



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -  
MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL  
F'C=210KG/CM<sup>2</sup>, REEMPLAZANDO  
PARCIALMENTE EL 5%, 10% Y 15% DEL  
CEMENTO POR POLVO DE LADRILLO  
RECICLADO, CAJAMARCA 2025.**

**Tesis para optar al título profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Jhordan Jair Gil Mejia

Luis Fernando Gonzales Vargas

**Asesor:**

**Ing. Frank Felipe Bautista Cueto**

**<https://orcid.org/0009-0008-8733-923X>**

**Cajamarca - Perú**

**2025**

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>JOSE ALEXANDER ORDOÑEZ GUEVARA</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>GERMAN SAGASTEGUI VASQUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>FRANK FELIPE BAUTISTA CUETO</b>
	Nombre y Apellidos

## Informe de Similitud






### 6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

#### Filtered from the Report

- Bibliography

#### Top Sources

- 5%  Internet sources
- 1%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

#### Integrity Flags

##### 1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**  
48 suspect characters on 149 pages  
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que hicieron posible este logro. A mis amigos y seres queridos, por su aliento y motivación en los momentos difíciles. A mis profesores y mentores, por su guía, sabiduría y enseñanzas que han marcado mi camino académico. A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, gracias por ser parte de este viaje hacia el conocimiento y el crecimiento personal

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Haniel Solís Muñoz, mi asesor de tesis, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos y dedicación fueron fundamentales para el éxito de esta investigación.

## Índice de Contenido

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	14
ABSTRACT .....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	16
Realidad Problemática.....	16
Antecedentes.....	18
Formulación del problema.....	23
Objetivos.....	24
Hipótesis .....	24
Justificación.....	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	26
Diseño 26	
Población .....	26
Muestra .....	27
Técnica e instrumentos .....	30
Procedimiento .....	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	35
Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	36

Diseños de mezcla ACI .....	41
Propiedades físicas del concreto .....	43
Propiedades mecánicas del concreto .....	45
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN .....	48
Discusión .....	48
Limitaciones .....	51
Implicancias y Estudios Futuros .....	52
Conclusiones .....	52
Recomendaciones .....	54
REFERENCIAS .....	55
ANEXOS .....	64
Anexo 1. Matriz de consistencia interna .....	65
Anexo 2. Matriz de operacionalización de las variables .....	66
Anexo 3. Cronograma de desarrollo de la tesis .....	67
Anexo 4. Metodología de los ensayos realizados de los agregados de la cantera Ramona en el laboratorio de concreto UPN sede Cajamarca .....	68
Anexo 5. Resumen de las propiedades físicas de los agregados .....	75
Anexo 6. Protocolos firmados (Ficha de observación) .....	76
Anexo 7. Panel fotográfico .....	132

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i> .....	36
<b>Tabla 2.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i> .....	37
<b>Tabla 3.</b> <i>Contenido de humedad del agregado fino</i> .....	38
<b>Tabla 4.</b> <i>Contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	38
<b>Tabla 5.</b> <i>Peso unitario del agregado grueso</i> .....	39
<b>Tabla 6.</b> <i>Peso unitario del agregado fino</i> .....	39
<b>Tabla 7.</b> <i>Peso específico y absorción de agregado grueso</i> .....	40
<b>Tabla 8.</b> <i>Peso específico del agregado fino</i> .....	40
<b>Tabla 9.</b> <i>Diseño de mezcla ACI estándar</i> .....	41
<b>Tabla 10</b> <i>Diseño de mezcla ACI utilizando porcentajes de sustitución</i> .....	41
<b>Tabla 11.</b> <i>Matriz de consistencia interna</i> .....	65
<b>Tabla 12.</b> <i>Matriz de operacionalización de variables</i> .....	66
<b>Tabla 13.</b> <i>Cronograma de desarrollo y culminación de la tesis</i> .....	67
<b>Tabla 14.</b> <i>Propiedades físicas del agregado grueso (A.G.)</i> .....	75
<b>Tabla 15.</b> <i>Propiedades físicas del agregado fino (A.F.)</i> .....	75

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Patrones porcentuales según antecedentes Internacionales de resistencia a la compresión</i> .....	27
<b>Figura 2.</b> <i>Patrones porcentuales según antecedentes Nacionales de resistencia a la compresión</i> .....	28
<b>Figura 3.</b> <i>Patrones de porcentajes de acuerdo con antecedentes sobre trabajabilidad</i> .....	29
<b>Figura 4.</b> <i>Ubicación de cantera de agregados</i> .....	31
<b>Figura 5.</b> <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i> .....	36
<b>Figura 6.</b> <i>Curva granulométrica del agregado fino</i> .....	37
<b>Figura 7.</b> <i>Slump del concreto en estado fresco</i> .....	43
<b>Figura 8.</b> <i>Temperatura del concreto en estado fresco</i> .....	44
<b>Figura 9.</b> <i>Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 7 días de curado</i> ...45	
<b>Figura 10.</b> <i>Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 14 días de curado</i> .....	46
<b>Figura 11.</b> <i>Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 28 días de curado</i> .....	47
<b>Figura 12.</b> <i>Protocolo Análisis granulométrico de agregado grueso</i> .....	76
<b>Figura 13.</b> <i>Protocolo Análisis granulométrico de agregado fino</i> .....	77
<b>Figura 14.</b> <i>Protocolo Contenido de humedad de los agregados</i> .....	78
<b>Figura 15.</b> <i>Protocolo peso unitario de los agregados</i> .....	79
<b>Figura 16.</b> <i>Protocolo peso específico y absorción de agregados</i> .....	80
<b>Figura 17.</b> <i>Diseño de mezcla por método ACI (American Concrete Institute)</i> .....	81
<b>Figura 18.</b> <i>Protocolo de trabajabilidad o asentamiento del concreto</i> .....	83
<b>Figura 19.</b> <i>Protocolo de control de temperatura en el concreto</i> .....	84
<b>Figura 20.</b> <i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón</i> .....	85

<b>Figura 21.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón</i>	86
<b>Figura 22.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón</i>	87
<b>Figura 23.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón</i>	88
<b>Figura 24.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución</i>	89
<b>Figura 25.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución</i>	90
<b>Figura 26.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución</i>	91
<b>Figura 27.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución</i>	92
<b>Figura 28.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución</i>	93
<b>Figura 29.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución</i>	94
<b>Figura 30.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución</i>	95
<b>Figura 31.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución</i>	96
<b>Figura 32.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución</i>	97
<b>Figura 33.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución</i>	98
<b>Figura 34.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución</i>	99
<b>Figura 35.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón</i>	100
<b>Figura 36.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón</i>	101
<b>Figura 37.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón</i>	102
<b>Figura 38.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón</i>	103
<b>Figura 39.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución</i>	104
<b>Figura 40.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución</i>	105
<b>Figura 41.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución</i>	106
<b>Figura 42.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución</i>	107
<b>Figura 43.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución</i>	108
<b>Figura 44.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución</i>	109
<b>Figura 45.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución</i>	110

<b>Figura 46.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución...</i>	111
<b>Figura 47.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución ..</i>	112
<b>Figura 48.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución ..</i>	113
<b>Figura 49.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución ..</i>	114
<b>Figura 50.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución ..</i>	115
<b>Figura 51.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón .....</i>	116
<b>Figura 52.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón.....</i>	117
<b>Figura 53.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón.....</i>	118
<b>Figura 54.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón.....</i>	119
<b>Figura 55.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución ..</i>	120
<b>Figura 56.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución ...</i>	121
<b>Figura 57.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución....</i>	122
<b>Figura 58.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución ....</i>	123
<b>Figura 59.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución..</i>	124
<b>Figura 60.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución..</i>	125
<b>Figura 61.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución ..</i>	126
<b>Figura 62.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución ..</i>	127
<b>Figura 63.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución...</i>	128
<b>Figura 64.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución.</i>	129
<b>Figura 65.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución ..</i>	130
<b>Figura 66.</b>	<i>Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución ....</i>	131
<b>Figura 67.</b>	<i>Recolección de residuos de ladrillos .....</i>	132
<b>Figura 68.</b>	<i>Adquisición de agregados .....</i>	132
<b>Figura 69.</b>	<i>Cuarteo de material granular .....</i>	133
<b>Figura 70.</b>	<i>Tamizado de agregado grueso .....</i>	133

<b>Figura 71.</b> <i>Tamizado de agregado fino</i> .....	134
<b>Figura 72.</b> <i>Peso de agregado fino</i> .....	134
<b>Figura 73.</b> <i>Muestras en el horno</i> .....	135
<b>Figura 74.</b> <i>Dimensionamiento de molde para peso unitario</i> .....	135
<b>Figura 75.</b> <i>Compactación manual de los materiales en el molde</i> .....	136
<b>Figura 76.</b> <i>Lavado de materiales para peso específico</i> .....	136
<b>Figura 77.</b> <i>Reposo de material grueso en agua</i> .....	137
<b>Figura 78.</b> <i>Secado superficial de agregado grueso</i> .....	137
<b>Figura 79.</b> <i>Peso del agregado grueso en el agua</i> .....	138
<b>Figura 80.</b> <i>Secado en el horno</i> .....	138
<b>Figura 81.</b> <i>Material fino dejado en agua por 24 horas</i> .....	139
<b>Figura 82.</b> <i>Ensayo de cono y pisón</i> .....	139
<b>Figura 83.</b> <i>Fiola con agua para peso específico de agregado fino</i> .....	140
<b>Figura 84.</b> <i>Colocación de la muestra de agregado fino en la fiola</i> .....	140
<b>Figura 85.</b> <i>Movimiento manual de fiola con agregado fino</i> .....	141
<b>Figura 86.</b> <i>Pesado de fiola más muestra de agregado fino</i> .....	141
<b>Figura 87.</b> <i>Decantación de la muestra-peso específico A.F.</i> .....	142
<b>Figura 88.</b> <i>Registros de pesos para peso específico A.F</i> .....	142
<b>Figura 89.</b> <i>Pulverización de ladrillos para la obtención de polvillo.</i> .....	143
<b>Figura 90.</b> <i>Tamizado de pulverización por malla #100, # 200 y cazoleta.</i> .....	143
<b>Figura 91.</b> <i>Adquisición de moldes de probetas.</i> .....	144
<b>Figura 92.</b> <i>Elaboración de concreto patrón en laboratorio UPN</i> .....	144
<b>Figura 93.</b> <i>Elaboración de concreto por sustitución parcial del cemento en laboratorio UPN</i> .....	145
<b>Figura 94.</b> <i>Medición de temperatura del concreto</i> .....	145

<b>Figura 95.</b> <i>Medida del asentamiento del concreto</i> .....	146
<b>Figura 96.</b> <i>Elaboración de probetas según diseño de mezcla</i> .....	146
<b>Figura 97.</b> <i>Fraguado de probetas por 24 horas</i> .....	147
<b>Figura 98.</b> <i>Desencofrado de probetas luego del fraguado</i> . ....	147
<b>Figura 99.</b> <i>Curado de probetas en la piscina</i> .....	148
<b>Figura 100.</b> <i>Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 7 días de curado</i> .....	148
<b>Figura 101.</b> <i>Máquina de rotura a compresión de probetas a los 7 días de curado</i> .....	149
<b>Figura 102.</b> <i>Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 14 días de curado</i> .....	149
<b>Figura 103.</b> <i>Máquina de rotura a compresión de probetas a los 14 días de curado</i> .....	150
<b>Figura 104.</b> <i>Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 28 días de curado</i> .....	150
<b>Figura 105:</b> <i>Máquina de rotura a compresión de probetas a los 28 días de curado</i> .....	151

## Resumen

El sector constructivo en el país generaba contaminación debido a la disposición inadecuada de desmontes y demoliciones, perjudicando la naturaleza. Este proyecto tuvo como objetivo evaluar la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo reciclado en las propiedades del concreto. Se utilizaron porcentajes de sustitución parcial del cemento de 0% (concreto base), 5%, 10% y 15%. Primero se determinaron las propiedades de los materiales y luego se elaboró un diseño de mezcla según la metodología ACI. Posteriormente, se analizaron las propiedades mecánicas en estado endurecido mediante probetas y las propiedades físicas en estado fresco. La investigación tuvo un diseño experimental y un enfoque cuantitativo. Los resultados indicaron que el polvo de ladrillo disminuyó la trabajabilidad, reduciendo el agua y haciéndolo menos manejable. También redujo la resistencia a la compresión, obteniéndose resistencias menores respecto al concreto patrón. Sin embargo, con ciertos porcentajes de sustitución como el 5% y 15%, se alcanzaron resistencias a la compresión superiores a las del diseño a los 28 días de curado. Estos hallazgos indicaron que el polvo de ladrillo reciclado puede usarse en concretos de baja resistencia, reduciendo significativamente la contaminación.

**Palabras clave:** Polvo de ladrillo, Sustitución parcial, concreto, cemento, propiedades físicas y mecánicas.

### Abstract

The construction sector in the country generated contamination due to the inadequate disposal of waste and demolition materials, damaging the environment. The objective of this project was to evaluate the partial substitution of cement by recycled brick dust on the properties of concrete. Cement substitution percentages of 0% (base concrete), 5%, 10% and 15% were used. First, material properties were determined and then a mix design was developed according to ACI methodology. Subsequently, the mechanical properties in the hardened state were analyzed using specimens and the physical properties in the fresh state. The research had an experimental design and a quantitative approach. The results indicated that the brick dust decreased workability, reducing water and making it less workable. It also reduced the compressive strength, obtaining lower strengths with respect to the standard concrete. However, with certain substitution percentages such as 5% and 15%, compressive strengths higher than the design were achieved at 28 days of curing. These findings indicated that recycled brick dust can be used in low-strength concrete, significantly reducing contamination.

**Keywords:** Brick dust, substitution, concrete, cement, physical and mechanical properties.

## Capítulo I. Introducción

### Realidad Problemática

En 2022, el sector constructivo en Perú creció un 6.02%, impulsado principalmente por el desarrollo de obras públicas, representando un incremento del 21.41%. A nivel nacional, regional y local, se observaron aumentos del 25.2%, 23.6% y 18.8%, respectivamente, junto con un incremento en la actividad de obras privadas (INEI, 2022). A nivel global, se generan cerca de 210 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (Banco Mundial, 2018). Además, el consumo de innumerables materias primas está llevando a su disminución progresiva (Chicama, Quiroz, Muñoz, & Villena, 2022). En el Perú, solo en Lima se generan diariamente alrededor de 19 mil toneladas de residuos sólidos (Defensoría del Pueblo, 2017), lo que provoca pérdidas de ecosistemas y la contaminación del suelo, agua y aire (Secretaría Distrital del Ambiente, 2021). Estos residuos representan el 23% de la contaminación ambiental y el 40% de la contaminación del agua, siendo grandes contaminantes a largo plazo que afectan la salud de las personas (Dobrowolska, 2021).

Otro problema futuro es la sobreexplotación de materias primas para la elaboración de ladrillos (Zabalza, Díaz, Aranda, & Scarpellini, 2020). Anualmente, se consume alrededor de un 40% en agregados (Dobrowolska, 2021), lo que podría llevarnos a quedarnos sin algunas materias primas en el futuro (Uriol, 2024). En respuesta a esta situación, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) aprobó el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición (El Peruano, 2022); sin embargo, muchas personas y empresas desconocen su existencia. La solución propuesta es promover el cumplimiento de este reglamento mediante charlas (Romero, 2023).

Reciclar ladrillos puede reducir la contaminación y la sobreexplotación de recursos (Moreira, 2020). Jeonghyun, Nader, Alena, & Nambo (2023) sugieren usarlos como sustituto del cemento. Los áridos reciclados en el concreto son una innovación (Sadowska, 2021), útiles en aplicaciones donde no

se requieren altas resistencias (Chicama et al., 2022). Aunque aún no existe una normativa específica, se recomienda para muros de contención y pavimentos (Ortiz, Mena, Segura, & Aguado, 2017).

La variable independiente del polvo de ladrillo reciclado se define como unidades de albañilería reutilizadas en polvo (Mimbela, Muñoz & Rodríguez, 2021). Amakye (2021) lo describe como ladrillos molidos hasta la finura del cemento para sustituir parcialmente. O'Farell (2001) lo considera residuos igual que polvillo de ladrillo cocidos, y Arif (2021) menciona ladrillos desintegrados y triturados.

Harmsen (2019) define el diseño de mezcla como la dosificación de materiales del concreto. Lima (2022) especificó el volumen de material por volumen del cemento, mientras que Becker (2021) menciona que incluye partículas de diferentes tamaños y pasta. Hosein, Saradar, Jabbari, & Mohtasham (2023) definen la relación de agregados, y Suvash, Ullah, Adewumi, & Jihad (2023) junto con Asim, Bahurudeen, & Santhosh (2023) discuten el reemplazo de agregados según el peso y la resistencia.

Las propiedades físicas del concreto, según Liang, Guan, Cao, Tang, He, Cheira, & Rashad (2023), son las características esenciales del material. Yuan, Sun, Song, & Wang (2023) las describen como la composición de agentes en la mezcla, y Kalkan & Gündüz (2023) destacan los caracteres únicos de los compuestos del cemento. Rahhal, Trezza, Tironi, Castellano, Pavlikona, Pokorny, Irassar, Jankovsky, & Pavlik (2019) definen la consistencia como el grado de fluidez, mientras Yan, Li, Zhao, & Qu (2023) asocian la temperatura como control de la mezcla en estado fresco. Zhao, Geng, & Liu (2023) señalan que las bajas temperaturas afectan las propiedades del concreto.

Rengifo (2020) define las propiedades mecánicas como parámetros medibles en ensayos. Kalkan et al. (2023) destacan la capacidad del concreto para resistir propiedades estructurales, influenciada por la unión entre pasta y agregados. Rahhal et al. (2019) describen como capacidad para soportar cargas. Scherer & Zorzi (2023) afirman que esta propiedad asegura la calidad del concreto.

## Antecedentes

### Antecedentes internacionales

Antes de desarrollar el concreto, se realizaron estudios de los agregados. Chavarry (2018) encontró un módulo de finura (M.F.) de 2.199, con contenidos de humedad de 0.68% y 0.13%. Los pesos unitarios sueltos fueron  $1684\text{ kg/m}^3$  y  $1420\text{ kg/m}^3$ , y los pesos unitarios compactados fueron  $1907\text{ kg/m}^3$  y  $1529\text{ kg/m}^3$ . Los pesos específicos fueron  $2.682\text{ g/cm}^3$  y  $2.692\text{ g/cm}^3$  para el agregado fino y grueso, respectivamente. La norma ASTM C136 / NTP 400.012 establece que el M.F. ronda entre 2.3 y 3. Posteriormente, por ACI se diseñó la mezcla. Manguinuri y Quispe (2023) obtuvieron proporciones de 1:2.5:2.6 y 224 litros de agua por metro cúbico de concreto.

De acuerdo con Arif, Khitab, Kirgiz, Khan, Tayyab, Khan, Anwar, & Arshad (2021), se desarrolló un concreto sustituyendo parcialmente el cemento con porcentajes de polvo proveniente de ladrillos. Los asentamientos obtenidos fueron de 1.85" al 0%, 2.05" al 5% y 2.4" al 10%. En cuanto a la resistencia a la compresión, fueron: al 0%,  $281.44\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días; al 5%,  $296.74\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días; y al 10%,  $308.97\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días.

En el estudio de Rahhal et al. (2019), se trabajó con ladrillo de arcilla proveniente de Argentina, incorporándolo en diferentes porcentajes al concreto. Los asentamientos obtenidos fueron de 3.3", 3.07", 3.07" y 2.87" para los porcentajes de 0%, 8%, 16% y 24%, respectivamente. En cuanto a la resistencia a la compresión, se midieron valores a los 7 y 28 días. Para el 0% de adición, se obtuvo una resistencia de  $274.93\text{ kgf/cm}^2$  y  $377.29\text{ kgf/cm}^2$ ; al 8%,  $254.93\text{ kgf/cm}^2$  y  $367.1\text{ kgf/cm}^2$ ; al 16%,  $224.34\text{ kgf/cm}^2$  y  $356.9\text{ kgf/cm}^2$  y al 24%,  $193.75\text{ kgf/cm}^2$  y  $326.31\text{ kgf/cm}^2$ .

Asimismo, en el estudio de Silva, Gordillo, & Delvasto (2019), se reemplazó el cemento por polvo de ladrillos de arcilla provenientes de desechos de construcción. La resistencia a la compresión se midió a los 7 y 28 días, obteniéndose los siguientes resultados: al 0% de reemplazo,  $356.9\text{ kgf/cm}^2$

y  $458.87\text{ kgf/cm}^2$ ; al 12.5%,  $305.91\text{ kgf/cm}^2$  y  $407.89\text{ kgf/cm}^2$ ; al 25%,  $275.32\text{ kgf/cm}^2$  y  $428.28\text{ kgf/cm}^2$ ; al 37.5%,  $239.63\text{ kgf/cm}^2$  y  $387.49\text{ kgf/cm}^2$ .

Aquino Rocha, Morales Ruiz y Toledo Filho (2024) desarrollaron una investigación en la que se utilizó cemento IP 40 – equivalente a Portland modificado con puzolana – y se incorporó polvo de ladrillo finamente tamizado mediante malla #100 ( $150\ \mu\text{m}$ ). El concreto se preparó en una mezcladora mecánica y se moldearon cilindros de  $10 \times 20\text{ cm}$  para evaluar la resistencia a la compresión en dos diseños de mezcla: concreto C20 y C25, orientados a aplicaciones que requerían alcanzar 20 MPa y 25 MPa, respectivamente. En el caso del concreto C20, destinado a suelos domésticos, cimentaciones de estructuras ligeras y bases para talleres y garajes, se registraron asentamientos de 1.8 pulgadas en la mezcla sin sustitución, 1.7 pulgadas al 5% y 1.18 pulgadas al 10% de reemplazo. Por su parte, el concreto C25, empleado en elementos estructurales principales, mostró valores de 1.6 pulgadas tanto a 0% como al 5% y de 1.0 pulgada a 10% de sustitución. Los ensayos mecánicos indicaron que, para el concreto C20, la resistencia a la compresión fue de  $169.17$ ,  $170.90$  y  $150.20\text{ kgf/cm}^2$  a los 7 días, y de  $231.99$ ,  $228.21$  y  $214.24\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días, mientras que en el concreto C25 se obtuvieron  $219.03$ ,  $228.72$  y  $194.26\text{ kgf/cm}^2$  a los 7 días y  $276.04$ ,  $269.61$  y  $258.80\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días. Aunque no se determinó con certeza si el polvo de ladrillo procedía de fuentes artesanales o industriales, se planteó que era probable tratarse de una combinación de ambos, dada la heterogeneidad típica de los residuos de construcción.

