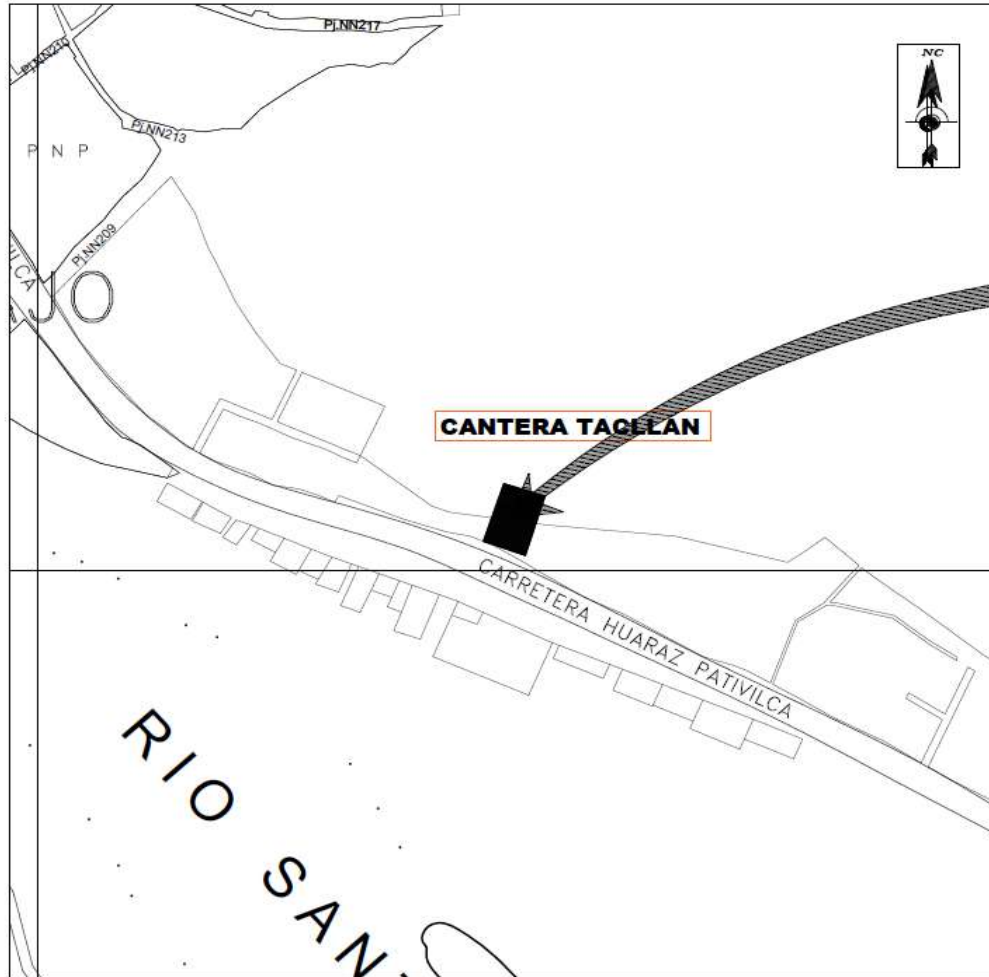
Lectura de  $f'_c$  a 28 días con 35 ml. Bacillus + 70 g. LC



*Nota:* Con una carga a presión de 140.36 kN se obtuvo un  $f'_c$  de 29.00 MPa.

Anexo 10: Planos

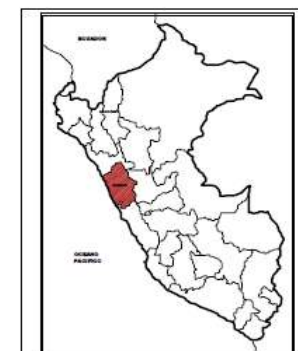




**LOCALIZACIÓN** **DISTRITO INDEPENDENCIA**



**PROVINCIAS DE ÁNCASH**



**MAPA DEL PERU**  
Escala 1:100,000

**UBICACIÓN**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UBICACION : LAB. 3R  
DPTO: ANCASH  
PROV: HUARAZ

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE BACTERIA BACILLUS SUBTILIS EN LAS  
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO AUTORREPARABLE  
PC-210KG/CM<sup>3</sup>, HUARAZ 2024

PLANO :  
UBICACIÓN CANTERA TAQLLÁN - HUARAZ

TESISTA:  
BACH. DIEGO ELIAS OJAS QUITO  
CÓDIGO: 2009-2001-2388-177X  
ASESOR:  
MG. ING. JUAN CARLOS MARTELL CRUZ  
CÓDIGO: 2009-2009-2623-548X

Nº LAMINA:  
**UC-02**

FECHA :  
SET. - 2024

## Anexo 11: Reporte de Turnitin

# Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## Informe Final - Deyvi Elías Díaz Quito