### **Antecedentes nacionales**

Chumpitaz Carhuanina (2023) evaluó la influencia del polvo de ladrillo de arcilla reciclado en concreto con resistencia característica de  $210\text{ kg/cm}^2$ . En este estudio se recolectaron ladrillos priorizando aquellos de 18 huecos, secos y limpios provenientes de actividades de demolición y construcción. Se utilizó cemento SOL Portland tipo I y se determinaron las propiedades físicas de los agregados TMN  $\frac{1}{2}$ ", se obtuvo que el Ag. fino presentó 2.6% de humedad natural mientras

que el Ag. grueso presentó 0.4%. el P.E del Ag. fino es de  $2.667\text{ g/cm}^3$  y presentó una absorción de 1.7%, mientras que el Ag. grueso tuvo un P.E. de  $2.611\text{ g/cm}^3$  y una absorción de 0.7%. Luego se realizó el ensayo del peso unitario suelto y compactado de los agregados según lo especificado en la NTP 400.017. Según los resultados obtenidos, el Ag. fino tuvo un valor de  $1418\text{ kg/m}^3$  de PUS y  $1686\text{ kg/m}^3$  de PUC, mientras que, el Ag. grueso fue de  $1445\text{ kg/m}^3$  de PUS y  $1519\text{ kg/m}^3$  de PUC. Se realizó de acuerdo con el método ACI 211, con una relación de a/c de 0.60. Concretos 0% a 24.5% de sustitución 3.5 pulgadas el slump. En la evaluación de la resistencia a compresión la muestra patrón a los 7 días  $137.4\text{ kgf/cm}^2$ , 14 días  $137.4\text{ kgf/cm}^2$ ,  $168.9\text{ kgf/cm}^2$ ,  $212.1\text{ kgf/cm}^2$ . Al 16% de PL  $120.1\text{ kgf/cm}^2$ ,  $139.2\text{ kgf/cm}^2$ ,  $156.6\text{ kgf/cm}^2$ . Al 21% PL  $133.9\text{ kgf/cm}^2$ ,  $148.8\text{ kgf/cm}^2$ ,  $174.0\text{ kgf/cm}^2$ , y al 24.5 PL  $116.9\text{ kgf/cm}^2$ ,  $139.2\text{ kgf/cm}^2$ ,  $156.0\text{ kgf/cm}^2$ . Lo cual evidenció que la sustitución excesiva comprometía la resistencia mecánica del material.

En el estudio de Rojas Pariona (2021), se trabajó con piedra gruesa de  $\frac{1}{2}$ " , donde el agregado fino presentó un contenido de humedad del 1.40% y el agregado grueso del 0.21%. Asimismo, se determinaron densidades relativas de  $2.64\text{ g/cm}^3$  para el agregado fino y  $2.67\text{ g/cm}^3$  para el grueso, con absorciones de 1.48% y 0.77% respectivamente. En cuanto al peso unitario, el agregado fino mostró un valor de  $1642.35\text{ kg/m}^3$  (compactado) y  $1575.07\text{ kg/m}^3$  (suelto), mientras que el agregado grueso registró  $1557.37\text{ kg/m}^3$  (compactado) y  $1425.07\text{ kg/m}^3$  (suelto). El estudio utilizó ladrillos King Kong de 18 huecos (ladrillo industrial) y cemento Portland Tipo I para diseñar un concreto con  $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$ , siguiendo el método de diseño de mezcla ACI 211. Se evaluaron mezclas en las cuales se reemplazó parte del cemento por polvo de ladrillo en porcentajes de 0%, 5%, 15%, 25% y 35%. Los ensayos de asentamiento arrojaron resultados de 4.5", 5.0", 5.25", 5.3" y 5.0" respectivamente. En cuanto a la resistencia a la compresión, a los 7 días se obtuvieron los siguientes valores:  $207.78\text{ kgf/cm}^2$  (0%),  $184.27\text{ kgf/cm}^2$  (5%),  $146.65\text{ kgf/cm}^2$  (15%),  $101.65\text{ kgf/cm}^2$  (25%) y  $68.28\text{ kgf/cm}^2$  (35%). A los 14 días, las resistencias fueron de  $247.27\text{ kgf/cm}^2$ ,  $205.22\text{ kgf/cm}^2$ ,  $158.58\text{ kgf/cm}^2$ ,  $115.53\text{ kgf/cm}^2$  y  $81.18\text{ kgf/cm}^2$ , y a los 28 días se

registraron  $284.99\text{ kgf/cm}^2$ ,  $242.01\text{ kgf/cm}^2$ ,  $181.24\text{ kgf/cm}^2$ ,  $146.91\text{ kgf/cm}^2$  y  $97.29\text{ kgf/cm}^2$ , para cada uno de los porcentajes de sustitución en el mismo orden. Los porcentajes de 5% y 15% presentan una resistencia considerable, sin embargo, al 25% y 35% de polvo de ladrillo disminuye considerablemente, y no llegan a la resistencia esperada.

En el estudio de Jave y Ocampo (2024), se evaluó el desempeño del concreto para pavimento rígido mediante un diseño mezcla ACI 211, incorporando polvo de ladrillo reciclado. El ensayo a la compresión arrojó una resistencia promedio de  $130.70\text{ kgf/cm}^2$  a los 7 días,  $172.183\text{ kgf/cm}^2$  a los 14 días y  $225.893\text{ kgf/cm}^2$  a los 28 días. Con la incorporación de polvo de ladrillo, se obtuvieron los siguientes resultados: 4% de sustitución: 7 días:  $108.007\text{ kgf/cm}^2$ , 14 días:  $146.183\text{ kgf/cm}^2$ , 28 días:  $186.82\text{ kgf/cm}^2$ . 6% de sustitución: 7 días:  $123.097\text{ kgf/cm}^2$ , 14 días:  $168.297\text{ kgf/cm}^2$ , 28 días:  $199.903\text{ kgf/cm}^2$ . 8% de sustitución: 7 días:  $144.077\text{ kgf/cm}^2$ , 14 días:  $179.72\text{ kgf/cm}^2$ . 28 días:  $235.90\text{ kgf/cm}^2$ . En cuanto a las propiedades físicas de los agregados, para el agregado fino se reportó un peso unitario suelto de  $1.6\text{ g/cm}^3$  y uno compactado de  $1.76\text{ g/cm}^3$ , con un contenido de humedad del 0.12%, peso específico saturado de  $2.57\text{ g/cm}^3$ , peso aparente de  $2.61\text{ g/cm}^3$  y una absorción del 0.97%. Para el agregado grueso se determinó un peso unitario suelto de  $1.54\text{ g/cm}^3$  y uno compactado de  $1.65\text{ g/cm}^3$ , con un contenido de humedad de 0.05%, peso específico saturado de  $2.59\text{ g/cm}^3$ , peso aparente de  $2.64\text{ g/cm}^3$  y una absorción del 1.33%. La trabajabilidad presentó un slump de 3.30 pulgadas, 5.38 pulgadas para el 4% de sustitución, 6.50 pulgadas para el 6% y 7.63 pulgadas para el 8%. Se empleó cemento Portland tipo MS, con una relación agua/cemento de 0.6 y un factor de cemento de 8.82 bolsas patrón. Los ladrillos fueron reciclados provenientes de diversos sitios de demolición y construcción, sin especificar si se trató de ladrillos artesanales o industriales.

En el estudio de Chirinos Lavan y Moreno Cuadros (2024) se diseñó un concreto con  $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$  para columnas en edificaciones multifamiliares, incorporando polvo de ladrillo de arcilla como

reemplazo parcial del cemento. El diseño de mezcla se realizó siguiendo el método ACI 211, utilizando cemento Portland Tipo I, una relación agua/cemento de 0.61. En cuanto a las características físicas de los agregados, se reportó que el agregado fino presentó un contenido de humedad del 1.2% y el grueso del 0.2%. Para el agregado fino se determinó un peso unitario compactado de  $1760\text{ kg/m}^3$  y un peso unitario suelto de  $1570\text{ kg/m}^3$ ; en el caso del agregado grueso, se obtuvo un peso unitario compactado de  $1530\text{ kg/m}^3$  y suelto de  $1400\text{ kg/m}^3$ . Adicionalmente, para el agregado grueso se registró un peso específico saturado de  $2.69\text{ g/cm}^3$ , un peso específico seco de  $2.68\text{ g/cm}^3$  y una absorción del 0.5%, mientras que para el agregado fino se reportaron un peso específico bulk (base saturada) de  $2.68\text{ g/cm}^3$ , un peso específico bulk (base seca) de  $2.65\text{ g/cm}^3$  y una absorción del 1.2%, lo cual indica resultados óptimos para la dosificación de agregados. Con el concreto se constató que las temperaturas registrando  $30.2^\circ\text{C}$  a 0%,  $29.8^\circ\text{C}$  a 4%,  $30.7^\circ\text{C}$  a 6% y  $31.2^\circ\text{C}$  a 8%, manteniéndose un slump constante de 3 pulgadas en todas las mezclas. En los ensayos de resistencia a la compresión, se obtuvieron los siguientes resultados: A los 7 días: 0% de sustitución:  $179.33\text{ kgf/cm}^2$ , 4% de sustitución:  $171.67\text{ kgf/cm}^2$ , 6% de sustitución:  $162\text{ kgf/cm}^2$ , 8% de sustitución:  $153.67\text{ kgf/cm}^2$ . A los 14 días: 0%:  $204.67\text{ kgf/cm}^2$ , 4%:  $196.67\text{ kgf/cm}^2$ , 6%:  $187\text{ kgf/cm}^2$ , 8%:  $179.67\text{ kgf/cm}^2$ . A los 28 días: 0%:  $227.67\text{ kgf/cm}^2$ , 4%:  $219.67\text{ kgf/cm}^2$ , 6%:  $209.33\text{ kgf/cm}^2$ , 8%:  $201\text{ kgf/cm}^2$ . El polvo de ladrillo utilizado se obtuvo a partir de ladrillos pandereta sobrantes de edificaciones, complementados en un 20% con material de origen industrial, y fue tamizado con malla #200 para alcanzar la finura requerida. Concluye que al 4% es la mejor opción superando todos sus ensayos.

De la misma manera Cieza Carranza y Llaja Silva (2022) evaluaron las características físicas de los agregados y las propiedades mecánicas del concreto, cuyo diseño se realizó bajo el método ACI, con un concreto hidráulico de  $f'c = 210\text{ kgf/cm}^2$ , empleando cemento tipo ICO y una relación agua/cemento de 0.56. En cuanto a los agregados, se utilizó agregado grueso con diámetro nominal de  $\frac{3}{4}$ " y un contenido de humedad del 0.75%, mientras que para el agregado fino se reportó un

contenido de humedad del 3.82%. Las absorciones fueron del 0.85% para el agregado grueso y del 1.97% para el fino. Se determinaron los pesos unitarios: para el agregado fino, peso unitario suelto fue de  $1454.80\text{ kg/m}^3$  y el compactado de  $1583.10\text{ kg/m}^3$ ; mientras que para el agregado grueso se registraron  $1350.59\text{ kg/m}^3$  (suelto) y  $1518.47\text{ kg/m}^3$  (compactado). La trabajabilidad de las mezclas se mantuvo entre 4 y 6 pulgadas (medido mediante el asentamiento). En cuanto a la resistencia a la compresión, los ensayos se realizaron a los 7, 14 y 28 días, obteniéndose los siguientes resultados: A los 7 días 0% de sustitución:  $114.9\text{ kgf/cm}^2$ , 1.5%:  $153\text{ kgf/cm}^2$ , 2.5%:  $146.4\text{ kgf/cm}^2$ , 5%:  $129.5\text{ kgf/cm}^2$ . A los 14 días: 0%:  $172.3\text{ kgf/cm}^2$ , 1.5%:  $183.7\text{ kgf/cm}^2$ , 2.5%:  $174\text{ kgf/cm}^2$ , 5%:  $148.8\text{ kgf/cm}^2$ . A los 28 días: 0%:  $221.1\text{ kgf/cm}^2$ , 1.5%:  $228.4\text{ kgf/cm}^2$ , 2.5%:  $223.1\text{ kgf/cm}^2$ , 5%:  $173.4\text{ kgf/cm}^2$ . Estos resultados permiten evidenciar la influencia que tiene la sustitución, sus resultados señalan que al incorporar polvo de ladrillo al 1.5% y 2.5% se obtiene resultados superiores a la muestra patrón.

## **Formulación del problema**

### **El problema general**

¿De qué manera influye la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2025?

### **Problemas específicos**

¿De qué manera se determinan las propiedades físicas de los agregados y el proceso para elaborar el polvo de ladrillo reciclado?

¿De qué modo se elaboró el diseño de mezcla estándar y con porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% de polvo de ladrillo?

¿De qué manera se determina la consistencia y temperatura del concreto en estado fresco base

y para los porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% por polvo de ladrillo reciclado.?

¿En qué medida influye la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en la resistencia a la compresión para un concreto 210 kgf/cm<sup>2</sup>?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la influencia del polvillo de ladrillo reciclado por sustitución parcial al 5%, 10% y 15% del cemento en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2025.

### **Objetivos específicos**

Obtener las propiedades físicas de los agregados y elaborar el polvo de ladrillos de arcilla reciclados.

Elaborar un diseño de mezcla base por método ACI, y sustituir al cemento por porcentajes de 5%,10% y 15% de polvo de ladrillo reciclado.

Determinar la consistencia y temperatura del concreto en estado fresco base y para los porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% por polvo de ladrillo reciclado.

Determinar de qué manera influye la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en la resistencia a la compresión para un concreto 210 kgf/cm<sup>2</sup> mediante la ruptura de probetas cilíndricas.

## **Hipótesis**

La Hipótesis general de nuestra investigación es la sustitución del cemento por polvo de ladrillo influirá positivamente sobre las propiedades físicas-mecánicas del concreto  $f'c=210\text{ kgf/cm}^2$ .

La Hipótesis nula de nuestra investigación es la sustitución del cemento por polvo de ladrillo no

influirá positivamente sobre las propiedades físicas-mecánicas del concreto  $f'c=210\text{ kgf/cm}^2$ .

### **Justificación**

Esta investigación se justifica teóricamente debido a que se pretende aportar conocimientos sobre el reciclaje y uso de ladrillos de demolición en concreto de  $210\text{ kgf/cm}^2$ . También se justifica legalmente el uso de Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el diseño de mezcla por ACI para validar los ensayos. Por último, se justifica tecnológicamente ya que se empleará la tecnología para producir y ensayar un nuevo concreto, buscando su aplicación en el sector constructivo.

## Capítulo II. Metodología

### Diseño

Esta investigación se realizó en un laboratorio con el objetivo de evaluar la influencia del polvillo de ladrillo reciclado como sustituto parcial del cemento en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Para ello, se diseñó un experimento con un enfoque cuantitativo y un método experimental predictivo, lo cual permitió medir y analizar de manera numérica las variables involucradas.

Se estableció un diseño experimental sin aleatorización de la población, donde se manipularon las variables independientes mediante la adición de diferentes porcentajes de polvo de ladrillo al cemento. Este diseño permitió observar y comparar los efectos de las distintas proporciones de sustitución en las propiedades del concreto.

Esta metodología deductivo-inductivo experimental permitió verificar la hipótesis de que el polvo de ladrillo reciclado podía ser utilizado como un sustituto parcial viable del cemento, influyendo positivamente en ciertas propiedades del concreto. Las conclusiones extraídas de estos datos experimentales proporcionaron una base sólida para validar los objetivos planteados en esta investigación.

### Población

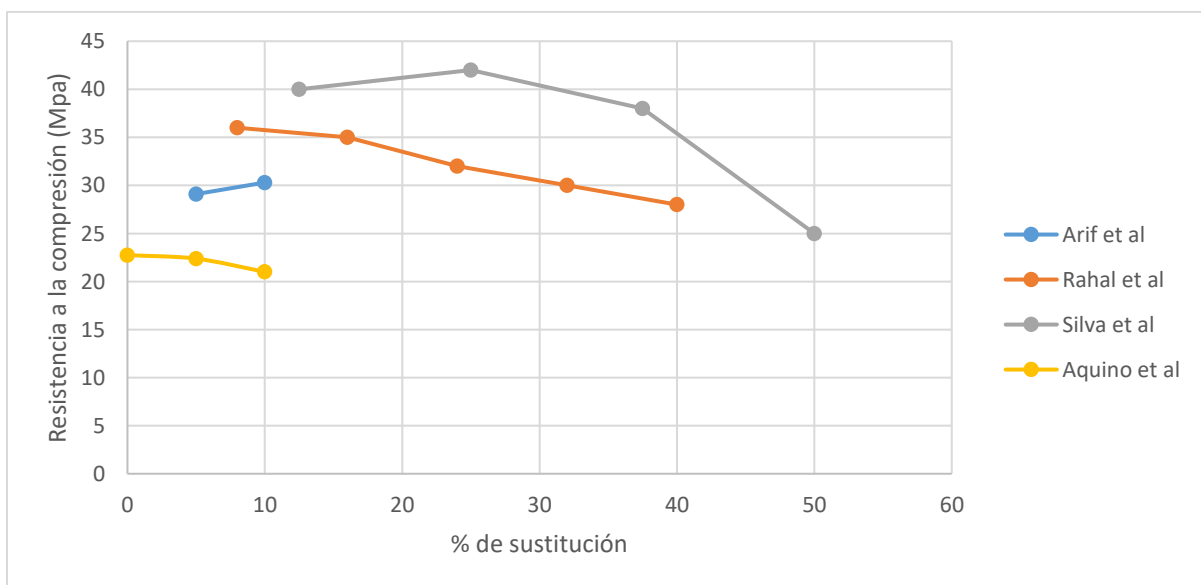
La población estuvo conformada por concreto con una resistencia de  $210\text{ kgf/cm}^2$ . Este concreto fue seleccionado teniendo en cuenta los diseños utilizados en la construcción, siendo el más usado el concreto con resistencia a la compresión de  $210\text{ kgf/cm}^2$ , el cual, a partir de esa resistencia, pudo ser utilizado de forma estructural.

## Muestra

La población estuvo dividida en 96 ensayos. Antes de analizar la muestra, se procedió a calcular los porcentajes de sustitución del diseño de mezcla, basándose en los antecedentes mencionados.

**Figura 1.**

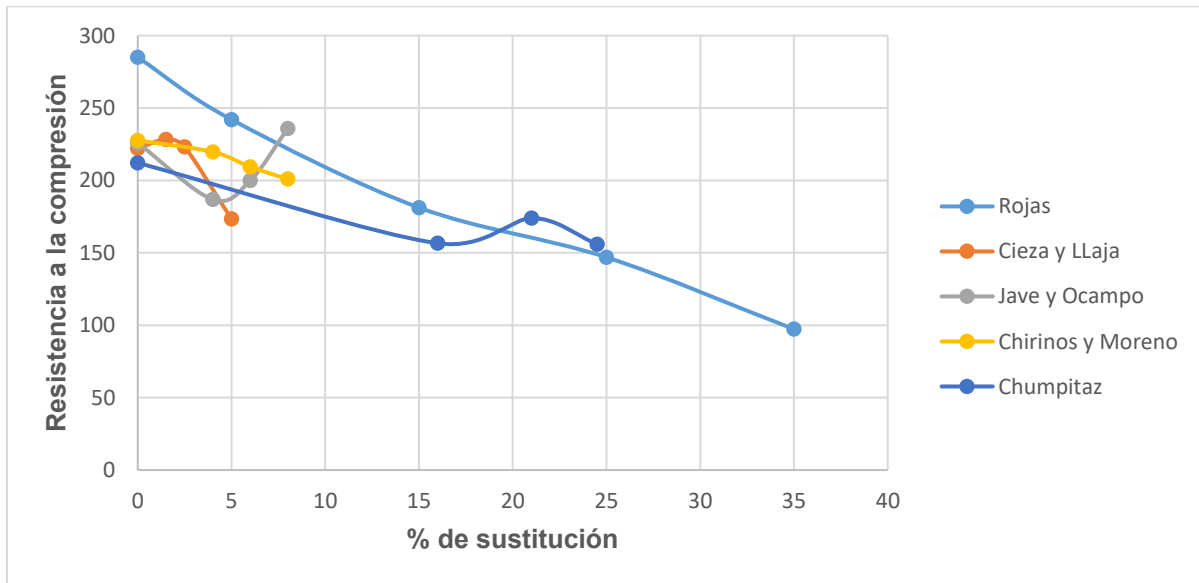
*Patrones porcentuales según antecedentes Internacionales de resistencia a la compresión*



*Nota.* Resultados de resistencia a compresión de autores Internacionales en su diseño de mezcla de acuerdo a porcentajes de sustitución parcial por polvillo de ladrillo.

**Figura 2.**

*Patrones porcentuales según antecedentes Nacionales de resistencia a la compresión*

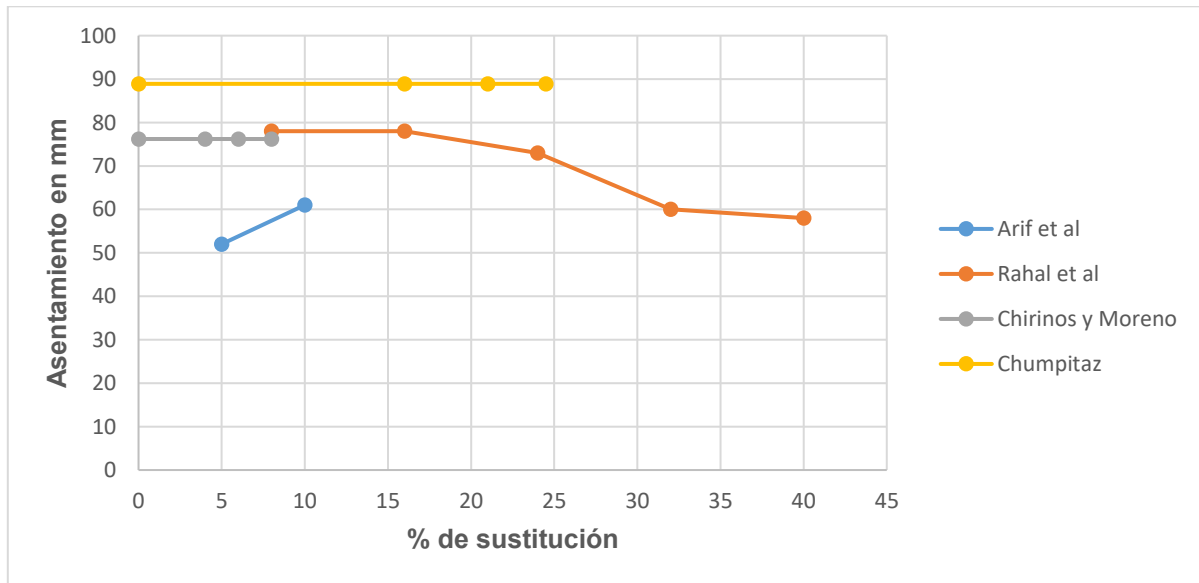


*Nota.* Resultados de resistencia a compresión de autores Nacionales de acuerdo con porcentajes de sustitución parcial por polvillo de ladrillo.

Tras analizar la figura 1, se observó un aumento en la resistencia a la compresión desde el 8%, alcanzando su máximo al 25% en los antecedentes internacionales. Sin embargo, el autor Rahhal identificó una pérdida de resistencia a la compresión al 25%. En la figura dos se observa una pérdida de resistencia a la compresión a medida que se aumenta el porcentaje, sin embargo, la pérdida de resistencia no es muy significativa para bajos porcentajes, de lo analizado optamos por porcentajes de 5%, 10% y 15%.

**Figura 3.**

*Patrones de porcentajes de acuerdo con antecedentes sobre trabajabilidad*



*Nota.* Resultados de resistencia a compresión de autores en su diseño de mezcla de acuerdo a porcentajes de sustitución parcial por polvillo de ladrillo.

Por otro lado, al analizar la figura 8, se seleccionaron los porcentajes de 5%, 10% y 15% debido a que entre el 5% y el 15% se observó una consistencia más fluida, mientras que mayores porcentajes afectaban la trabajabilidad. De esa manera corroboramos los porcentajes elegidos anteriormente.

Con los porcentajes definidos, se procedió a calcular la muestra basada en el número de niveles de porcentajes (0%, 5%, 10% y 15%), considerando un mínimo de 4 ensayos por cada ítem mencionado a continuación: la resistencia a la compresión se evaluó en 48 cilindros de concreto de 15 x 30 cm, ensayados a los 7, 14 y 28 días de curado según la NTP 339.034. La consistencia del concreto se determinó con 8 ensayos de trabajabilidad utilizando el cono de Abrams, siguiendo la NTP 339.232. La temperatura del concreto se analizó en 8 ensayos de laboratorio conforme a la NTP 339.184.

## Técnica e instrumentos

La técnica utilizada fue la observación de laboratorio. De acuerdo a Arias (2012), la observación implicó examinar meticulosamente un hecho o evento de forma sistemática, capturando visualmente los sucesos de acuerdo con objetivos predefinidos. Esta técnica se empleó para observar los ensayos en el laboratorio, registrar y analizar el comportamiento del concreto.

El instrumento de observación de laboratorio fue la ficha de observación (Protocolo). Según Arias (2020), la ficha de observación se utilizó para realizar un análisis exhaustivo de los objetivos específicos y obtener información detallada sobre ellos. Este instrumento se centró en medir una población predefinida según indicadores y criterios establecidos previamente. Su función fue registrar las mediciones de todos los ensayos de laboratorio realizados con el concreto en esta investigación.

## Procedimiento

**Trabajo de inicio**, Los agregados fueron traídos de la cantera Ramona, ubicada a 2650 m.s.n.m. en el distrito de Condebamba, Provincia de Cajamarca, en dirección a Cajabamba, siendo esta la fuente de materiales.

**Figura 4.**

*Ubicación de cantera de agregados*



*Nota.* Ubicación de la cantera por Google Earth.

Se utilizó agua potable de los grifos universitarios, sin impurezas ni contaminantes. También se empleó cemento Portland tipo I, adquirido en Sodimac de Cajamarca, asegurando su adecuada calidad para la investigación. Además, se utilizaron unidades de ladrillo artesanal recolectadas de una demolición, las cuales fueron trituradas y tamizadas con malla #200 para obtener polvo de ladrillo, usado como sustituto parcial del cemento.

**Trabajo de laboratorio:** Para evaluar las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos utilizados en este estudio, se realizaron los siguientes ensayos bajo condiciones controladas de laboratorio, de esa manera elaborar un diseño de mezcla correcto.

### **1. Granulometría:**

Se llevó a cabo el ensayo de granulometría de acuerdo con la norma ASTM C136/C136M-19a para los agregados gruesos y la norma ASTM C117/C117M-20 para los agregados finos. Las muestras fueron tamizadas utilizando una serie de tamices estándar de manera secuencial. Cada fracción obtenida fue pesada y se registraron los pesos acumulativos. Se determinó el porcentaje de masa retenida en cada tamiz y se calculó la distribución granulométrica utilizando métodos estadísticos. (Ver anexo 4)

## **2. Contenido de Humedad:**

El contenido de humedad de los agregados se determinó conforme a la norma ASTM C566/C566M-19 para los agregados gruesos y la norma ASTM C70/C70M-20 para los agregados finos. Se tomó una muestra representativa de cada tipo de agregado y se pesó inicialmente. Las muestras fueron secadas en un horno a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$  hasta alcanzar peso constante. Se calculó el contenido de humedad como la diferencia entre el peso inicial y el peso seco de cada muestra de agregado. (Ver anexo 4)

## **3. Peso Específico:**

El peso específico de los agregados se determinó utilizando canastilla hidráulica según la norma ASTM C128/C128M-19 para los agregados gruesos, se sumergieron en agua, se secaron superficialmente y se registró su peso. También se realizó el peso aparente por medio de una canastilla, sumergiéndola en agua y la norma ASTM C127/C127M-15 para los agregados finos. Se llenó el picnómetro con agua a una temperatura controlada y se pesó. Se repitió el procedimiento con las muestras de agregado sumergidas en agua para calcular el peso específico por diferencia. Todos estos datos fueron muy importantes para hallar el porcentaje de absorción, la densidad y la cantidad de vacíos en el concreto. (Ver anexo 4)

## **4. Peso Unitario:**

El peso unitario de los agregados se determinó según la norma ASTM C29/C29M-17 para agregados gruesos y ASTM C128/C128M-19 para agregados finos. Se utilizó un recipiente de volumen conocido para medir el volumen de cada agregado suelto y compactado. Luego, se pesaron las muestras de cada tipo de agregado. (Ver anexo 4)

#### **5. Tamizado de polvo de ladrillo por malla #200:**

Primero, se recolectaron muestras de ladrillo reciclado de demoliciones y se transportaron al laboratorio. Estas muestras se trituraron con canto rodado para reducirlas a partículas más pequeñas, adecuadas para el tamizado. Luego, la muestra retenida por la cazoleta se pesó en una balanza para usarla como sustituto del cemento según diseño de mezcla. (Ver anexo 4)

#### **6. Diseño de mezcla:**

Para el diseño de la mezcla de concreto, se utilizó el método del American Concrete Institute (ACI), siguiendo las especificaciones de la norma ACI 211.1-91. Se definieron las propiedades requeridas del concreto, incluyendo resistencia a la compresión, durabilidad y trabajabilidad. Luego, se seleccionaron los materiales, que incluyeron cemento, agregados gruesos y finos), agua y polvo de ladrillo, verificando que cumplieran con las normas ASTM pertinentes. Finalmente, se evaluaron los resultados de las mezclas de prueba y se realizaron los ajustes necesarios para optimizar la mezcla final. (Ver figura 16)

#### **7. Ensayos de concreto en estado fresco:**

El diseño calculado anteriormente se utilizó para trabajar con las proporciones y mezclarlas en el trompo. En estado fresco, se llevó a cabo el ensayo "Slump" (Cono de Abrams) para evaluar la trabajabilidad del concreto mediante la medición del asentamiento. (Ver anexo 4)

La temperatura se verificó cuando el concreto estaba en estado fresco, con el objetivo de mantener un control adecuado del secado o la evaporación del agua de la mezcla. Se consideró que una temperatura más alta podría acelerar el secado del concreto. (Ver anexo 4)

### **8. Ensayos de concreto en estado seco:**

Para realizar las pruebas de resistencia a compresión, se prepararon probetas. Una vez que el concreto estuvo en estado seco, se llevaron a la máquina de compresión de marca FORNEY para aplicar cargas y medir su resistencia. Estas pruebas se llevaron a cabo en testigos a las edades de 7, 14 y 28 días. (Ver anexo 4)

### **Análisis de Datos**

Después de realizar todos los ensayos, se procesaron y analizaron estadísticamente los datos recolectados utilizando software especializado, asegurando la fiabilidad de las conclusiones. Los resultados se añadieron a los protocolos de laboratorio, que fueron revisados y aprobados por el laboratorista e ingeniero tras analizar la información cuantitativa obtenida.

### **Aspectos Éticos**

En esta investigación, se respetaron los derechos humanos nacionales e internacionales, cumpliendo con la Constitución Política del Perú y sus principios fundamentales. Además, se mantuvo un firme compromiso con la preservación del medio ambiente, protegiendo la flora y fauna en todo momento y contribuyendo a la salvaguardia del entorno natural.

En el ámbito académico, se adoptó una postura rigurosa contra la vulneración de la integridad intelectual, incorporando medidas efectivas para prevenir el plagio. Asimismo, se siguieron con diligencia las normativas institucionales de la UPN para asegurar los estándares y directrices académicas, alineándose con las expectativas y requisitos de la institución

educativa.

### **Capítulo III. Resultados**

## Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

**Tabla 1.**

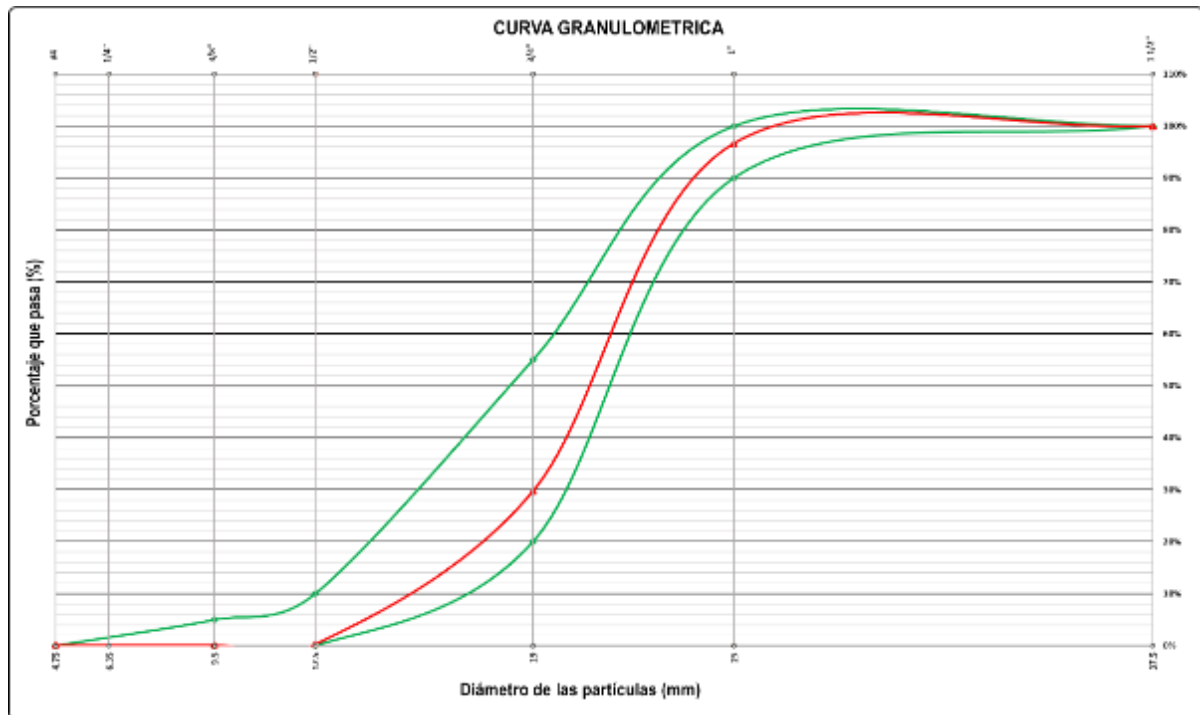
*Análisis granulométrico del agregado grueso*

*Nota.* El TMN del agregado grueso es 3/4", es el primer tamiz que retiene más de 5%.

**Figura 5.**

TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO CORREGIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE ACUMULADO (%)	USO AG 5 - ASTM C33	
						Límite inferior	Límite superior
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.00	168.28	3.37	3.37	96.63	90	100
3/4"	19.00	3342.28	66.85	70.21	29.79	20	55
1/2"	12.50	1472.08	29.44	99.65	0.35	0	10
3/8"	9.50	9.68	0.19	99.85	0.15	0	5
N° 4	4.75	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
Bandeja	12.00	7.68	0.15	<b>100.00</b>	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>5000.00</b>	<b>100.00</b>				

*Curva granulométrica del agregado grueso*



*Nota.* El agregado grueso está dentro de los usos granulométricos - Uso AG-5 ASTM C33.

**Tabla 2.**

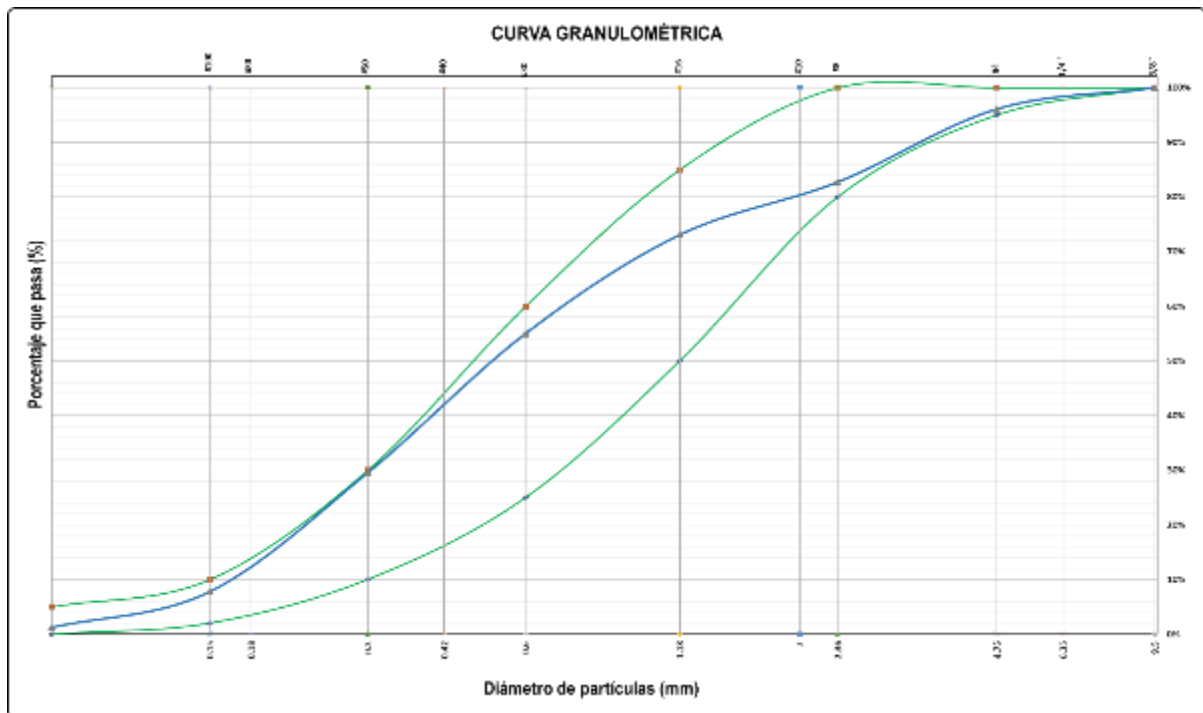
*Análisis granulométrico del agregado fino*

TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	PESO CORREGIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE ACUMULADO (%)	USO - ASTM C33	
						Límite inferior	Límite superior
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	26.80	27.01	3.89	3.89	96.113	95	100
N° 8	92.70	92.91	13.37	17.26	82.744	80	100
N° 16	66.90	67.11	9.66	26.91	73.087	50	85
N° 30	125.20	125.41	18.05	44.96	55.042	25	60
N° 50	176.80	177.01	25.47	70.43	29.572	10	30
N° 100	151.00	151.21	21.76	92.18	7.815	2	10
N°200	45.30	45.51	6.55	98.73	1.266	0	5
Bandeja	8.80	8.80	1.27	<b>100.00</b>	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>695.00</b>	<b>100.00</b>				

*Nota.* El agregado fino fue tamizado totalmente seco; el módulo de fineza calculado es 2.56.

**Figura 6.**

*Curva granulométrica del agregado fino*



*Nota.* El agregado fino dentro de los usos granulométricos.

**Tabla 3.**

*Contenido de humedad del agregado fino*

<b>ENSAYOS DE LABORATORIO DE AGREGADO FINO</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
MASA DE TARA (g)	80.5	73.1	73.4
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA+ TARA (g)	500	500	500
MASA DE LA MUESTRA SECA+ TARA (g)	479.1	479	479.2
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	419.5	426.9	426.6
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)	398.6	405.9	405.8
MASA DEL AGUA (g)	20.9	21	20.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.243	5.174	5.126
PROMEDIO (%)	<b>5.181</b>		

*Nota.* El agregado fino presentó un contenido elevado de humedad, pero en el rango permitido por la norma.

**Tabla 4.**

*Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>ENSAYOS DE LABORATORIO DE AGREGADO GRUESO</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
MASA DE TARA	179	160.8	160
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA+ TARA (g)	600.4	601.2	600.9
MASA DE LA MUESTRA SECA+ TARA (g)	597.1	598.7	597.7
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	421.4	440.4	440.9
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)	418.1	437.9	437.7
MASA DEL AGUA (g)	3.3	2.5	3.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.789	0.571	0.731
PROMEDIO (%)	<b>0.697</b>		

*Nota.* El agregado grueso presentó un contenido de humedad muy bajo en comparación con el agregado fino.

**Tabla 5.**

*Peso unitario del agregado grueso*

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO – A.G						
AGREGADO GRUESO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL:	3/4"	VOLUMEN MOLDE :	0.00945623	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	
A	Peso del molde + A.G Compactado	kg	19.81	19.947	19.933	RESULTADO
B	Peso del molde	kg	5.37	5.37	5.37	
C	Peso del AG Compactado (C=A-B)	kg	14.44	14.577	14.563	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D=C/Vol. Molde.	kg	1527.035	1541.523	1540.042	<b>1536.200</b>
E	Peso del molde + A.G Suelto	kg	18.509	18.886	18.741	
F	Peso del A.G Suelto (F=E-B)	kg	13.139	13.516	13.371	
G	PESO UNITARIO SUELTO D=F/Vol. Molde.	kg	1389.454	1429.322	1413.988	

*Nota.* Para calcular el volumen del molde, se realizaron 3 medidas en el laboratorio.

**Tabla 6.**

*Peso unitario del agregado fino*

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO – A.F						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	---	VOLUMEN MOLDE:	0.00945623	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	
A	Peso del molde + A.F Compactado	Kg	22.42	22.117	22.359	RESULTADO
B	Peso del molde	Kg	5.369	5.369	5.369	
C	Peso del A.F Compactado (C=A-B)	kg	17.051	16.748	16.99	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D=C/Vol. Molde.	kg	1803.14 9	1771.10 7	1796.699	<b>1790.318</b>
E	Peso del molde + A.F Suelto	kg	21.028	20.952	21.112	
F	Peso del A.F Suelto (F=E-B)	kg	15.659	15.583	15.743	
G	PESO UNITARIO SUELTO D=F/Vol. Molde.	kg	1655.94 5	1647.90 8	1664.828	

*Nota.* Para calcular el volumen del molde, se realizaron 3 medidas en el laboratorio.

**Tabla 7.**

*Peso específico y absorción de agregado grueso*

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS</b>						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso en el aire de la muestra seca al horno ( $W_s$ )	g	2934.00	2986.30	2968.30	<b>2962.87</b>
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca ( $W_{sss}$ )	g	3001.80	3002.40	3000.10	<b>3001.43</b>
C	Peso Sumergido en agua de la muestra saturada . (Utilizando canastilla hidráulica)	g	1831.30	1867.30	1848.70	<b>1849.10</b>
D	Peso específico aparente bulk (seco) $p.e.a(\text{seco}) = (A/B-C)$	$\text{g/cm}^3$	2.51	2.63	2.58	<b>2.57</b>
E	Peso específico aparente saturada (SSS) $p.e.a(SSS) = (B/B-C)$	$\text{g/cm}^3$	2.56	2.65	2.61	<b>2.61</b>
F	Peso específico nominal (seco) $p.e.s(\text{seco}) = (A/A-C)$	$\text{g/cm}^3$	2.66	2.67	2.65	<b>2.66</b>
G	Absorción $\%Abs = (B-A/A)*100$	%	2.31	0.54	1.07	<b>1.31</b>

*Nota.* El resultado del ensayo está dentro de los parámetros de la norma técnica de ensayos.

**Tabla 8.**

*Peso específico del agregado fino*

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS</b>						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra desecada ( $W_s$ )	g	497.50	496.10	499.67	<b>497.76</b>
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua	g	1429.33	1429.33	1429.33	<b>1429.33</b>
C	Peso del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	g	1740.10	1739.14	1741.29	<b>1740.18</b>
S	Peso de la muestra saturada superficie seca ( $W_{sss}$ )	g	500.00	500.00	500.00	<b>500.00</b>
T	Peso sumergido ( $W_{sum}$ )	g	310.77	309.81	311.96	<b>310.85</b>
E	Peso específico aparente (seco) Bulk $p.e.a(\text{seco}) = (A/B+S-C) (G_s)$	$\text{g/cm}^3$	2.63	2.61	2.66	<b>2.63</b>
F	Peso específico aparente (SSS) $p.e.s(SSS) = (S/B+S-C) (G_{sss})$	$\text{g/cm}^3$	2.64	2.63	2.66	<b>2.64</b>
G	Peso específico nominal (seco) $p.e.s(\text{seco}) = (A/B+A-C) (G_m)$	$\text{g/cm}^3$	2.66	2.66	2.66	<b>2.66</b>
H	Absorción $\%Abs = (S-A/A)*100$	%	0.50	0.79	0.07	<b>0.45</b>

*Nota.* El resultado del ensayo está dentro de los parámetros de la norma técnica de ensayos.