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:565472967

Fecha de entrega

9 mar 2026, 13:34 GMT

Fecha de descarga

9 mar 2026, 14:08 GMT

Nombre del archivo

Informe Final - Deyvi Elías Díaz Quito.docx

Tamaño del archivo

49.0 MB

145 páginas

24.231 palabras

128.819 caracteres




# 16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	Internet		
repositorio.uct.edu.pe		3%	
<b>2</b>	Internet		
hdl.handle.net		2%	
<b>3</b>	Internet		
repositorio.unasam.edu.pe		<1%	
<b>4</b>	Internet		
repositorio.ucv.edu.pe		<1%	
<b>5</b>	Publicación		
Aroste Villa, Jorge Luis. "Impregnación de agregados reciclados con cemento IP y ...		<1%	
<b>6</b>	Trabajos del estudiante		
Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-22		<1%	
<b>7</b>	Internet		
repositorio.usanpedro.edu.pe		<1%	
<b>8</b>	Trabajos del estudiante		
Universidad Privada del Norte on 2023-07-31		<1%	
<b>9</b>	Trabajos del estudiante		
Universidad Tecnológica de los Andes on 2025-08-21		<1%	
<b>10</b>	Trabajos del estudiante		
unasam on 2025-08-05		<1%	
<b>11</b>	Trabajos del estudiante		
Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-09		<1%	

12	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2026-01-14	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-07	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-04-21	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-16	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-22	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-26	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-07-07	<1%
20	Publicación	Jesús Godifredo Calvo. "Estudio de la eliminación/recuperación de nitrógeno en el...	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-11-11	<1%
22	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-05-30	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-12-09	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-12-31	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-05-02	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-07-08	<1%
27	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-11-13	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-04-14	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2025-12-10	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego on 2024-11-28	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Federico Villarreal on 2024-04-15	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-15	<1%
33	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
34	Trabajos del estudiante	Higher Education Commission Pakistan on 2025-10-08	<1%
35	Publicación	Marcia Jaramillo. "Emprendimiento en economía circular mediante Inteligencia A..."	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-15	<1%
37	Trabajos del estudiante	DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA on 2025-09-30	<1%
38	Publicación	Harry Hermawan. "Optimised Mix designs for Self-Healing Concrete", Universitat ...	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-04	<1%

40	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-10-13	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-08-27	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-12-02	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-02	<1%
44	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-12	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-21	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-03-05	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-10-20	<1%
49	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-03-18	<1%
50	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
51	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-01-21	<1%
52	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2017-07-06	<1%
53	Trabajos del estudiante	Universidad de Piura on 2018-09-02	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2026-03-03	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2024-11-26	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-11-04	<1%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-07-15	<1%
58	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-08	<1%
59	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-02	<1%
60	Publicación	Neiton Silva Machado, Emanuel Dantas Viana, Tiago De Sousa Oliveira, Julio Cesar...	<1%
61	Publicación	Rodriguez, Julissa Laros. "Evaluation of Recycled Plastics in Asphalt Mixtures.", U...	<1%
62	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-04	<1%
63	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2021-11-10	<1%
64	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego on 2025-04-29	<1%
65	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
66	Publicación	Esosa Joy Onabote, Olusegun Abass. "Evolution of clogging in porous media durin...	<1%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%

68	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2018-02-23	<1%
69	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	<1%
70	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2019-11-18	<1%
71	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2019-10-16	<1%
72	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-23	<1%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-04-28	<1%
74	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-09-30	<1%
75	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Peru on 2025-05-08	<1%
76	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
77	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
78	Trabajos del estudiante	ucb on 2025-06-24	<1%
79	Internet	www.bdigital.unal.edu.co	<1%
80	Publicación	"ABSTRACTS", Journal of Nematology, 2016	<1%
81	Trabajos del estudiante	Mountain Lakes High School on 2023-10-24	<1%

82	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2018-08-17	<1%
83	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2020-12-28	<1%
84	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica de Trujillo on 2024-07-24	<1%
85	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2022-12-16	<1%
86	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-28	<1%
87	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-30	<1%
88	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-08-20	<1%
89	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-02-14	<1%
90	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2023-07-20	<1%
91	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2026-01-14	<1%
92	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2026-01-14	<1%
93	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%

# Facultad De INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## Informe Final - Deyvi Elías Díaz Quito

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:565472967

Fecha de entrega

9 mar 2026, 13:34 GMT

Fecha de descarga

9 mar 2026, 14:08 GMT

Nombre del archivo

Informe Final - Deyvi Elías Díaz Quito.docx

Tamaño del archivo

49.0 MB

145 páginas

24.231 palabras

128.819 caracteres

## \*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

**Precaución: Se necesita revisión.**

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

### Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

## Preguntas frecuentes

### ¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (\*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

### ¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltarán en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