## Diseños de mezcla ACI

**Tabla 9.**

*Diseño de mezcla ACI estándar*

Datos Generales		Diseño de mezcla patrón		
		9. Volumen absoluto de los materiales para el concreto		
$f'c$ de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>	9.1 Vol. Absoluto del cemento	0.118	m <sup>3</sup>
Cemento	Pacasmayo - tipo I	9.2 Vol. Absoluto del A.G.	0.372	m <sup>3</sup>
Asentamiento	3" - 4"	9.3 Vol. Absoluto del agua	0.205	m <sup>3</sup>
Agregado	A.G. / A.F.	9.4 Vol. Absoluto del aire atrapado	0.02	m <sup>3</sup>
1.- Resistencia a la compresión requerida		9.5 Vol. Absoluto del A.F.	0.285	m <sup>3</sup>
$f'cr = 294$	kg/cm <sup>2</sup>	9.5.1. Peso del A.F.	758.07	kg
2.- Contenido de aire atrapado		10. Corrección de los agregados		
Porcentaje = 2	%	10.1. Por humedad		
3.- Relación agua - cemento (a/c)		10.1.1. Agr. Fino	797.35	kg
a/c = 0.56		10.1.2. Agr. Grueso	996.21	kg
4.- Peso del agua		10.2. Por humedad		
Peso agua = 205	kg	10.2.1. Agr. Fino	35.86	kg
5.- Peso del cemento		10.2.2. Agr. Grueso	-6.06	kg
c = 366.07	kg	12. Agua libre = 29.80	=	29.80
6.- Factor cemento (Fc)		13. Agua efectiva = 175.2	lt	
Fc = 8.61	bolsas	14. Cemento efectivo = 366.1	kg	
7.- Volumen del agregado grueso		15. Proporciones por probeta		
Vol. Agr. = 0.644	m <sup>3</sup>	( 0.3 m x 0.15 m)		
8.- Peso total del agregado grueso		Cemento	12.08	Kg
Peso total del A.G. = 989.31	kg	Agregado fino	26.31	Kg
		Agregado grueso	32.87	Kg
		Agua	5.78	Lt
		Vol. de probeta	0.03	m <sup>3</sup>
		6 probetas = 1 tanda	10 % desperdicio	

**Nota.** Diseño de mezcla elaborado siguiendo el método ACI (American Concrete Institute).

**Tabla 10**

*Diseño de mezcla ACI utilizando porcentajes de sustitución*

Datos Generales		Diseño de mezcla con 5%,10% y 15% de polvo de ladrillo en sustitución al cemento		
		9. Volumen absoluto de los materiales para el concreto		
$f'c$ de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>	9.1. Vol. Absoluto del cemento	0.118	m <sup>3</sup>
Cemento	Pacasmayo - tipo I	9.2. Vol. Absoluto del A.G.	0.372	m <sup>3</sup>
Asentamiento	3" - 4"	9.3. Vol. Absoluto del agua	0.205	m <sup>3</sup>
Agregado	A.G. / A.F.	9.4. Vol. Absoluto del aire atrapado	0.02	m <sup>3</sup>
1.- Resistencia a la compresión requerida		9.5. Vol. Absoluto del A.F.	0.285	m <sup>3</sup>
$f'cr = 294$	kg/cm <sup>2</sup>	9.5.1. Peso del A.F.	758.07	kg
2.- Contenido de aire atrapado		10. Corrección de los agregados		
Porcentaje = 2	%	10.1. Por humedad		
3.- Relación agua - cemento (a/c)		10.1.1. Agr. Fino	797.35	kg
a/c = 0.56		10.1.2. Agr. Grueso	996.21	kg
		10.2. Por humedad		
		10.2.1. Agr. Fino	35.86	kg

4.- Peso del agua		10.2.2. Agr. Grueso	-6.06	kg
Peso agua = 205	kg	11. Agua libre = 29.80 kg	=	29.80
5.- Peso del cemento		12. Agua efectiva = 175.2 lt		
c = 366.07	kg	13. Cemento efectivo = 366.1 kg		
6.- Factor cemento (Fc)		14. Proporciones por probeta	Vol. de probeta	0.03
Fc = 8.61	bolsas	( 0.3 m x 0.15 m)	6 probetas = 1 tanda	10 % desperdicio
7.- Volumen del agregado grueso		Cemento = 11.48 kg	+	<b>0.6 kg</b>
Vol. Agr. = 0.644	m <sup>3</sup>	Cemento = 10.87 kg	+	<b>1.21 kg</b>
8.- Peso total del agregado grueso		Cemento = 10.27 kg	+	<b>1.81 kg</b>
Peso total del A.G. = 989.31	kg	Nota. misma cantidad de agregados y agua.		

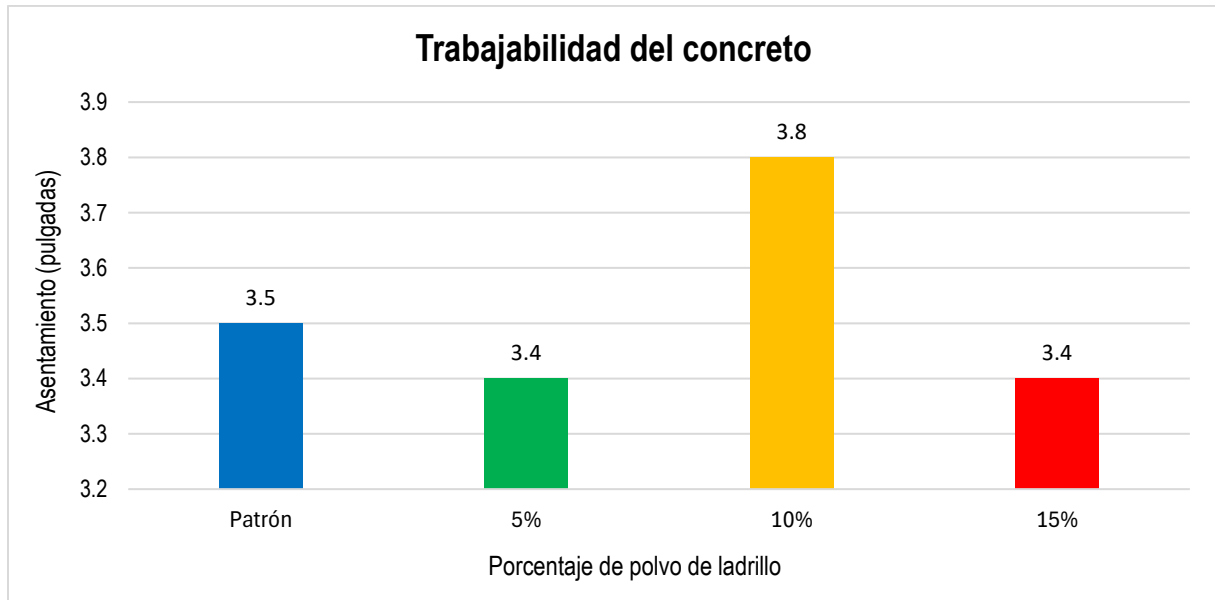
**Nota.** Diseño de mezcla elaborado siguiendo el método ACI (American Concrete Institute) con variaciones en los porcentajes de cemento.

En las tablas 3 y 4, se empleó el diseño de mezcla según ACI para la fabricación de especímenes de concreto utilizados en ensayos de compresión. Este ensayo permitió determinar la resistencia tanto de especímenes fabricados con concreto convencional como aquellos con adición de polvo de ladrillo. Los resultados numéricos fueron interpretados y presentados de manera precisa, asegurando su correcta comprensión. Además, se realizaron comparaciones más claras con estudios previos, como el de Chavarry (2018), donde se evidencian diferencias significativas en las proporciones utilizadas, particularmente en la cantidad de agua.

## Propiedades físicas del concreto

**Figura 7.**

*Slump del concreto en estado fresco*

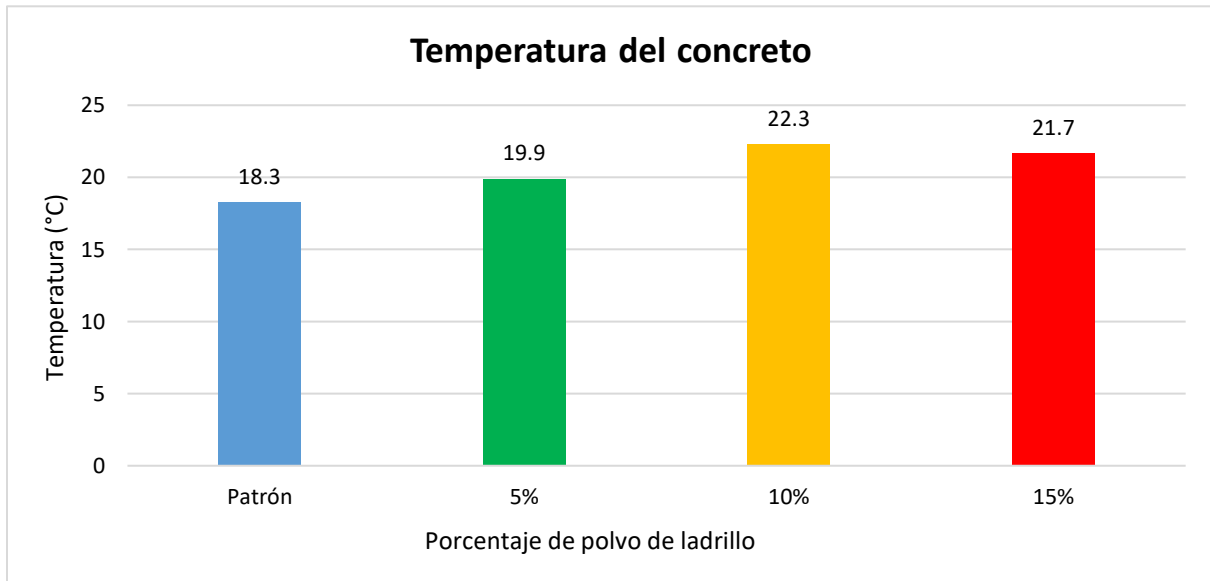


*Nota.* Para la muestra patrón no se utilizó la totalidad de agua de diseño para mantener la trabajabilidad de diseño (3”- 4”), sin embargo, con porcentajes se utilizó toda el agua de diseño.

En los resultados de la figura 2, se observó que la adición de polvo de ladrillo requirió un mayor contenido de agua en la mezcla en comparación con el concreto convencional. Estos hallazgos se asemejan a los reportados por Rahhal et al. (2019); sin embargo, los valores de Arif et al. (2021) difieren de los resultados obtenidos en este estudio. Esta diferencia se debe al diseño de asentamiento, lo cual podría haber influido en los resultados. Para asegurar la correcta interpretación y presentación de los resultados numéricos, se realizaron comparaciones más claras con estudios previos para contextualizar los resultados obtenidos.

**Figura 8.**

*Temperatura del concreto en estado fresco*



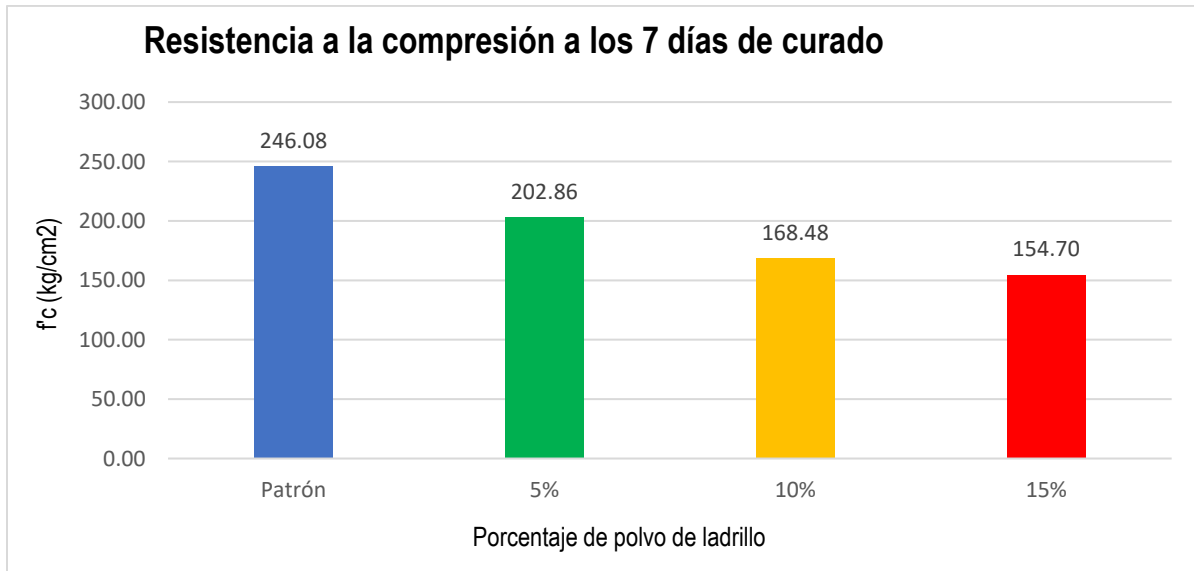
*Nota.* La temperatura fue tomada dentro de los 2.5 minutos en promedio.

En los resultados de la figura 3, se observó que al adicionar polvo de ladrillo en un 15% de sustitución, la temperatura disminuyó. Por otro lado, la temperatura incrementó al sustituir el 10% con polvo de ladrillo, lo que resultó en un menor tiempo de fraguado en la mezcla.

## Propiedades mecánicas del concreto

**Figura 9.**

*Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 7 días de curado*

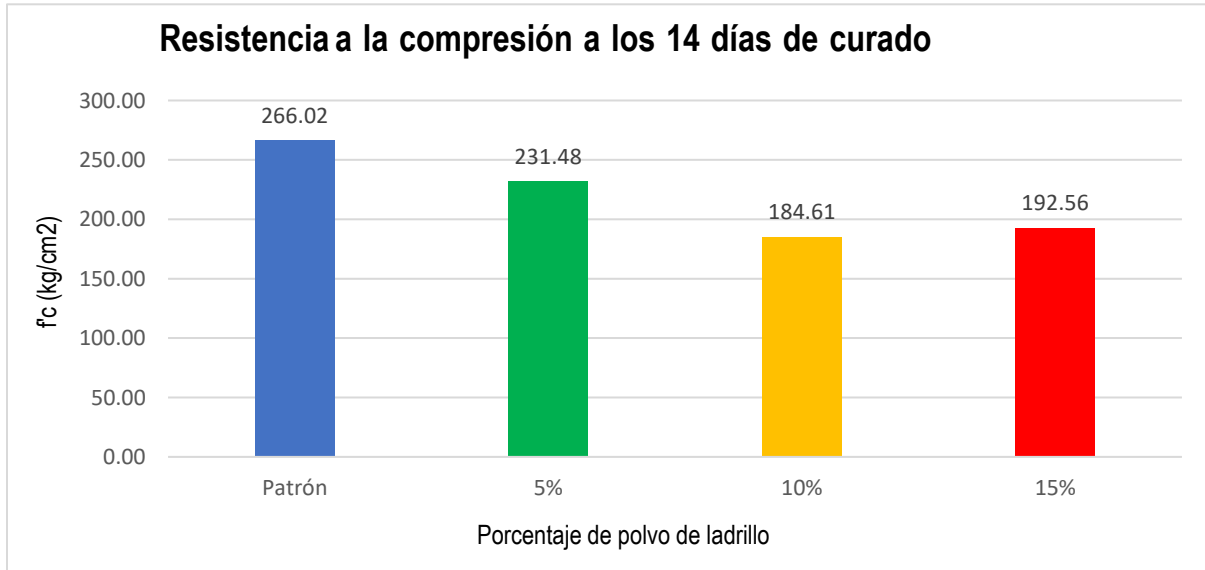


*Nota.* Concreto  $f_c=210\text{ kgf/cm}^2$  patrón y distintos porcentajes de polvo de ladrillo reciclado.

El presente hallazgo de la figura 4, se evaluó la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por polvo de ladrillo reciclado, a los 7 días de curado. Estos resultados fueron comparados con los hallazgos reportados por Rahhal et al. (2019), quienes utilizaron ladrillo de arcilla proveniente de Argentina con porcentajes de sustitución del 0%, 8%, 16% y 24%, obteniendo resistencias a la compresión de 274.93 kgf/cm<sup>2</sup>, 254.93 kgf/cm<sup>2</sup>, 224.34 kgf/cm<sup>2</sup> y 193.75 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Asimismo, se compararon con el estudio de Silva, Gordillo, y Delvasto (2019), quienes midieron la resistencia a la compresión a los 7 días para porcentajes de reemplazo del 0%, 12.5% y 25%, obteniendo valores de 356.9 kgf/cm<sup>2</sup>, 305.91 kgf/cm<sup>2</sup> y 275.32 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Figura 10.**

*Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 14 días de curado*

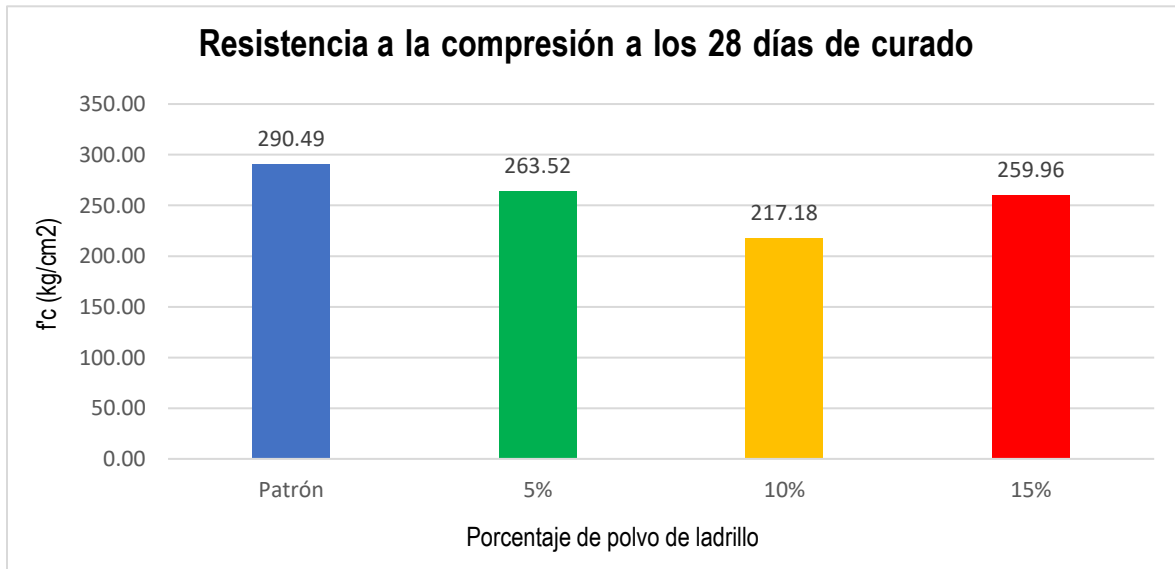


*Nota.* Concreto  $f'_c=210\text{ kgf/cm}^2$  patrón y distintos porcentajes de polvo de ladrillo reciclado.

En la figura 5 se observa que al igual que a los 7 días de curado al agregar mayor cantidad de polvo de ladrillo la resistencia disminuye, esto fue comprobado por los autores antes mencionados, los cuales no hicieron ensayos a los 14 días, pero se ve reflejado en sus ensayos a los 28 días que es cuando el concreto logra el 100% de su resistencia. Sin embargo, se observa que al 5% el concreto si supera la resistencia patrón de  $210\text{ kgf/cm}^2$ .

**Figura 11.**

*Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos a los 28 días de curado*



*Nota.* Concreto  $f_c=210\text{ kgf/cm}^2$  patrón y distintos porcentajes de polvo de ladrillo reciclado .

En la figura 6 se muestra los valores de resistencia promedio para 28 días de curado, según el diseño de mezcla ACI, donde se observa que las resistencias para el 5% y 15% aumentan respecto a la muestra de 10%, sin embargo, todas superan los  $210\text{ kgf/cm}^2$  del concreto patrón.

Se observa que los valores de resistencia a la compresión obtenidos en el presente estudio son consistentes con la tendencia general observada en la literatura, donde un mayor porcentaje de reemplazo de cemento por polvo de ladrillo resulta en una disminución de la resistencia a la compresión. No obstante, los valores absolutos varían, lo cual puede atribuirse a diferencias en las propiedades del polvo de ladrillo utilizado, el método de preparación de las muestras, y las condiciones de curado.

## Capítulo IV. Discusión

### Discusión

Se planteó como primer objetivo específico obtener las propiedades físicas de los agregados y elaborar el polvo de ladrillo reciclado. Según Cuitiño, Rotondaro & Esteves (2019), las propiedades mecánicas se refieren a las variables más importantes de los materiales de construcción o de la tecnología de construcción. En esta investigación se determinó el análisis granulométrico de los agregados, calculándose el módulo de finura del agregado fino en 2.56. También se determinó el contenido de humedad, obteniendo un 5.118% y 0.697%. En el peso unitario suelto se obtuvieron 1656.227 kg y 1410.921 kg, mientras que para el peso unitario compactado se obtuvieron 1790.318 kg y 1536.200 kg, respectivamente. Finalmente, se obtuvo el peso específico de  $2.66\text{ g/cm}^3$  para el agregado fino y grueso. Por su parte, Chavarry (2018) encontró el módulo de finura de 2.199. En cuanto al contenido de humedad, obtuvo un 0.68% y 0.13%. El peso unitario suelto de los agregados fue de 1684 kg y 1420 kg, mientras que el peso unitario compactado fue de 1907 kg y 1529 kg. Por último, encontró el peso específico de  $2.682\text{ g/cm}^3$  y  $2.692\text{ g/cm}^3$  para el agregado fino y grueso, respectivamente. Para la granulometría se tuvo en cuenta la norma ASTM C136/ NTP 400.012, que menciona que el módulo de finura debe estar comprendido entre 2.3 y 3. Estas diferencias se dan porque los materiales varían según las canteras y el tipo de material, que puede ser de cantera de río o de cerro, independientemente del tipo de proyecto.

Como segundo objetivo específico, se elaboró un diseño de mezcla base por el método ACI, sustituyendo al cemento por porcentajes de polvo de ladrillo. Según Villarrial & Farfán (2022), para cumplir con los objetivos, primero se deben realizar ensayos de materiales antes de aplicar el método ACI, que determina las cantidades adecuadas de materiales. En esta investigación, se realizó el diseño de mezcla según la metodología ACI,

teniendo en cuenta las propiedades de los materiales. Se obtuvo un diseño de mezcla con las siguientes proporciones en peso para  $1\text{ m}^3$  de concreto: 1 : 2.18 : 2.72 (cemento : agregado fino : agregado grueso) y 175.20 litros de agua. Por su parte, Manguinuri y Quispe (2023) en su diseño de mezcla para  $1\text{ m}^3$  de concreto obtuvieron las siguientes proporciones en peso: 1 : 2.5 : 2.6 y 224 litros de agua. Las diferencias en el diseño de mezcla pueden variar según las propiedades de los materiales. Los autores mencionados también trabajaron con otro tipo de cemento. En general, las variaciones pueden depender de los resultados de las propiedades de los materiales. El diseño de mezcla no es empírico; sin embargo, se deben seguir correctamente los pasos brindados por el ACI.

Como tercer objetivo, se realizó la fabricación de probetas cilíndricas de concreto base y con porcentajes de sustitución, determinando sus propiedades físicas como trabajabilidad y temperatura. Según Liang et al. (2023), estas propiedades se definen como las características esenciales que debe tener el compuesto del concreto para poder desempeñar adecuadamente los estándares de calidad. En esta investigación, se realizaron probetas de concreto y, en su estado fresco, se evaluó la temperatura, obteniendo  $18.3^\circ\text{C}$ ,  $19.9^\circ\text{C}$ ,  $22.3^\circ\text{C}$  y  $21.7^\circ\text{C}$ , para los porcentajes usados de 0%, 5%, 10% y 15%. Autores como Chirinos Lavan y Moreno Cuadros (2024) obtuvieron  $30.2^\circ\text{C}$  a 0%,  $29.8^\circ\text{C}$  a 4%,  $30.7^\circ\text{C}$  a 6% y  $31.2^\circ\text{C}$  a 8%, resultados que evidencian una temperatura casi constante, sin embargo, algunos autores no presentan la temperatura en sus resultados.

Además, en esta investigación se evaluó la consistencia, obteniendo 3.5", 3.4", 3.8" y 3.4" para los concretos patrones, 5%, 10% y 15% respectivamente. Por su parte, los autores Arif et al. (2021) obtuvieron un asentamiento al 0% de 1.85", al 5% de 2.05" y al 10% de 2.40", observamos que el asentamiento aumenta a medida que el porcentaje de sustitución aumenta. Rahhal et al. (2019) obtuvieron asentamientos de 3.3", 3.07", 3.07", 2.87", 2.36" y 2.28" para

los porcentajes de 0%, 8%, 16%, 24% y 32% respectivamente. Las diferencias en el asentamiento se debieron a la cantidad de agua que se agregó a la mezcla de acuerdo con el diseño, además de la humedad y absorción de los materiales. Rojas Pariona (2021) obtuvo slump de 4.50", 5", 5.25", 5.30" y 5" para los porcentajes de 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, en donde se evidencia un aumento en la trabajabilidad del concreto a pesar de que uso polvo de ladrillo King Kong siendo diferente al nuestro. Jave y Ocampo (2024) también evidenciaron el crecimiento del slump a medida que se aumenta el porcentaje. Sin embargo, Chirinos Lavan y Moreno Cuadros (2024) y Chumpitaz Carhuanina (2023) manifiesta que al incrementar el porcentaje de polvo de ladrillo no alteró su trabajabilidad. En nuestra investigación también se observó que a medida que aumentaba el porcentaje de polvo de ladrillo, la trabajabilidad disminuía. Esto se comprobó en nuestros ensayos, ya que se tuvo que agregar toda el agua de diseño para los porcentajes de sustitución, mientras que para la muestra patrón no se utilizó toda el agua de diseño para mantener la trabajabilidad deseada.

Como cuarto y último objetivo específico, se determinó de qué manera influía la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en la resistencia a la compresión para un concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>. Según Rahhal et al. (2019), la resistencia a la compresión es la capacidad de soportar cargas. En esta investigación, se obtuvieron resistencias a la compresión a los 7 días de curado de 246.08, 202.86, 168.48 y 154.70 kgf/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado de 266.02, 231.48, 184.61, y 192.56 kgf/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días de curado de 290.49, 231.48, 217.18, y 259.96 kgf/cm<sup>2</sup> para porcentajes de 0%, 5%, 10%, y 15% respectivamente, donde se observó una disminución en la resistencia. Autores como Rahhal et al. (2019) obtuvieron resistencias bajas respecto al concreto patrón de 274.93, 254.93, 224.34, y 193.75 kgf/cm<sup>2</sup>, al 0%, 8%, 16%, y 24% respectivamente. Asimismo, Silva et al. (2019) también comprobó que al aumentar el porcentaje de sustitución disminuía la resistencia a la compresión, reemplazando 0%, 12.5%, y 25%, y obteniendo valores de 356.9, 305.91, y 275.32 kgf/cm<sup>2</sup>

respectivamente, a los 28 días. También obtuvo resistencias bajas comparadas con el concreto patrón. Chumpitaz (2023) también obtuvo una disminución en la resistencia utilizando porcentajes de 16%, 21%, 24.5%. La disminución en la resistencia a la compresión depende de varios factores, como el tipo de ladrillo utilizado como puzolana en el concreto, que podía ser artesanal o industrial; también variaba por el tamaño de las partículas. El cemento tiene partículas entre 10 y 0.5 micras, mientras que nuestro polvo tiene 75 micras, siendo una gran diferencia en esa escala. Además, el cemento proviene de la piedra caliza y el polvo de ladrillo de un ladrillo de arcilla, los cuales pueden contener sales que son perjudiciales para el concreto.

Sin embargo, autores como Jave y Ocampo (2024) a los 28 días de curado logró una resistencia de  $235.90\text{ kgf/cm}^2$  superando a la muestra patrón de  $225.893\text{ kgf/cm}^2$  utilizando un 8% de sustitución sin especificar el tipo de ladrillo que se utilizó. Arif et al. (2021) también obtuvo grandes resultados al sobrepasar la resistencia patrón de 27.6 MPa, logró una resistencia de 30.3 MPa a los 28 días de curado con una sustitución del 10%, sin especificar el tipo de ladrillo, pero su estudio pudo determinar que el polvo de ladrillo es ligero que el cemento. En base a autores que obtuvieron resultados superiores a sus muestras patrón, y otros autores que obtuvieron resistencias inferiores, pero que superaron la resistencia de diseño como en nuestros ensayos, el polvo de ladrillo se puede llegar a utilizar en concretos no estructurales con los porcentajes adecuados.

## **Limitaciones**

Durante el estudio del diseño de mezcla ACI, que comparó la resistencia mecánica de un diseño patrón con diferentes porcentajes de sustitución parcial de polvo de ladrillo en cemento, se identificaron dos limitaciones significativas que influyeron en la investigación.

En primer lugar, a pesar de lograr una resistencia a la compresión satisfactoria en las muestras de concreto, se careció de un estudio químico detallado que garantizara la durabilidad

a largo plazo del material. Este tipo de análisis es crucial para determinar la resistencia del concreto a factores ambientales como la exposición al agua y a sustancias químicas corrosivas, aspectos esenciales en la ingeniería civil para asegurar la vida útil de las estructuras.

En segundo lugar, otra limitación significativa se relacionó con la obtención precisa de los resultados de carga versus deformación durante los ensayos. En el laboratorio, se enfrentaron desafíos técnicos al registrar adecuadamente estos datos debido a problemas de control y precisión en la instrumentación utilizada. Estas limitaciones subrayaron la necesidad de desarrollar métodos de prueba más precisos para futuras investigaciones en el campo del diseño y evaluación de mezclas de concreto mejoradas con adiciones como el polvo de ladrillo.

### **Implicancias y Estudios Futuros**

Sugerencias claras para futuras investigaciones incluyen la realización de estudios químicos detallados que evalúen la durabilidad a largo plazo de las mezclas de concreto con polvo de ladrillo y la mejora en la instrumentación de laboratorio para asegurar la precisión en la obtención de datos de carga y deformación. Además, se recomienda explorar otros porcentajes de sustitución y condiciones ambientales diversas para comprender mejor el comportamiento del concreto modificado en distintas circunstancias.

### **Conclusiones**

- La adición de polvo de ladrillo reciclado disminuye las propiedades físicas y mecánicas del concreto, la trabajabilidad como propiedad física disminuye al colocarle polvo de ladrillo, además, la propiedad mecánica como la resistencia a la compresión tiende a bajar cuando aumentamos mayor porcentaje de polvo de ladrillo respecto al concreto patrón, pero permanecen por encima de la resistencia a compresión de un concreto patrón, pero permanecen por encima de la resistencia establecida en el diseño de mezcla a los 28 días de curado superando la resistencia de

diseño para los porcentajes de 5%,10% y 15%.

- Se debe escoger la cantera con agregados de acuerdo con las normas, el análisis granulométrico debe estar según la norma mencionada anteriormente, de lo contrario se descarta la cantera y se busca otra, en nuestro proyecto se escogió una cantera de río La Ramona, la cual cumple las curvas granulométricas de los agregados y el módulo de finura está entre los parámetros de la normativa peruana. Las demás propiedades analizadas pueden variar porque en el diseño de mezcla se tiene en cuenta las propiedades de los materiales. El tamaño de partículas del polvo de ladrillo reciclado ( $74\ \mu\text{m}$ ) son más grandes que las partículas del cemento ( $10\ \mu\text{m} - 0.5\ \mu\text{m}$ ) lo que puede significar una variación en los resultados al reemplazar los distintos porcentajes.
- El diseño de mezcla cambia según las propiedades físicas de los materiales, permite el cálculo exacto de las cantidades de los materiales como agregados, cemento y agua, además, una adecuada optimización de los recursos facilitando el uso de proporciones óptimas. La sustitución del cemento por puzolana de ladrillo reciclado se hizo en peso, reemplazando directamente el cemento, lo que permite a la puzolana ser evaluado directamente como reemplazante del cemento.
- La trabajabilidad del concreto disminuye al aumentar el porcentaje de polvo de ladrillo reciclado, está relacionado con el aumento de temperatura, la temperatura más alta (10%) aumenta un 22% respecto a mezcla patrón, lo que indica que al tener más temperatura la mezcla pierde más agua, por ende, la trabajabilidad también disminuye, se debe a que el polvo de ladrillo al ser una arcilla absorbe gran cantidad de agua perdiendo trabajabilidad.
- La resistencia a la compresión del concreto no mejora al adicionar mayor porcentaje de polvo de ladrillo, a los 7 días de curado el concreto disminuyó su resistencia

respecto al concreto patrón en 3%, 20% y 26%, para los porcentajes de sustitución de 5, 10 y 15% respectivamente; a los 14 días de curado el concreto disminuyó su resistencia respecto al concreto patrón en 12 y 8% para los porcentajes de 10 y 15%, sin embargo al 5% supero la resistencia de diseño en un 10% con una resistencia de 263.52 kgf/cm<sup>2</sup>; a los 28 días de curado el concreto aumentó su resistencia respecto al concreto patrón en 25%, 3% y 24% para los porcentajes de sustitución de 5, 10 y 15% respectivamente, cumpliendo con la hipótesis planteada.

### **Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios químicos y físicos a las partículas del polvo de ladrillo reciclado, pueden tener características diferentes a las del concreto y por ende variar las propiedades del concreto al sustituir parcialmente.

Se recomienda hacer ensayos de durabilidad a las mezclas de concreto con polvo de ladrillo reciclado a largo plazo.

Se recomienda usar mascarilla para la trituración de ladrillo reciclado, el polvo puede contener sílice, el cual es muy perjudicial para la salud.

Además, se recomienda usar otros porcentajes de sustitución y condiciones ambientales diversas para comprender mejor el comportamiento del concreto modificado en distintas circunstancias.

## Referencias

- Amakye, S. Y., Abbey, S. J., & Olubanwo, A. O. (2021). Consistencia y propiedades mecánicas del hormigón sostenible mezclado con materiales cementosos de desecho de polvo de ladrillo. *Aplica SN Ciencia*, 3, 420. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04430-w>
- Aquino Rocha, J. H., Morales Ruiz, B. M., & Toledo Filho, R. D. (2024). Evaluating the use of recycled brick powder as a partial replacement for Portland cement in concrete. *Ingeniería e Investigación*, 44(1), e107462. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.107462>
- Arias, J. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica. (1ea ed.). Arequipa, Perú. <https://es.scribd.com/document/490373882/Tecnicas-e-Instrumentos-de-Investigacion-Cientiifica>
- Arif, R., Khitab, A., Kirgız, M. S., Khan, R. B. N., Tayyab, S., Khan, R. A., Anwar, W., & Arshad, M. T. (2021). Experimental analysis on partial replacement of cement with brick powder in concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00749. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00749>
- Asim Rifa, Subhani, S. M., Bahurudeen, A., & Santhosh, K. G. (2023). A systematic comparison of performance of recycled concrete fine aggregates with other alternative fine aggregates: An approach to find a sustainable alternative to river sand. *Journal of Building Engineering*, 78, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107695>
- Banco Mundial. (2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Becker, E. (2021). Pisos industriales de hormigón: Diseño, construcción y mantenimiento. Argentina: Archidocs LLC.

Chavarry, G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil ambiental] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1340>

Chicoma, A., Quiroz, R., Muñoz, S., & Villena, L. (2022). Influence of the physical and mechanical properties of concrete by adding rubber powder and silica fume. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. <https://doi.org/10.5755/j01.sace.32.1.31964>

Chirinos Lavan, A. M., & Moreno Cuadros, C. M. (2024). *Propuesta de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para columnas en edificaciones multifamiliares añadiendo polvo de ladrillo de arcilla como reemplazo del cemento para reducir la contaminación de su fabricación, Lima Metropolitana, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <https://upc.aws.openrepository.com/handle/10757/674259>

Chumpitaz A. (2023). *Influencia del polvo de ladrillo de arcilla reciclado en las propiedades del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima, 202*. [Tesis para obtener el título profesional en ingeniería civil, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/135496>

Cieza Carranza, J. J., & Llaja Silva, J. A. (2022). *Concreto simple con sustitución de cenizas de cáscara de maní y polvo de ladrillo para mejorar su resistencia, Tarapoto -2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/110840>

Cuitiño, G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2019). Aportes para el análisis comparativo del comportamiento higrotérmico y mecánico de los materiales de construcción con tierra.

*Revista de Arquitectura/Revista de Arquitectura*, 22(1).

<https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2348>

Danilo. (2022). ¿Cuáles son las propiedades de la materia? Concepto, tipos y ejemplos.

Unibetas Curso Examen de Admisión Online. <https://unibetas.com/propiedades-de-la-materia>

Defensoría del Pueblo. (2017). Defensoría del Pueblo demanda intensificar fiscalización a la

inadecuada disposición de residuos de la construcción y demolición. Defensoría Del

Pueblo - Perú. [https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n-](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[.Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[ci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n&text=Solo%20en%20Lima%20se%20gen](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

[era,%20r%C3%ADos%20y%20Fo%20quebradas](https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-demanda-intensificar-fiscalizacion-a-la-inadecuada-disposicion-de-residuos-de-la-construccion-y-demolicion/#:~:text=construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n,Defensor%20del%20Pueblo%20demanda%20intensificar%20fiscalizaci%C3%B3n%20a%20la%20inadecuada%20disposici%C3%B3n,de%20la%20construc)

Dobrowolska, K. (2021). How does construction affect the environment? *Archdesk*.

[https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-](https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=En%20realidad%20el%20sector%20de,que%20profundizar%20en%20los%20detalles)

[ambiente/#:~:text=En%20realidad%20el%20sector%20de,que%20profundizar%](https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=En%20realidad%20el%20sector%20de,que%20profundizar%20en%20los%20detalles)

[20en%20los%20detalles](https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=En%20realidad%20el%20sector%20de,que%20profundizar%20en%20los%20detalles)

El Peruano. (2023). Aprueban Reglamento de gestión y manejo de residuos sólidos de la

construcción y demolición. Elperuano.pe. <https://elperuano.pe/noticia/143247->

[aprueban-reglamento-de-gestion-y-manejo-de-residuos-solidos-de-la-construccion-y-demolicion](#)

Feng, Y., Zhao, H., Liu, J., Song, Z., Che, W., Ma, K., & Wang, Y. (2023). Study on mechanical properties and microstructure of porous organic polymer reinforced low-grade sand under wetting–drying cycles. *Construction and Building Materials*, 409, 134042.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134042>

Harmsen, T. E. (2019). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Colombia: Alpha Editorial.

[https://books.google.com.pe/books?id=mfR5EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=e&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=mfR5EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=e&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Hosein, S., Saradar, A., Jabbari, M., & Mohtasham Moein, M. (2023). Evaluation of fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing different percentages of waste tiles. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 8(2).

<https://doi.org/10.1007/s41024-023-00329-8>

INEI. (2022). En junio del presente año la producción nacional creció 3,44%.

<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-131-2022-inei.pdf>

INFINITIA Industrial Consulting. (2023). Ensayo de propiedades mecánicas de materiales.

<https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20un,y%20resistir%20fuerzas%20o%20deformaciones>

Jave, L. S., & Ocampo, K. L. (2024). *Diseño de concreto para pavimento rígido reemplazando con polvo de ladrillo reciclado, Trujillo 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/159761>

Jeonghyun, K., Nader, N., Alena, S., & Namho, K. (2023). Características de los polvos de hormigón residual de hormigón de agregado grueso multireciclado y sus efectos como sustitutos del cemento. *Construction and Building Materials* 398 (2023) 132525.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132525>

Kalkan, Ş. O., & Gündüz, L. (2023). Silica aerogel added lightweight cement-based composite mortars for thermal insulation purposes in sustainable structures: A comprehensive study. *Construction and Building Materials*, 409, 134066.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134066>

Liang, Y., Guan, B., Cao, T., Liu, G., Tang, P., He, M., Cheira, M. F., & Rashad, A. M. (2023). Study on the properties of an excess-sulphate phosphogypsum slag cement stabilized base-course mixture containing phosphogypsum-based artificial aggregate. *Construction and Building Materials*, 409, 134095.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134095>

Lima, O. F. (2022). *Aplicación de materiales y productos en la construcción*. Cuba: Editorial Pueblo y Educación.

Manguinuri, G., & Quispe, J. (2023). *Diseño de una mezcla de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizando ceniza de aceite de palma (POFA) como reemplazo parcial del cemento para mitigar la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberada durante la producción de concreto en la ciudad de Pucallpa*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/669276>

Mimbela, F., Muñoz, S., & Rodríguez, E. (2021). Uso de ladrillos triturados en concreto: Una revisión literaria. *Revista Politécnica*, 17(34), 82-100.

<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a6>

Moreira, S. (2020). 8 posibles maneras de utilizar los materiales reciclados en la arquitectura y el urbanismo. *ArchDaily Perú*. <https://www.archdaily.pe/pe/943885/8-posibles-maneras-de-utilizar-los-materiales-reciclados-en-la-arquitectura-y-el-urbanismo>

Orderique, F., Muñoz, S., & Rodríguez, E. (2021). Uso de ladrillos triturados en concreto: Una revisión literaria. *Revista Politécnica*, 17(34), 82-100. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a6>

Rahhal, V., Trezza, M., Tironi, A., Castellano, C., Pavlíková, M., Pokorný, J., Irassar, E. F., Jankovský, O., & Pavlík, Z. (2019). Complex characterization and behavior of waste fired brick powder-Portland cement system. *Materials*, 12(10), 1650. <https://doi.org/10.3390/ma12101650>

Rojas Pariona, C. E. (2021). *Diseño de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando con polvo de ladrillo (King Kong 18 huecos) Ica – 2021* [Tesis de pregrado, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80243>

Romero, E. (2023). *Evaluación de la gestión de los residuos sólidos de la construcción del instituto superior para la conservación del medio ambiente, Cangallo - Ayacucho, 2022* [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Sociales, Universidad Continental]. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12912/9/IV\\_PG\\_MCM\\_GADS\\_TE\\_Romero\\_Olortegui\\_2023.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12912/9/IV_PG_MCM_GADS_TE_Romero_Olortegui_2023.pdf)

Sadowska-Buraczewska, B., & Kujawska, J. (2021). Comparative analysis of physical-mechanical properties of natural and recycled aggregate concretes. *Advances in Science*

*and Technology Research Journal*, 15(2), 18–29.

<https://doi.org/10.12913/22998624/135931>

Scherer, C. P., & Zorzi, J. E. (2023). Effect of partial replacement of cement by fine powders on the corrosion resistance of concrete. *Construction and Building Materials*, 401, 132982. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132982>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). ¿Sabes qué son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), y cómo disponerlos desde tu casa o empresa? [https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-/asset\\_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/-sabes-que-son-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-y-como-disponerlos-desde-tu-casa-o-empresa-#:~:text=de%20las%20personas.-,Los%20Residuos%20de%20Construcci%C3%B3n%20y%20Demolici%C3%B3n%20\(RCD\)%20son%20un%20factor,Estructura%20Ecol%C3%B3gica%20Principal%20\(EEP\)](https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-/asset_publisher/VqEYxdh9mhVF/content/-sabes-que-son-los-residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-y-como-disponerlos-desde-tu-casa-o-empresa-#:~:text=de%20las%20personas.-,Los%20Residuos%20de%20Construcci%C3%B3n%20y%20Demolici%C3%B3n%20(RCD)%20son%20un%20factor,Estructura%20Ecol%C3%B3gica%20Principal%20(EEP)).

Silva, Y., Gordillo, M., & Delvasto, S. (2019). Valorización y optimización del residuo de mampostería para la elaboración de concreto autocompactante. *Dyna-Colombia*, 86(208), 307–315. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.73103>

Suvash, P., Ullah, A., Babafemi, A. J., & Miah, M. J. (2023). Eco-friendly concrete with waste ceramic tile as coarse aggregate: Mechanical strength, durability, and microstructural properties. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(8), 3363–3373. <https://doi.org/10.1007/s42107-023-00718-x>

Uriol, G. (2024). Sin materias primas estratégicas no hay transición ni futuro. *ElEconomista.es*. <https://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/12769553/04/24/sin->

[materias-primas-estrategicas-no-hay-transicion-ni-futuro.html](#)

Villarrial, R., & Farfán Córdova, M. (2021). Hormigón estructural modificado con cal abanico de conchas. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(3), 380-388.

<https://dx.doi.org/10.7764/ric.00010.21>

Yan, Y., Jia, G., Zhang, Y., Gao, Y., & Li, Z. (2023). The influence of expanded perlite as a bio-carrier on the freeze–thaw properties of self-healing concrete. *Construction and Building Materials*, 409, 133891. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133891>

Yang, Y., Li, Z., Zhao, J., & Qu, S. (2023). Structural engineering of pitch-based porous carbon and its application in supercapacitors: A review. *Journal of Energy Storage*, 74, 109334.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109334>

Yin, J., Yan, Y., Lv, Y., Zheng, H., Hou, Y., Chen, S., Dang, J., & Zhu, C. (2023). Study on neutron shielding performance of high strength mortar modified by saturated super absorbent polymer. *Construction and Building Materials*, 409, 133841.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133841>

Yuan, F., Sun, H., Song, Q., & Wang, X. (2023). Investigating the potential for self-healing aggregates in concrete. *Construction and Building Materials*, 409, 133918.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133918>

Zabalza, I., Días, S., Aranda, A., & Scarpellini, S. (2020). Materiales de construcción, análisis de ciclo de vida. *EcoHabitar*. [https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-](https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/)

[construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/](https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/)

Zang, A., Ge, Y., Yang, W., & Wang, G. (2023). New insight of solvent-replacement-induced damage to pores of cement stone by comparison with  $^1\text{H}$  NMR relaxometry, mercury

intrusion porosimetry, and nitrogen adsorption. *Construction and Building Materials*, 409, 133981. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133981>

Zhao, H., Geng, Q., & Liu, X. (2023). Influence of freeze–thaw cycles on mechanical properties of pervious concrete: From experimental studies to discrete element simulations. *Construction and Building Materials*, 409, 133988. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133988>

## **Anexos**

## Anexo 1. Matriz de consistencia interna

Tabla 11.

Matriz de consistencia interna

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿De qué manera influyó la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2025?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Evaluar la influencia del polvillo de ladrillo reciclado por sustitución parcial del cemento en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2024.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La sustitución del cemento por polvo de ladrillo reciclado influirá positivamente las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2025.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Sustitución parcial de cemento por polvo de ladrillo reciclado.</p>	<p><b>Diseño</b></p> <p>La investigación será experimental</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué forma se determinan las propiedades físicas de los agregados y el proceso para elaborar el polvo de ladrillo reciclado?</li> <li>¿De qué manera se elaboró el diseño de mezcla estándar y con porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% por polvo de ladrillo reciclado?</li> <li>¿De qué manera se determina la consistencia y temperatura del concreto base y para los porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% por polvo de ladrillo reciclado?</li> <li>¿En qué medida influye la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en la resistencia a la compresión para un concreto <math>210\text{ kgf/cm}^2</math>?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Secundarios</b></p> <p>O1. Obtener las propiedades físicas de los agregados y elaborar el polvo de ladrillo.</p> <p>O2. Elaborar un diseño de mezcla base por método ACI, y sustituir al cemento por porcentajes de 5%,10% y 15% de polvo de ladrillo reciclado.</p> <p>O3. Determinar la consistencia y temperatura del concreto en estado fresco base y para los porcentajes de sustitución de 5%, 10% y 15% por polvo de ladrillo reciclado.</p> <p>O4. Determinar de qué manera influye la sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en la resistencia a la compresión para un concreto <math>210\text{ kgf/cm}^2</math> mediante la ruptura de probetas cilíndricas.</p>	<p><b>Hipótesis nula</b></p> <p>La sustitución del cemento por polvo de ladrillo reciclado no influirá positivamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, 2024.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Propiedades físicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consistencia (")</li> <li>Temperatura (°C)</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Propiedades mecánicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a compresión (<math>\text{kgf/cm}^2</math>)</li> </ul>	<p><b>Población</b></p> <p>Concreto de resistencia <math>f'c= 210\text{ kgf/cm}^2</math>.</p> <p><b>Muestra:</b> Está dividida en 96 ensayos</p> <p><b>Unidad de análisis</b></p> <p>La unidad de análisis es un concreto de <math>210\text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p><b>Técnica:</b></p> <p>Observación de laboratorio</p> <p><b>Instrumento</b></p> <p>Protocolos de la UPN.</p> <p><b>Procedimiento</b></p> <p>Se realizó el trabajo de gabinete o inicio, el trabajo de laboratorio y posteriormente el procesamiento de la información.</p> <p><b>Análisis de Datos</b></p> <p>Se hizo el trabajado de gabinete para el procesamiento y análisis de datos.</p>

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de las variables

**Tabla 12.**

*Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Objeto	Limitaciones		
<b>Sustitución parcial de polvo de ladrillo reciclado</b>	El polvo de ladrillos de desecho se obtuvo de ladrillos desintegrados y de ladrillos desechados colocados en terrenos baldíos y cerca de hornos de ladrillos. Se elaboró por medio de la molienda polvo fino de escorias de restos de ladrillos. (Arif et al., 2021)	Se hizo un diseño de mezcla ACI para un concreto de 210 $\text{kgf/cm}^2$ , para distintas proporciones de sustitución con el cemento.	Diseño por ACI	kgf	Concreto	Alcance	Lugar	Tiempo
						210 $\text{kgf/cm}^2$	---	2024
<b>Propiedades físicas</b>	Es aquella que se puede medir u observar sin cambiar la composición de la sustancia. (Danilo, 2022)	Se evaluó las propiedades físicas del concreto según lo siguiente: para la densidad, absorción y la porosidad de utilizará la (NTP 339.187), Consistencia (NTP 339.035)) Temperatura (NTP 339.184)	Consistencia	“ ” - “Pulg.”				
			Temperatura	°C				
<b>Propiedades mecánicas</b>	Las propiedades mecánicas son aquellas que posee un material relacionadas con sus posibilidades de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones (INFINITA, 2023).	Se aplicó para el trabajo de laboratorio la NTP (NTP 339.034) para la resistencia a compresión y para evaluar la resistencia a flexión se aplicará la (NTP 339.079)	Resistencia a la compresión	$\text{kgf/cm}^2$				

### Anexo 3. Cronograma de desarrollo de la tesis

**Tabla 13.**

*Cronograma de desarrollo y culminación de la tesis*

ACCIONES	ESTADO	2023-2024							
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Desarrollo del proyecto	Completo	█	█						
Aprobación del Proyecto	Completo		█	█					
Trabajo de gabinete o inicial	Completo				█	█			
Trabajo de campo, laboratorio, simulación	Completo				█	█			
Trabajo de proceso de la información	Completo					█	█		
Desarrollo del informe de tesis/ borrador de tesis	Completo					█	█		
Aprobación de tesis/ borrador de tesis	Incompleto						█		
Sustentación y defensa de tesis	Incompleto							█	

## Anexo 4. Metodología de los ensayos realizados de los agregados de la cantera Ramona en el laboratorio de concreto UPN sede Cajamarca

### Análisis Granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)

- Se pesó una muestra de 15 kg de agregado fino (Grava  $\frac{3''}{4}$ ).
- La muestra se colocó y esparció sobre una bandeja de aluminio con el objeto de realizar el cuarteo. Las proporciones se realizaron según la normativa, dividiendo el total del material en cuatro partes iguales.
- Se recolectaron dos de las proporciones y se registró el peso en una balanza con precisión de dos decimales.
- Se ordenaron los tamices de manera decreciente ( $2\frac{1''}{2}$ , 2",  $1\frac{1''}{2}$ ,  $\frac{3''}{8}$ , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y cazoleta).
- Se vertió la muestra de 5 kg por el tamiz  $2\frac{1''}{2}$  y se efectuó la técnica de zarandeo hasta verificar el peso constante en cada tamiz, evitando que se saturara.
- Se registró el peso de las muestras retenidas por cada tamiz en la balanza.
- Se siguió la secuencia de datos procesados según **Tabla 8** y verificó el “USO” al que pertenecía el agregado.
- Para determinar el tamaño máximo (TM), se analizó el porcentaje pasante acumulado según el criterio del primer tamiz que pasa el 100% de la muestra.
- Para determinar el tamaño máximo nominal (TMN), se analizó el porcentaje retenido según el criterio de porcentaje retenido mayor a 10%.
- El módulo de finura se calculó con la siguiente fórmula.

$$M.F.A.G. = \frac{\sum \% \text{ Peso retenido acumulado. } (2\frac{1''}{2}, 2'', 1\frac{1''}{2}, \frac{3''}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

### Análisis Granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

- Se pesó una muestra de 1.5 kg de agregado grueso (Arena gruesa).
- La muestra se colocó y esparció sobre una bandeja de aluminio con el objeto de realizar el cuarteo. Las proporciones se realizaron según la normativa, dividiendo el total del material en cuatro partes iguales
- Se recolectó una de las proporciones y se registró el peso en una balanza con precisión de dos decimales.
- Se ordenaron los tamices de manera decreciente ( $\frac{3''}{8}$ , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y cazoleta).
- Se vertió la muestra 695 g por el tamiz  $\frac{3''}{8}$  y se efectuó la técnica de zarandeo hasta verificar el peso constante en cada tamiz, evitando que se saturara.
- Se registró el peso de las muestras retenidas por cada tamiz en la balanza.
- Se siguió la secuencia de datos procesados según **Tabla 9**.
- El módulo de finura se calculó con la siguiente fórmula.

$$M.F.A.F. = \frac{\sum \% \text{ Peso retenido acumulado. } (\frac{3''}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

### Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185)

- Para el agregado fino se prepararon 1.5 kg de material y 1.8 kg de agregado grueso.
- Se registró el peso de los recipientes metálicos denominado taras.
- Se pesaron las muestras (tomando tres de ellas según **tabla 10 y 11**) en una balanza con precisión de dos decimales.
- Las muestras se colocaron en las taras y se introdujeron en el horno por 24h a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Trascurrido el tiempo, se retiraron del horno y se procedió a registrar el peso.

- Se realizó el cálculo de contenido de humedad (%) de todas las muestras con el objeto de obtener un promedio. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$W(\%) = \frac{\text{Masa del agua (g)}}{\text{Masa de la muestra seca (g)}} \times 100$$

### **Peso unitario compacto del agregado fino y grueso (NPT 400.017)**

- Se prepararon 45 kg de cada agregado en una charola de aluminio.
- Se registró el peso del molde vacío y dimensiones (diámetro interior). Las dimensiones se midieron tres veces utilizando un vernier.
- Se llenó el molde con uno de los agregados en tres capas, teniendo en cuenta la altura del molde. Esto se realizó para obtener el dato del peso unitario suelto, según la **tabla 12 y 13**.
- Se registró el peso del molde con el material y se vertió el material.
- Se llenó nuevamente el molde en tres capas, pero en cada capa se golpeó 25 veces con ayuda de una varilla metálica. Esto se realizó para obtener el dato del peso unitario compactado.
- Se registró el peso del molde con el material y se vertió el material, según la tabla 13. Este proceso se realizó tres veces por cada agregado.
- Las fórmulas para el peso unitario suelto y compactado son las siguientes:

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{\text{Peso del agregado suelto (kg)}}{\text{Volumen del molde (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso unitario compactado} = \frac{\text{Peso del agregado compactado (kg)}}{\text{Volumen del molde (m}^3\text{)}}$$

### **Peso específico y Absorción del agregado grueso (NTP 400.021)**

- Se prepararon 9 kg de agregado grueso y luego se colocaron 3 kg de material en cada balde de 4 L con agua, cubriendo el material hasta 2 cm por encima de la superficie, durante 24 horas.
- Pasado el tiempo, se vertió toda el agua y se secó superficialmente cada grava con una franela hasta no presentar película de agua. Luego se registró el peso en una balanza con precisión de dos decimales. Este dato se denominó  $W_{sss}$ .
- Se registró el peso de la canastilla hidráulica sumergida en agua y suspendida en la balanza.
- Se realizó el mismo procedimiento anterior con la diferencia de insertar la muestra dentro de la canastilla y se esperó un tiempo prudencial hasta que el peso se estabilice. Luego se registró este dato.
- Culminado el ensayo, se colocó el mismo material en un recipiente metálico y se puso en el horno durante 24 horas.
- Después de 24 horas, se sacó la muestra del horno y se registró el peso  $W_s$ . Este procedimiento se repitió tres veces.
- Para el proceso de datos y la determinación de las densidades específicas se siguió la metodología de la **tabla 14**.

### **Peso específico y Absorción del agregado fino (NTP 400.02)**

- Se prepararon 1.8 kg de agregado fino y luego se colocaron 500 g de material en un recipiente metálico de 1 L con agua, cubriendo el material hasta 2 cm por encima de la superficie, durante 24 horas.
- Pasado el tiempo, se decantó el agua y la muestra se esparció en una bandeja metálica para secarse superficialmente bajo el efecto del sol y una secadora.

- Se comprobó cada 30 minutos el estado de la muestra saturada superficialmente ( $W_{ss}$ ) mediante la técnica del cono y pisón. La muestra se colocó en tres capas, llenando un tercio de la altura del cono en cada capa, y cada capa se apisonó 25 veces con el pisón dejándolo caer desde una pulgada de altura.
- Se verificó que la muestra estaba saturada superficialmente ( $W_{ss}$ ) cuando, al retirar el cono de la muestra, esta tomó la forma de la mitad del molde, lo que indicó que el material era apto para el siguiente ensayo.
- Se tomaron 500 g de la muestra ( $W_{ss}$ ) y se pesó la fiola con agua hasta el registro del menisco, anotando los datos.
- Se vertió el agua de la fiola hasta aproximadamente la mitad de la capacidad registrada anteriormente, luego se añadieron los 500 g de la muestra y se llenó con agua hasta alcanzar la marca del menisco.
- Se agitó manualmente durante 15 minutos para liberar el aire atrapado en el agregado y luego se registró el peso de la fiola con la muestra.
- Se colocó la muestra de la fiola en un recipiente metálico de 800 mL, decantando el agua, y luego se puso la muestra en el horno durante 24 horas.
- Después de 24 horas, se registró el peso de la muestra. Para el proceso de datos y la determinación de las densidades específicas, se siguió la metodología de la **tabla 15**.

### **Ensayos de concreto en estado fresco:**

Según el diseño de la mezcla, se calcularon las proporciones de agregados, agua y polvo de ladrillo por tandas. Estas proporciones se introdujeron en el trompo de concreto. Sin embargo, la cantidad de agua utilizada fue variable y no se usó toda el agua calculada en el diseño con el objeto de cumplir el Slump especificado.

### **Ensayos de trabajabilidad o Slump (NTP 339.035)**

- Estimando el agua de diseño en la pasta de concreto, se restringió el funcionamiento del trompo para verificar la consistencia.
- Se adquirió el equipo completo del cono de Abrams (cono, plataforma y varilla). Luego, con una franela húmeda con petróleo, se mojó la parte interna y externa del cono, así como la plataforma, con el objeto de eliminar rápidamente los residuos de concreto al momento de secado.
- Se procedió a llenar el cono de Abrams en tres capas, cada una a un tercio de la capacidad del cono. Cada capa se compactó con 25 golpes internos por la varilla metálica y 10 golpes externos con un martillo de goma.
- Luego del proceso anterior, se quitó el seguro del cono de la base y se levantó verticalmente el cono de manera lenta.
- Para registrar el Slump, con ayuda de un flexómetro, se obtuvo la medición desde el asa del cono levantado hasta la parte más baja de la mezcla que tomó forma durante el proceso mencionado anteriormente.
- El Slump fue validado por el laboratorista y se repitió este proceso ocho veces.
- Todo este procedimiento se realizó en un tiempo menor a 5 minutos.

#### **Ensayo de Temperatura (NTP 339.184)**

- Durante la prueba de Slump, se realizó el ensayo dentro del trompo de concreto.
- Se utilizó un termómetro calibrado para registrar la temperatura durante el ensayo.
- En un tiempo menor a 5 minutos, se llevó a cabo esta prueba y se registraron los datos proporcionados por el termómetro. Este proceso se repitió ocho veces.

#### **Preparación de probetas (NTP 339.033)**

- Aceptada la trabajabilidad, se prepararon los moldes cilíndricos (30 cm x 15 cm) limpiándolos y pasando una franela húmeda con petróleo por la parte interna y externa de los mismos.
- Para cada molde, se llenó en tres capas, compactando cada capa mediante 25 golpes internos y 15 golpes externos con una varilla, con el objeto de evitar la formación de cangrejeras al momento del fraguado.
- En la última capa, se enrasó con la varilla y, con ayuda de una plancha o badilejo, se dio un acabado al ras del molde.
- Se dejó fraguar cada uno de los especímenes durante 24 horas. Pasado este tiempo, se desencofraron las muestras del molde y se colocaron en la piscina de curado, manteniéndolas en agua durante periodos de 7, 14 y 28 días.

#### **Ensayos de concreto en estado seco (NTP 339.034):**

- Según la evaluación de las probetas de concreto, estas se retiraron del agua a los 7, 14 y 28 días. Primero, se retiraron los especímenes de la piscina de concreto y se dejaron secar durante 15 minutos.
- Una vez secadas las probetas, se registraron tres medidas diferentes (diámetro y altura) de cada una de ellas con ayuda de un vernier. Cada una de las probetas se llevó a la máquina de compresión, donde se registró la carga máxima y la deformación de los diales mediante capturas realizadas con un teléfono móvil.
- Para el procesamiento de datos, se utilizaron las fórmulas para calcular la resistencia máxima y la deformación. Para un mayor detalle del proceso experimental, se puede consultar en **anexo 7**.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Carga (kgf)}}{\text{Área de base del molde (cm}^2\text{)}}$$

$$\text{Deformación unitaria} = \frac{\text{Deformación (m)}}{\text{Altura promedio del molde (m)}}$$

## Anexo 5. Resumen de las propiedades físicas de los agregados

**Tabla 14.**

*Propiedades físicas del agregado grueso (A.G.)*

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	NORMA
Granulometría	-	<b>Ver tabla 13</b>	NTP 400.012
Módulo de finura	-	7.70	NTP 400.037
Tamaño máximo nominal	Pulg. - ""	3/4"	NTP 400.012
Contenido de humedad	%	0.70	NTP 339.185
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1410.92	NTP 400.017
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1536.20	NTP 400.017
Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	2.57	NTP 400.021
Peso específico aparente saturado	g/cm <sup>3</sup>	2.61	NTP 400.021
Peso específico nominal	g/cm <sup>3</sup>	2.66	NTP 400.021
Absorción	%	1.31	NTP 400.021

*Nota.* Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros estipulados por la norma.

**Tabla 15.**

*Propiedades físicas del agregado fino (A.F.)*

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	NORMA
Granulometría	-	<b>Ver tabla 14</b>	NTP 400.012
Módulo de finura	-	2.56	NTP 400.037
Contenido de humedad	%	5.18	NTP 339.185
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1656.23	NTP 400.017
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1790.32	NTP 400.017
Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	2.63	NTP 400.021
Peso específico aparente saturado	g/cm <sup>3</sup>	2.64	NTP 400.021
Peso específico nominal	g/cm <sup>3</sup>	2.66	NTP 400.021
Absorción	%	0.45	NTP 400.021

*Nota.* Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros estipulados por la norma.

En las tablas 1 y 2, los resultados obtenidos en el laboratorio se encontraron dentro de los parámetros establecido por la normativa. En la tabla 1, se observó que el diseño de la mezcla necesitó más agua debido al contenido de humedad del agregado grueso. Estos hallazgos difieren con los reportados por Chavarry (2018).

**Anexo 6. Protocolos firmados (Ficha de observación)**

**Figura 12.**

*Protocolo Análisis granulométrico de agregado grueso*

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO										
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO										
	NORMA: MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012										
	TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> , 2024."										
CANTERA:		La Ramona - Cajabamba			TIPO DE CANTERA:					Agregados de construcción	
UBICACIÓN:		Cajamarca			TIPO DE MUESTRA:					Grava 3/4"	
FECHA DE MUESTRA:		01/05/2024			TM :		1 1/2"				
FECHA DE ENSAYO:		02/04/2024			TMN :		3/4"				
RESPONSABLES:		Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando									
REVISADO POR:		Solís Muñoz Haniel									

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO									
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE ACUMULADO (%)	USO AG-S - ASTM C33		
	(pulg)	(mm)					Limite inferior	Limite superior	
1	2 1/2"	51.35	0.00	0.00	0.00	100.00			
2	2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00			
3	1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
4	1"	25	188.38	3.37	3.37	96.63	90	100	
5	3/4"	19	1342.38	66.85	70.21	29.79	20	55	
7	1/2"	12.5	1472.68	29.44	99.65	0.35	0	10	
8	3/8"	9.5	9.54	0.19	99.85	0.15	0	5	
9	N° 4	4.75	0.00	0.00	99.85	0	0	0	
10	Bandeja	—	1.88	0.15	100.00	0.00			
TOTAL			5000.00	100.00					

CURVA GRANULOMETRICA

Dámetro de las partículas (mm)


  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair  NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 18/03/2024	 NOMBRE: Pilar Ambrósio Restrepo FECHA: 18/03/2024	 NOMBRE: Solís Muñoz Haniel FECHA: 18/03/2024

*Nota.* Ensayo previo al diseño de mezcla, determinando el TMN del agregado grueso.

Figura 13.

Protocolo Análisis granulométrico de agregado fino

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO							
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO							
	NORMA: MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012							
TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 kg/cm <sup>3</sup> , 2024."								
CANTERA: La Ramona - Cajabamba			TIPO DE Agregados de construcción					
UBICACIÓN: Cajamarca			CANTERA:					
FECHA DE MUESTRA: 01/05/2024			TIPO DE MUESTRA: Arana gruesa			MF : 2.56		
FECHA DE ENSAYO: 02/05/2024								
RESPONSABLES: Gil Mejía Jhordan Jair								
Gonzales Vargas Luis Fernando								
REVISADO POR: Solis Muñoz Haniel								

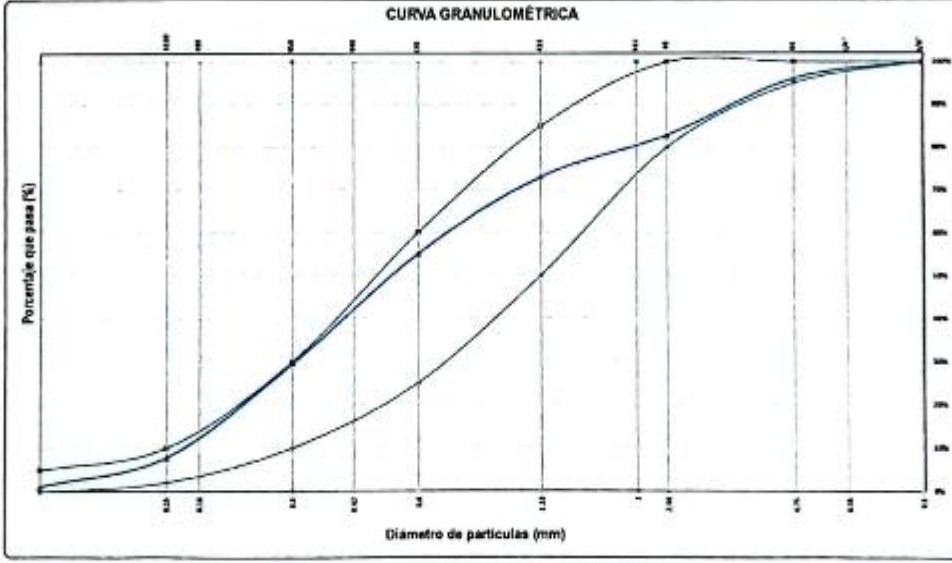
  

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

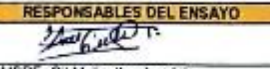

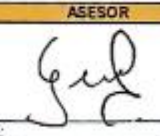

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE ACUMULADO (%)	ASTM C33	
	(pulg)	(mm)					Límite inferior	Límite superior
1	3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
2	N° 4	4.75	27.01	3.89	3.89	96.11	95	100
3	N° 8	2.36	92.91	13.37	17.26	82.74	80	100
4	N° 16	1.18	67.11	9.66	26.91	73.09	50	85
5	N° 30	0.6	125.41	18.05	44.96	55.04	25	60
7	N° 50	0.3	177.01	25.47	70.43	29.57	10	30
8	N° 100	0.15	151.21	21.76	92.18	7.82	2	10
9	N° 200	0.075	45.51	6.55	98.73	1.27	0	5
10	Bandeja	—	8.80	1.27	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>			<b>695.00</b>	<b>100.00</b>				

**CURVA GRANULOMÉTRICA**


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: P. Anzoategui	 NOMBRE:
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA:	NOMBRE: P. Anzoategui FECHA: 16/05/24	NOMBRE: FECHA:

Nota. Ensayo previo al diseño de mezcla, determinando el módulo de finura del agregado fino.

Figura 14.

Protocolo Contenido de humedad de los agregados

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
	PROTOCOLO				
	ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
	NORMA: MTC E215 - ASTM C566 - NTP 339.185				
TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 $\text{kg/cm}^2$ , 2024."					
CANTERA:	La Ramona - Cajabamba		TIPO DE CANTERA:	Agregados de construcción	
UBICACIÓN:	Cajamarca		TIPO DE MUESTRA:	Grava 3/4"	TMN : 3/4"
FECHA DE MUESTRA:	01/05/2024		TIPO DE MUESTRA:	Grava 3/4"	TMN : 1 1/2"
FECHA DE ENSAYO:	02/04/2024		TIPO DE MUESTRA:	Grava 3/4"	TMN : 3/4"
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando				
REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel				




  

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO			
	T1	T2	T3
MASA DE TARA (gr)	80.50	73.10	73.40
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr)	500.00	500.00	500.00
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (gr)	479.10	479.00	479.20
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA (gr)	419.50	426.90	426.80
MASA DE LA MUESTRA SECA (gr)	398.60	405.90	405.80
MASA DEL AGUA (gr)	20.90	21.00	20.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.24	5.17	5.13
PROMEDIO (%)	5.18		

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO			
	T1	T2	T3
MASA DE TARA (gr)	179.00	160.80	160.00
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr)	600.40	601.20	600.90
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (gr)	597.10	598.70	597.70
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA (gr)	421.40	440.40	440.90
MASA DE LA MUESTRA SECA (gr)	418.10	437.90	437.70
MASA DEL AGUA (gr)	3.30	2.50	3.20
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.79	0.57	0.73
PROMEDIO (%)	0.70		


  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Pisco Ambrosio Henkle FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel FECHA: 16/06/2024

**Nota.** Ensayo necesario para el diseño de mezcla, se dejó el material por 24 horas en el horno.

Figura 15.

Protocolo peso unitario de los agregados

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
PROTOCOLO						
	<b>ENSAYO:</b>	PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS				
	<b>NORMA:</b>	MTC E 203 / ASTM C29 - NTP 400.017				
	<b>TESIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> , 2024."				
<b>CANTERA:</b>	La Ramona - Cajabamba			<b>TIPO DE CANTERA:</b>	Agregados de construcción	
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca			<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Arena gruesa y grava de 3/4"	<b>TMN:</b> 3/4"
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	01/05/2024			<b>MLF:</b>	2.56	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/05/2024					
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando					
<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel					

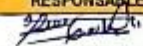
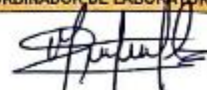

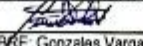
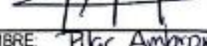
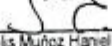
  

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		---	VOLUMEN MOLDE	0.009456233
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
1	Peso del molde + AG Compactado	kg	22.42	22.12	22.36	
2	Peso del molde	kg	5.37	5.37	5.37	
3	Peso del AG Compactado (C=A-B)	kg	17.05	16.75	16.99	
4	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO D=C/Vol. Molde.</b>	kg	1803.15	1771.11	1796.70	<b>1790.318</b>
5	Peso del molde + AG Suelto	kg	21.03	20.95	21.11	
7	Peso del AG Suelto (F=E-B)	kg	15.66	15.58	15.74	
8	<b>PESO UNITARIO SUELTO D=F/Vol. Molde.</b>	kg	1655.94	1647.91	1664.83	<b>1656.227</b>


PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
AGREGADO GRUESO		TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"	VOLUMEN MOLDE	0.009456233
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
1	Peso del molde + AG Compactado	kg	19.81	19.95	19.93	
2	Peso del molde	kg	5.37	5.37	5.37	
3	Peso del AG Compactado (C=A-B)	kg	14.44	14.58	14.56	
4	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO D=C/Vol. Molde.</b>	kg	1527.04	1541.52	1540.04	<b>1536.200</b>
5	Peso del molde + AG Suelto	kg	18.51	18.89	18.74	
7	Peso del AG Suelto (F=E-B)	kg	13.14	13.52	13.37	
8	<b>PESO UNITARIO SUELTO D=F/Vol. Molde.</b>	kg	1389.45	1429.32	1413.99	<b>1410.921</b>

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Haniel Solis Muñoz	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Haniel Solis Muñoz FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel FECHA: 16/06/2024

Nota. Se realizó tres ensayos de peso unitario para sacar un promedio, ensayo previo al diseño.

**Figura 16.**
*Protocolo peso específico y absorción de agregados*

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
PROTOCOLO						
	<b>ENSAYO:</b> PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					
	<b>NORMA:</b> MTC E206/205 – ASTM C127/128 – NTP 400.021/NTP 400.022					
	<b>TESIS:</b> "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> , 2024."					
<b>CANTERA:</b>	La Ramona - Cajabamba	<b>TIPO DE CANTERA:</b>	Agregados de construcción			
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Grava 3/4"	<b>TM :</b>	1 1/2" x 3/8"	
<b>FECHA DE MUESTRA:</b>	01/05/2024		Arena gruesa	<b>TMN :</b>	3/4" / 2.36 mm	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	08/05/2024					
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando					
<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel					

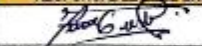
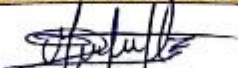
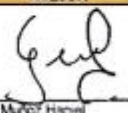
  

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	1	2	3	Promedio
A	Peso en el aire de la muestra seca	Gramos	2934.00	2986.30	2968.30	N.A
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (W <sub>ss</sub> )	Gramos	3001.80	3002.40	3000.10	N.A
C	Peso Sumergido en agua de la muestra saturada. (Utilizando canasta)	Gramos	1831.30	1867.30	1848.70	N.A
D	Peso específico aparente p.e.a(seco) = (A/B-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.51	2.63	2.58	2.57
E	Peso específico aparente saturada p.e.a(SSS) = (B/B-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.56	2.65	2.61	2.61
F	Peso específico nominal (seco) p.e.s(seco) = (A/A-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.67	2.65	2.66
G	Absorción %Abs = (B-A/A)*100	%	2.31	0.54	1.07	1.31

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	1	2	3	Promedio
A	Peso al aire de la muestra desecada (W <sub>s</sub> )	Gramos	497.5	496.1	499.67	N.A
B	Peso del picnómetro alorado lleno de agua	Gramos	1429.33	1429.33	1429.33	N.A
C	Peso del picnómetro alorado con la muestra y lleno de agua	Gramos	1740.10	1739.14	1741.29	N.A
D	Peso de la muestra saturada superficie seca (W <sub>ss</sub> )	Gramos	500	500	500	N.A
E	Peso específico aparente (seco) p.e.a(seco) = (A/B+S-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.61	2.65	2.63
F	Peso específico aparente (SSS) p.e.s(SSS) = (S/B+S-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.63	2.65	2.64
G	Peso específico nominal (seco) p.e.s(seco) = (A/B+A-C)	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	2.66
H	Absorción %Abs = (S-A/A)*100	%	0.5	0.79	0.07	0.45

N.A: NO APLICA

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ricardo Ambrosio H.	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

*Nota.* Se realizó tres ensayos para sacar un promedio, el más importante es el peso específico aparente de cada material, importante para el diseño de mezcla.

Figura 17.

Diseño de mezcla por método ACI ( American Concrete Institute )

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
<b>PROTOCOLO</b>	
<b>ENSAYO:</b>	DISEÑO DE MEZCLA POR MÉTODO ACI
<b>NORMA:</b>	ACI 211
<b>TESIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca
<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>	16/05/2024
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	22/05/2024
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando
<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel

DATOS GENERALES		DATOS DEL CEMENTO	
Resistencia del concreto:	210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo:	Pacasmayo-Ipo I
Peso específico del agua:	1000 kg/m <sup>3</sup>	Peso por bolsa de cemento:	42.5 kg
Aire incorporado:	NO	Peso específico:	3.1 g/cm <sup>3</sup>
Aditivos:	NO	Aire incorporado:	No

DATOS DEL AGREGADO	
<b>AGREGADO FINO</b>	
Peso Unitario Suelto Seco:	1656.227 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado Seco:	1790.318 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	2.66 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción:	0.45%
Contenido de humedad:	5.18%
Módulo de finura:	2.95
Tamaño máximo nominal:	3/4"

AGREGADO GRUESO	
Peso Unitario Suelto Seco:	1410.92 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado Seco:	1536.2 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	2.66 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción:	1.31%
Contenido de humedad:	0.70%
Módulo de finura:	—
Tamaño máximo nominal:	3/4"

**1. RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA**

$$f'_{cr} = f'_{c'} + 84$$

$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

**2. SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO**

Asentamiento = 3"

Consistencia = plástica

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0"-2"	Poco trabajable
Plástica	3"-4"	Trabajable
Húmeda	>5"	Muy Trabajable

**3. CONTENIDO DE AIRE**

Temperatura (°C)	Aire (Porcentaje)
3.0°	3.0%
1.0°	3.0%
0.0°	3.0%
1°	3.0%
1.10°	3.0%
2°	3.0%
3°	3.0%
6°	3.0%

TMN = 34"

Porcentaje = 2%

**4. RELACIÓN AGUA / CEMENTO (A/C)**

$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

Sin aire incorporado

$f'_{cr}$ (28 días)	RELACIÓN - AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
294	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61

**5. PESO DEL AGUA**

Temperatura (°C)	Peso (kg/m <sup>3</sup> )
3.0°	999.8
1.0°	999.8
0.0°	999.8
1°	999.8
1.10°	999.8
2°	999.8
3°	999.8
6°	999.8

**6. PESO DEL CEMENTO**

$$C = \frac{a}{R a / f'_{cr}}$$

Vol. Unitario agua = 205 lts/m<sup>3</sup>

Peso agua = 205 kg

Factor cemento (Fc) = 8.61 bolsas

**7. VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO**

TMN = 3/4"

Módulo de finura A.F. = 2.56

Temperatura (°C)	Vol. (m <sup>3</sup> )
3.0°	0.50
1.0°	0.50
0.0°	0.50
1°	0.50
1.10°	0.50
2°	0.50
3°	0.50
6°	0.50

**INTERPOLANOS**

$$\frac{(300 - 250)}{(294 - 250)} = \frac{(0.55 - 0.62)}{x - 0.62}$$

$$\frac{50}{44} = \frac{-0.07}{x - 0.62}$$

$$x = \frac{-0.07(44)}{50} + 0.62$$

$$x = 0.5584$$

**a/c = 0.56**

**7.1 PESO TOTAL DEL AGREGADO GRUESO**

Peso unitario compactado seco = 1536.2 kg/m<sup>3</sup>

Peso total del A.G. = P.U. C.S + Vol. A.G.

Peso total del A.G. = 989.3128 kg

**8. VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES PARA EL CONCRETO**

**8.1 VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO**

Peso del cemento = 366.07 kg

Peso esp. del cemento = 3100 kg/m<sup>3</sup>

Vol. absoluto del cemento = 0.118 m<sup>3</sup>

**8.2 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO**

Peso del A.G. = 989.3128 kg

Peso específico del A.G. = 2660 kg/m<sup>3</sup>

Vol. absoluto del A.G. = 0.372 m<sup>3</sup>

**8.3 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA**  
 Peso del Agua = 205 kg  
 Peso específico del Agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 $Vol. absoluto del Agua = \frac{Peso del Agua}{Peso esp. del Agua} = 0.205 \text{ m}^3$

**8.4 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE ATRAPADO**  
 Aire atrapado = 2%  
 $Vol. absoluto del Aire = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$

**8.5 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO**  
 Sumatoria de volúmenes absolutos = 0.715 m<sup>3</sup>  
 Por un metro cúbico de concreto = 1.00 m<sup>3</sup>  
 Volumen absoluto del agregado fino = 0.285 m<sup>3</sup>  
 Peso esp. del agregado fino = 2660 kg/m<sup>3</sup>  
 $Peso del A.F. = Vol. absoluto A.F. \times Peso esp. A.F. = 758.07 \text{ kg}$

**9. CORRECCIÓN DE LOS AGREGADOS**

**9.1 POR HUMEDAD**  
**9.1.1. AGREGADO FINO**  
 Contenido de humedad del A.F. = 5.18%  
 $Corrección del A.F. = Peso A.F. \times (Cont. humedad + 1) = 797.35$

**9.1.2. AGREGADO GRUESO**  
 Contenido de humedad del A.G. = 0.7%  
 $Corrección del A.G. = Peso A.G. \times (Cont. humedad + 1) = 996.21$

**9.2 POR ABSORCIÓN**  
**9.2.1. AGREGADO FINO**  
 Contenido de humedad del A.F. = 5.18%  
 Porcentaje de absorción del A.F. = 0.45%  
 $Corrección del A.F. = Peso A.G. \times (humedad - \% absorción) = 35.86 \text{ kg}$


**9.2.2. AGREGADO GRUESO**  
 Contenido de humedad del A.F. = 0.70%  
 Porcentaje de absorción del A.F. = 1.31%  
 $Corrección del A.F. = Peso A.G. \times (humedad - \% absorción) = 4.26 \text{ kg}$   
**Agua libre = 29.8 lt**

**10. AGUA EFECTIVA**  
 $Agua efectiva = Peso del agua - agua libre$   
 $Agua efectiva = 175.20 \text{ kg/t}$

**12. PROPORCIONES**  
**12.1 POR PESO**  
 $\frac{Peso Cemento}{Peso Agregado} = 1$   
 $Corrección del Ag.Fino por humedad = 2.18$   
 $Agregado Fino = \frac{Peso Agregado}{Corrección} = 2.18$

**11. CEMENTO EFECTIVO**  
 $\frac{Peso agua}{Relación a/c} = Cemento efectivo = 966.07 \text{ kg}$

**12.2 POR BOLSAS DE CEMENTO (42.5 kg)**  
 Cemento efectivo = 1 bta  
 Agregado Fino = 92.75 kg/bta  
 Agregado Grueso = 115.66 kg/bta  
 $Agua = \frac{agua efectiva}{c} = 20.34 \text{ lt/bta}$

**12.3 POR PROBETAS CILÍNDRICAS**  
  
 Datos de la probeta:  
 Altura = 0.3 m  
 Diámetro = 0.15 m  
 Volumen = 0.005 m<sup>3</sup>  
 N° de probetas = 6

	Con desperdicio	
	5%	10%
Cemento = Peso del cemento x volumen total = 30.98 kg	11.53	12.08
Agregado fino = Peso del A.F. x volumen total = 32.92 kg	25.12	26.31
Agregado Grueso = Peso del A.G. x volumen total = 39.89 kg	31.38	32.87
Agua = Agua efectiva x volumen total = 5.26 lt	5.52	5.78

	filler	cemento
5%	0.6 kg +	11.48035714
10%	1.21 kg +	10.87035714
15%	1.81 kg +	10.27035714
	3.62 kg	


**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair		
	NOMBRE: Herrera Terán Luis E.	NOMBRE: Solís Muñoz Haniel
FECHA: 22/05/2024	FECHA: 22/05/2024	FECHA: 22/05/2024

Nota. El cálculo de las proporciones se realizó en función del volumen de las dimensiones para probetas de concreto estándar.

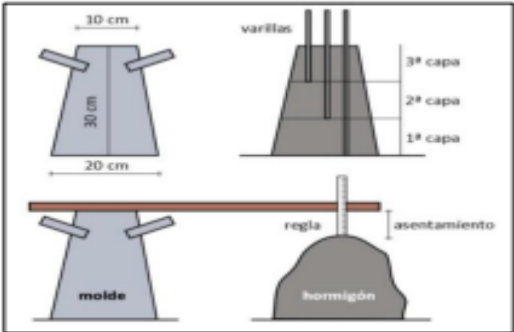
Figura 18.

Protocolo de trabajabilidad o asentamiento del concreto

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO ( SLUMP )	
	<b>NORMA:</b>	MTC E705 – ASTM C143 – NTP 339.035	
<b>TESIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>	* Método ACI *
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	03/06/2024 - 05/06/24	<b>TIEMPO DE ENSAYO</b>	3.8 min en promedio
<b>DISEÑO DE CONSISTENCIA:</b>	Plástica 3" - 4"		
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		
<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel		

**DIMENSIONES Y METODOLOGIA DEL CONO DE ABRAMS**



METODOLOGÍA DE ENSAYO		SLUMP		
CAPAS	# DE GOLPES	CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
1	25	Seca	0" - 2"	Poco trabajable
2	25	Plástica	3" - 4"	Trabajable
3	25	Fluida	> 5"	Muy trabajable

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN	
Slump	3.5"
Consistencia	Plástica

DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE SUSTITUCIÓN	
Slump	3.4"
Consistencia	Plástica





  

DISEÑO DE MEZCLA CON 10% DE SUSTITUCIÓN	
Slump	3.8"
Consistencia	Plástica

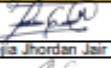

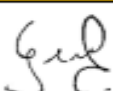
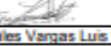
  

DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE SUSTITUCIÓN	
Slump	3.4"
Consistencia	0


  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE:	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 18/06/2024	FECHA: 18/06/2024	FECHA: 18/06/2024

Nota. El presente ensayo se realizó en un tiempo menor a cinco minutos.


Figura 19.

Protocolo de control de temperatura en el concreto

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO	
	<b>NORMA:</b>	MTC E 724 – ASTM C1064 – NTP 339.184	
<b>TESIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
<b>UBICACIÓN:</b>	Cajamarca	<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>	" Método ACI "
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	03/06/2024 - 05/06/24	<b>TIEMPO DE ENSAYO</b>	2.5 min en promedio
<b>DISEÑO DE CONSISTENCIA:</b>	Plástica 3"- 4"		
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair		
	Gonzales Vargas Luis Fernando		
<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel		

### MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO









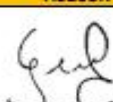
DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN	
Temperatura	18.3 °C
Consistencia	Plástica

DISEÑO DE MEZCLA CON 5% DE SUSTITUCIÓN	
Temperatura	19.9 °C
Consistencia	Plástica

DISEÑO DE MEZCLA CON 10% DE SUSTITUCIÓN	
Temperatura	22.3 °C
Consistencia	Plástica

DISEÑO DE MEZCLA CON 15% DE SUSTITUCIÓN	
Temperatura	21.7 °C
Consistencia	Plástica







OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair		
NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando	NOMBRE:	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
FECHA: 18/06/2024	FECHA: 18/06/2024	FECHA: 18/06/2024

Nota. El presente ensayo se realizó en menos de cinco minutos.

Figura 20.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOKOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TEMA:		"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra Patrón 01	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.947	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024		30.01	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	175.47	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solís Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	ε
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1588	11.4	0.000529
3	4000	0.1832	22.8	0.000610
4	6000	0.1960	34.19	0.000653
5	8000	0.2036	45.59	0.000678
6	10000	0.2100	56.99	0.000700
7	12000	0.2140	68.39	0.000713
8	14000	0.2188	79.79	0.000729
9	16000	0.2208	91.18	0.000736
10	18000	0.2244	102.58	0.000748
11	20000	0.2268	113.98	0.000756
12	22000	0.2312	125.38	0.000770
13	24000	0.2340	136.78	0.000780
14	26000	0.2364	148.17	0.000788
15	28000	0.2380	159.57	0.000793
16	30000	0.2388	170.97	0.000796
17	32000	0.2392	182.37	0.000797
18	34000	0.2412	193.77	0.000804

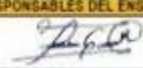



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	ε
19	36000	0.2428	205.16	0.000809
20	38000	0.2440	216.56	0.000813
21	40000	0.2448	227.96	0.000816
22	42000	0.2464	239.36	0.000821
23	44000	0.2476	250.76	0.000825
24	46000	0.2484	262.15	0.000828
25	46452	0.2500	264.73	0.000833
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solís Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

Nota. Muestra 01 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 21.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
	TEMA:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*		
ID PROBETA:	Muestra Patrón 02	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		15.053	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024		30.143	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	177.97	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1672	11.24	0.000555
3	4000	0.1880	22.48	0.000624
4	6000	0.1960	33.71	0.000650
5	8000	0.2056	44.95	0.000682
6	10000	0.2112	56.19	0.000701
7	12000	0.2152	67.43	0.000714
8	14000	0.2172	78.66	0.000721
9	16000	0.2212	89.9	0.000734
10	18000	0.2252	101.14	0.000747
11	20000	0.2276	112.38	0.000755
12	22000	0.2308	123.62	0.000766
13	24000	0.2332	134.85	0.000774
14	26000	0.2360	146.09	0.000783
15	28000	0.2380	157.33	0.000790
16	30000	0.2408	168.57	0.000799
17	32000	0.2420	179.81	0.000803
18	34000	0.2440	191.04	0.000809

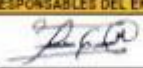

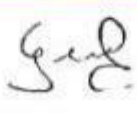

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	36000	0.2468	202.28	0.000819
20	38000	0.2484	213.52	0.000824
21	40000	0.2504	224.76	0.000831
22	41063	0.2528	230.73	0.000839
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

Nota. Muestra 02 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 22.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
PROTOCOLO					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS					
MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034					
TÍTULO: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."					
ID PROBETA:		Muestra Patrón 03		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:		03/06/2024		15.037	
FECHA DE CURADO INICIAL:		04/06/2024		A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:		11/06/2024		30.026	
EDAD DE LA PROBETA:		7 días		ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	
				177.6	
RESPONSABLES:			Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1520	11.26	0.000506
3	4000	0.1760	22.52	0.000586
4	6000	0.1884	33.78	0.000627
5	8000	0.1988	45.05	0.000662
6	10000	0.2076	56.31	0.000691
7	12000	0.2140	67.57	0.000713
8	14000	0.2200	78.83	0.000733
9	16000	0.2256	90.09	0.000751
10	18000	0.2292	101.35	0.000763
11	20000	0.2340	112.61	0.000779
12	22000	0.2388	123.87	0.000795
13	24000	0.2420	135.14	0.000806
14	26000	0.2444	146.4	0.000814
15	28000	0.2484	157.66	0.000827
16	30000	0.2516	168.92	0.000838
17	32000	0.2536	180.18	0.000845
18	34000	0.2552	191.44	0.000850



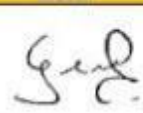

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19	36000	0.2572	202.7	0.000857
20	38000	0.2592	213.96	0.000863
21	40000	0.2612	225.23	0.000870
22	40366	0.2636	227.29	0.000878
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Yerin	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
		
NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel	
FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 23.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS	
	NORMA:	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034	
TEMA:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra Patrón 04	DIÁMETRO PROBETA (cm):	D. prom 14.983
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 30.027
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	176.32
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024	RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0332	11.34	0.000111
3	4000	0.0540	22.69	0.000180
4	6000	0.0644	34.03	0.000214
5	8000	0.0712	45.37	0.000237
6	10000	0.0792	56.72	0.000264
7	12000	0.0840	68.06	0.000280
8	14000	0.0876	79.4	0.000292
9	16000	0.0908	90.74	0.000302
10	18000	0.0940	102.09	0.000313
11	20000	0.0980	113.43	0.000326
12	22000	0.1004	124.77	0.000334
13	24000	0.1048	136.12	0.000349
14	26000	0.1076	147.46	0.000358
15	28000	0.1100	158.8	0.000366
16	30000	0.1112	170.15	0.000370
17	32000	0.1136	181.49	0.000378
18	34000	0.1160	192.83	0.000386

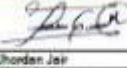



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
19	36000	0.1172	204.17	0.00039
20	38000	0.1200	215.52	0.00040
21	40000	0.1224	226.86	0.00041
22	42000	0.1240	238.2	0.00041
23	44000	0.1268	249.55	0.00042
24	46000	0.1280	260.89	0.00043
25	48120	0.1308	261.57	0.00044
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herres Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 04 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 24.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
NORMA:		MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
TÍTULO:		*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*		
ID PROBETA:	Muestra 01 al 5%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom 15.000	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 30.211	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	AREA (cm2):	176.72	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024	RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0368	11.32	0.000122
3	4000	0.0532	22.63	0.000176
4	6000	0.0628	33.95	0.000208
5	8000	0.0728	45.27	0.000241
6	10000	0.0792	56.59	0.000262
7	12000	0.0848	67.9	0.000281
8	14000	0.0880	79.22	0.000291
9	16000	0.0912	90.54	0.000302
10	18000	0.0956	101.86	0.000316
11	20000	0.1000	113.17	0.000331
12	22000	0.1040	124.49	0.000344
13	24000	0.1064	135.81	0.000352
14	26000	0.1100	147.13	0.000364
15	28000	0.1132	158.44	0.000375
16	30000	0.1152	169.76	0.000381
17	32000	0.1172	181.08	0.000388
18	34000	0.1192	192.39	0.000395



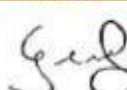

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
19	36000	0.1220	203.71	0.000404
20	38000	0.1236	215.03	0.000409
21	38466	0.1268	217.67	0.000420
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

Nota. Muestra 01 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 25.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	NORMA: MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
	TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
ID PROBETA:	Muestra 02 al 5%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			14.984
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024			30.066
EDAD DE LA PROBETA:	7 días		AREA (cm <sup>2</sup> ):	176.35
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0368	11.34	0.000122
3	4000	0.0528	22.68	0.000176
4	6000	0.0620	34.02	0.000206
5	8000	0.0720	45.36	0.000239
6	10000	0.0784	56.71	0.000261
7	12000	0.0840	68.05	0.000279
8	14000	0.0924	79.39	0.000307
9	16000	0.0976	90.73	0.000325
10	18000	0.1032	102.07	0.000343
11	20000	0.1072	113.41	0.000357
12	22000	0.1096	124.75	0.000365
13	24000	0.1140	136.09	0.000379
14	26000	0.1188	147.43	0.000395
15	28000	0.1232	158.78	0.000410
16	30000	0.1264	170.12	0.000420
17	32000	0.1288	181.46	0.000428
18	34000	0.1308	192.8	0.000435

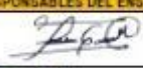

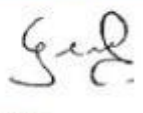

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	34881	0.1336	197.79	0.000444
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

Nota. Muestra 02 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 26.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	NORMA: MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
TEMA: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
ID PROBETA:	Muestra 03 al 5%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		15.037	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024		30.026	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	177.6	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Hariel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0324	11.26	0.000108
3	4000	0.0512	22.52	0.000171
4	6000	0.0604	33.78	0.000201
5	8000	0.0704	45.05	0.000234
6	10000	0.0740	56.31	0.000246
7	12000	0.0800	67.57	0.000266
8	14000	0.0836	78.83	0.000278
9	16000	0.0848	90.09	0.000282
10	18000	0.0912	101.35	0.000304
11	20000	0.0960	112.61	0.000320
12	22000	0.1004	123.87	0.000334
13	24000	0.1052	135.14	0.000350
14	26000	0.1096	146.4	0.000365
15	28000	0.1152	157.66	0.000384
16	30000	0.1172	168.92	0.000390
17	32000	0.1196	180.18	0.000398
18	34000	0.1208	191.44	0.000402



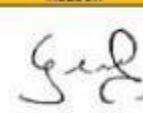

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	36000	0.1232	202.7	0.000410
20	38000	0.1256	213.96	0.000418
21	40000	0.1292	225.23	0.000430
22	41127	0.1328	231.57	0.000442
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Tenán	 NOMBRE: Solis Muñoz Hariel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 27.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
<b>NORMA:</b>	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
<b>TEMA:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 04 al 5%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.107	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.117	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	179.24	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/06/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	7 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.00000
2	2000	0.0312	11.16	0.00010
3	4000	0.0404	22.32	0.00013
4	6000	0.0532	33.47	0.00018
5	8000	0.0632	44.63	0.00021
6	10000	0.0720	55.79	0.00024
7	12000	0.0816	66.95	0.00027
8	14000	0.0864	78.11	0.00029
9	16000	0.0896	89.27	0.00030
10	18000	0.0924	100.42	0.00031
11	20000	0.0960	111.58	0.00032
12	22000	0.0976	122.74	0.00032
13	24000	0.0992	133.9	0.00033
14	26000	0.1020	145.06	0.00034
15	28000	0.1056	156.22	0.00035
16	29468	0.1104	164.41	0.00037
17				
18				

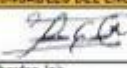



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 04 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 28.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
TEMA:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
ID PROBETA:	Muestra 01 al 10%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	14.924	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	30.064	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	RESPONSABLES:		
Gil Mejía Jhordan Jair		Gonzales Vargas Luis Fernando		


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0356	11.43	0.000118
3	4000	0.0520	22.86	0.000173
4	6000	0.0616	34.3	0.000205
5	8000	0.0712	45.73	0.000237
6	10000	0.0772	57.16	0.000257
7	12000	0.0828	68.59	0.000275
8	14000	0.0888	80.03	0.000295
9	16000	0.0960	91.46	0.000319
10	18000	0.1000	102.89	0.000333
11	20000	0.1032	114.32	0.000343
12	22000	0.1072	125.76	0.000357
13	24000	0.1092	137.19	0.000363
14	26000	0.1128	148.62	0.000375
15	28000	0.1172	160.05	0.000390
16	29773	0.1196	170.19	0.000398
17				
18				

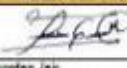

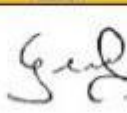
N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Yanán FECHA: 16/06/2024	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 29.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
TEMA:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
ID PROBETA:	Muestra 02 al 10%	DIÁMETRO PROBETA (cm):	D. prom 14.897	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 29.944	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	AREA (cm <sup>2</sup> ):	174.29	
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0480	11.48	0.000160
3	4000	0.0684	22.95	0.000228
4	6000	0.0780	34.43	0.000260
5	8000	0.0900	45.9	0.000301
6	10000	0.0956	57.38	0.000319
7	12000	0.1040	68.85	0.000347
8	14000	0.1100	80.33	0.000367
9	16000	0.1172	91.8	0.000391
10	18000	0.1196	103.28	0.000399
11	20000	0.1216	114.75	0.000406
12	22000	0.1240	126.23	0.000414
13	24000	0.1244	137.7	0.000415
14	26000	0.1256	149.18	0.000419
15	28000	0.1300	160.65	0.000434
16	28456	0.1312	163.27	0.000438
17				
18				

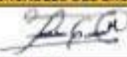

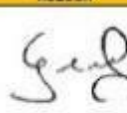

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 30.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOCOLO			
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS		
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
<b>TEMA:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 03 al 10%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 14.849	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.164	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	173.17	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	11/06/2024	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	7 días	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0372	11.55	0.000123
3	4000	0.0552	23.1	0.000183
4	6000	0.0612	34.65	0.000203
5	8000	0.0720	46.2	0.000239
6	10000	0.0828	57.75	0.000274
7	12000	0.0940	69.3	0.000312
8	14000	0.0992	80.85	0.000329
9	16000	0.1024	92.39	0.000339
10	18000	0.1080	103.94	0.000358
11	20000	0.1124	115.49	0.000373
12	22000	0.1172	127.04	0.000389
13	24000	0.1188	138.59	0.000394
14	26000	0.1228	150.14	0.000407
15	28000	0.1256	161.69	0.000416
16	30000	0.1280	173.24	0.000424
17	31758	0.1304	183.39	0.000432
18				





N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 31.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	NORMA: MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TESIS: *Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*				
ID PROBETA:	Muestra 04 al 10%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			15.040
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	11/06/2024			30.211
EDAD DE LA PROBETA:	7 días		AREA (cm2):	177.65
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0324	11.26	0.000107
3	4000	0.0504	22.52	0.000167
4	6000	0.0636	33.77	0.000211
5	8000	0.0776	45.03	0.000257
6	10000	0.0876	56.29	0.000290
7	12000	0.0960	67.55	0.000318
8	14000	0.1036	78.81	0.000343
9	16000	0.1092	90.06	0.000361
10	18000	0.1140	101.32	0.000377
11	20000	0.1192	112.58	0.000395
12	22000	0.1228	123.84	0.000406
13	24000	0.1260	135.1	0.000417
14	26000	0.1288	146.36	0.000426
15	27904	0.1352	157.07	0.000448
16				
17				
18				

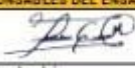



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

**Nota.** Muestra 04 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 32.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
TÍTULO:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
ID PROBETA:	Muestra 01 al 15%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		15.139	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	13/06/2024		30.691	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	180	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0280	11.11	0.000091
3	4000	0.0468	22.22	0.000152
4	6000	0.0560	33.33	0.000182
5	8000	0.0640	44.44	0.000209
6	10000	0.0680	55.56	0.000222
7	12000	0.0752	66.67	0.000245
8	14000	0.0800	77.78	0.000261
9	16000	0.0828	88.89	0.000270
10	18000	0.0852	100	0.000278
11	20000	0.0880	111.11	0.000287
12	22000	0.0928	122.22	0.000302
13	24000	0.0956	133.33	0.000311
14	26000	0.1008	144.44	0.000328
15	28000	0.1036	155.56	0.000338
16	28464	0.1056	158.13	0.000344
17				
18				

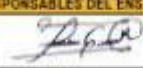



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024		

Nota. Muestra 01 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 33.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
<b>TESIS:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 02 al 15%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.133	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.579	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm<sup>2</sup>):</b>	179.85	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	13/06/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	7 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	


  

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0464	11.12	0.000152
3	4000	0.0880	22.24	0.000222
4	6000	0.0784	33.36	0.000256
5	8000	0.0904	44.48	0.000296
6	10000	0.0988	55.6	0.000323
7	12000	0.1080	66.72	0.000353
8	14000	0.1160	77.84	0.000379
9	16000	0.1236	88.96	0.000404
10	18000	0.1312	100.08	0.000429
11	20000	0.1344	111.2	0.000440
12	22000	0.1416	122.32	0.000463
13	23788	0.1456	132.27	0.000476
14				
15				
16				
17				
18				

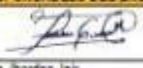

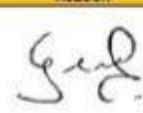

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán FECHA: 16/06/2024	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 34.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 7 días, 15% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS	
	NORMA:		MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034	
TEMA:		"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra 03 al 15%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	14.885	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	13/06/2024		30.042	
EDAD DE LA PROBETA:	7 días		174.01	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0324	11.49	0.000108
3	4000	0.0480	22.99	0.000160
4	6000	0.0600	34.48	0.000200
5	8000	0.0676	45.97	0.000225
6	10000	0.0720	57.47	0.000240
7	12000	0.0768	68.96	0.000256
8	14000	0.0820	80.46	0.000273
9	16000	0.0880	91.95	0.000293
10	18000	0.0920	103.44	0.000306
11	20000	0.0960	114.94	0.000320
12	22000	0.0996	126.43	0.000332
13	24000	0.1048	137.92	0.000349
14	26000	0.1080	149.42	0.000359
15	28000	0.1120	160.91	0.000373
16	30000	0.1148	172.4	0.000382
17	30226	0.1176	173.7	0.000391
18				

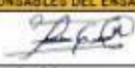



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Yanín	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024	FECHA: 16/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 35.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón


LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS				
<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034				
<b>TEMA:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra Patrón 01	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom		
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		14.996		
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024		30.063		
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>):</b>	176.62		
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhonatan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	





N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$	N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000	23	42000	0.2460	237.8	0.000818
2	2000	0.1548	11.32	0.000515	24	44000	0.2480	249.12	0.000825
3	4000	0.1792	22.65	0.000596	25	46000	0.2500	260.45	0.000832
4	6000	0.1920	33.97	0.000639	26	48000	0.2524	271.77	0.000840
5	8000	0.2016	45.29	0.000671	27	49006	0.2556	277.47	0.000850
6	10000	0.2084	56.62	0.000693					
7	12000	0.2120	67.94	0.000705					
8	14000	0.2180	79.27	0.000725					
9	16000	0.2204	90.59	0.000733					
10	18000	0.2252	101.91	0.000749					
11	20000	0.2268	113.24	0.000754					
12	22000	0.2308	124.56	0.000768					
13	24000	0.2340	135.88	0.000778					
14	26000	0.2364	147.21	0.000786					
15	28000	0.2380	158.53	0.000792					
16	30000	0.2388	169.86	0.000794					
17	32000	0.2392	181.18	0.000796					
18	34000	0.2412	192.5	0.000802					
19	36000	0.2428	203.83	0.000808					
20	38000	0.2440	215.15	0.000812					
21	40000	0.2448	226.47	0.000814					

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhonatan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrem Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 36.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
PROTOCOLO					
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS				
<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034				
<b>TEMA:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*				
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra Patrón 02	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.063		
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.04		
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm<sup>2</sup>):</b>	178.2		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhonatan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel		


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1472	11.22	0.000490
3	4000	0.1680	22.45	0.000559
4	6000	0.1760	33.67	0.000586
5	8000	0.1860	44.89	0.000619
6	10000	0.1952	56.12	0.000650
7	12000	0.2008	67.34	0.000668
8	14000	0.2032	78.56	0.000676
9	16000	0.2056	89.79	0.000684
10	18000	0.2112	101.01	0.000703
11	20000	0.2128	112.23	0.000708
12	22000	0.2152	123.46	0.000716
13	24000	0.2176	134.68	0.000724
14	26000	0.2200	145.9	0.000732
15	28000	0.2232	157.13	0.000743
16	30000	0.2264	168.35	0.000754
17	32000	0.2288	179.57	0.000762
18	34000	0.2340	190.8	0.000779
19	36000	0.2356	202.02	0.000784
20	38000	0.2372	213.24	0.000790
21	40000	0.2400	224.47	0.000799

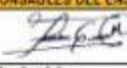


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
22	42000	0.2468	235.69	0.000822
23	44000	0.2492	246.91	0.000830
24	46000	0.2512	258.14	0.000836
25	47252	0.2524	265.16	0.000840
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhonatan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 37.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034	
TESIS:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra Patrón 03	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom 15.057
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 30.158
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	EDAD DE LA PROBETA:	14 días
FECHA DE ENSAYO:	18/06/2024	AREA (cm2):	178.06
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	εu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1472	11.23	0.000488
3	4000	0.1724	22.46	0.000572
4	6000	0.1960	33.7	0.000617
5	8000	0.1928	44.93	0.000639
6	10000	0.1996	56.16	0.000662
7	12000	0.2104	67.39	0.000698
8	14000	0.2200	78.63	0.000729
9	16000	0.2256	89.86	0.000748
10	18000	0.2284	101.09	0.000757
11	20000	0.2352	112.32	0.000780
12	22000	0.2384	123.55	0.000791
13	24000	0.2420	134.79	0.000802
14	26000	0.2448	146.02	0.000812
15	28000	0.2472	157.25	0.000820
16	30000	0.2500	168.48	0.000829
17	32000	0.2532	179.71	0.000840
18	34000	0.2556	190.95	0.000848
19	36000	0.2572	202.18	0.000853
20	38000	0.2588	213.41	0.000858

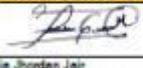



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	εu
21	40000	0.2600	224.64	0.000862
22	42000	0.2616	235.88	0.000867
23	44000	0.2632	247.11	0.000873
24	44921	0.2648	252.28	0.000878
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán FECHA: 24/06/2024	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 38.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TEMA:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
ID PROBETA:	Muestra Patrón 04		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			15.068
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	18/06/2024			30.059
EDAD DE LA PROBETA:	14 días		AREA (cm2):	178.32
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1336	11.22	0.000444
3	4000	0.1436	22.43	0.000478
4	6000	0.1476	33.65	0.000491
5	8000	0.1520	44.86	0.000506
6	10000	0.1592	56.08	0.000530
7	12000	0.1640	67.29	0.000546
8	14000	0.1676	78.51	0.000558
9	16000	0.1708	89.73	0.000568
10	18000	0.1740	100.94	0.000579
11	20000	0.1784	112.16	0.000593
12	22000	0.1800	123.37	0.000599
13	24000	0.1832	134.59	0.000609
14	26000	0.1876	145.81	0.000624
15	28000	0.1900	157.02	0.000632
16	30000	0.1912	168.24	0.000636
17	32000	0.1940	179.45	0.000645
18	34000	0.1964	190.67	0.000653
19	36000	0.1984	201.88	0.000660
20	38000	0.1996	213.1	0.000664

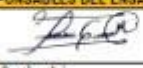



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
20	40000	0.2016	224.32	0.000671
21	42000	0.2040	235.53	0.000679
22	44000	0.2064	246.75	0.000687
23	46000	0.2080	257.96	0.000692
24	47994	0.2104	269.15	0.000700
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024		

Nota. Muestra 04 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 39.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO				
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS				
	NORMA: MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034				
TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."					
ID PROBETA:	Muestra 01 al 5%			DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom:
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			ALTURA (cm):	15.000
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024			AREA (cm2):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	18/06/2024			REVISADO POR:	30.063
EDAD DE LA PROBETA:	14 días				176.71
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando				Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0408	11.32	0.000136
3	4000	0.0520	22.64	0.000173
4	6000	0.0604	33.95	0.000201
5	8000	0.0732	45.27	0.000243
6	10000	0.0796	56.59	0.000265
7	12000	0.0860	67.91	0.000286
8	14000	0.0880	79.23	0.000293
9	16000	0.0916	90.54	0.000305
10	18000	0.0952	101.86	0.000317
11	20000	0.0980	113.18	0.000326
12	22000	0.1008	124.5	0.000335
13	24000	0.1036	135.82	0.000345
14	26000	0.1072	147.13	0.000357
15	28000	0.1100	158.45	0.000366
16	30000	0.1124	169.77	0.000374
17	32000	0.1168	181.09	0.000389
18	34000	0.1184	192.41	0.000394
19	36000	0.1200	203.72	0.000399
20	38000	0.1232	215.04	0.000410



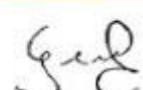

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
20	40000	0.1264	226.36	0.000420
21	42000	0.1280	237.68	0.000426
22	42883	0.1316	242.67	0.000438
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrem Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024		

Nota. Muestra 01 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 40.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		
	PROTOKOLO		
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034	
<b>TEMA:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 02 al 5%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.021
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.216
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	177.21
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0492	11.29	0.000163
3	4000	0.0568	22.57	0.000188
4	6000	0.0624	33.86	0.000207
5	8000	0.0704	45.14	0.000233
6	10000	0.0752	56.43	0.000249
7	12000	0.0788	67.72	0.000261
8	14000	0.0860	79	0.000285
9	16000	0.0896	90.29	0.000297
10	18000	0.0956	101.57	0.000316
11	20000	0.0976	112.86	0.000323
12	22000	0.1016	124.15	0.000336
13	24000	0.1052	135.43	0.000348
14	26000	0.1084	146.72	0.000359
15	28000	0.1152	158	0.000381
16	30000	0.1180	169.29	0.000391
17	32000	0.1228	180.58	0.000406
18	34000	0.1264	191.86	0.000418





N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19	35667	0.1304	201.27	0.000432
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrez Tenán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 41.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución

	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	<b>PROTOCOLO</b>			
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TEBIS:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 03 al 5%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		15.135	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024		30.673	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>AREA (cm2):</b>	179.91	
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0728	11.12	0.000237
3	4000	0.0816	22.23	0.000266
4	6000	0.0872	33.35	0.000284
5	8000	0.0936	44.47	0.000305
6	10000	0.0976	55.58	0.000318
7	12000	0.1024	66.7	0.000334
8	14000	0.1056	77.82	0.000344
9	16000	0.1088	88.93	0.000355
10	18000	0.1128	100.05	0.000368
11	20000	0.1184	111.17	0.000386
12	22000	0.1204	122.28	0.000393
13	24000	0.1268	133.4	0.000413
14	26000	0.1300	144.52	0.000424
15	28000	0.1312	155.63	0.000428
16	30000	0.1336	166.75	0.000436
17	32000	0.1356	177.87	0.000442
18	34000	0.1384	188.98	0.000451
19	36000	0.1396	200.1	0.000455

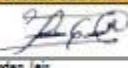



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
20	38000	0.1408	211.22	0.000459
21	40000	0.1420	222.33	0.000463
22	42000	0.1448	233.45	0.000472
23	42355	0.1472	235.42	0.000480
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 42.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO				
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS				
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034				
ENSAYO:					
NORMA:					
TESIS:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*				
ID PROBETA:	Muestra 04 al 5%		DIÁMETRO PROBETA (cm)		D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024				14.996
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):		A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	18/06/2024				30.26
EDAD DE LA PROBETA:	14 días		AREA (cm <sup>2</sup> ):		176.62
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:		Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0340	11.32	0.000112
3	4000	0.0440	22.65	0.000145
4	6000	0.0532	33.97	0.000176
5	8000	0.0592	45.29	0.000196
6	10000	0.0700	56.62	0.000231
7	12000	0.0756	67.94	0.000250
8	14000	0.0852	79.27	0.000282
9	16000	0.0880	90.59	0.000291
10	18000	0.0908	101.91	0.000300
11	20000	0.0932	113.24	0.000308
12	22000	0.0952	124.56	0.000315
13	24000	0.0968	135.88	0.000320
14	26000	0.0988	147.21	0.000327
15	28000	0.1004	158.53	0.000332
16	30000	0.1020	169.86	0.000337
17	32000	0.1036	181.18	0.000342
18	34000	0.1056	192.5	0.000349
19	36000	0.1076	203.83	0.000356

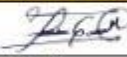

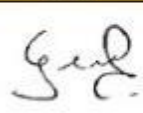

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
20	38000	0.1084	215.15	0.000358
21	40000	0.1100	226.47	0.000364
22	42000	0.1108	237.8	0.000366
23	43546	0.1128	246.55	0.000373
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Henares Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024		

Nota. Muestra 04 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 43.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOKOLO			
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TENS:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 01 al 10%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		14.920	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024		30.05	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>AREA (cm2):</b>	174.83	
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	

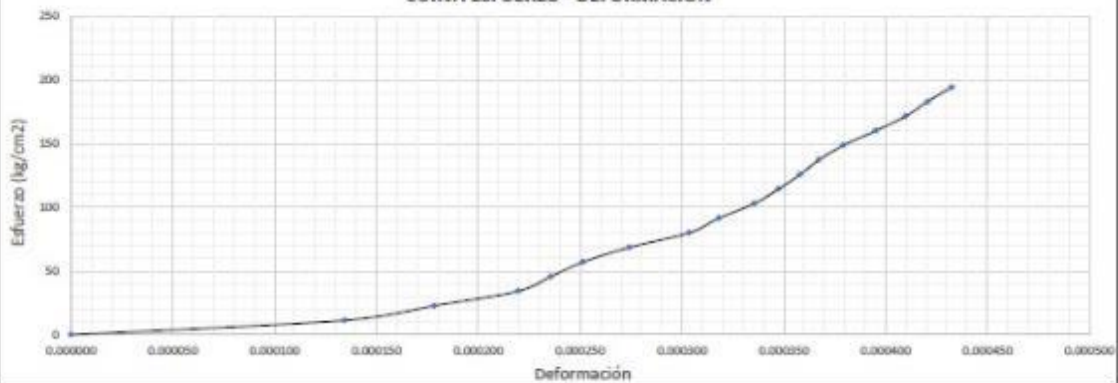
N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0404	11.44	0.000134
3	4000	0.0536	22.88	0.000178
4	6000	0.0660	34.32	0.000220
5	8000	0.0708	45.76	0.000236
6	10000	0.0756	57.2	0.000252
7	12000	0.0824	68.64	0.000274
8	14000	0.0912	80.08	0.000303
9	16000	0.0956	91.52	0.000318
10	18000	0.1008	102.96	0.000335
11	20000	0.1044	114.4	0.000347
12	22000	0.1076	125.84	0.000358
13	24000	0.1104	137.28	0.000367
14	26000	0.1140	148.72	0.000379
15	28000	0.1188	160.16	0.000395
16	30000	0.1232	171.6	0.000410
17	32000	0.1264	183.03	0.000421
18	33978	0.1300	194.35	0.000433

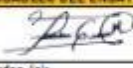


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 44.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
<b>NORMA:</b>	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
<b>TEBIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 02 al 10%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		15.149	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024		30.58	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>AREA (cm2):</b>	180.24	
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0440	11.1	0.000144
3	4000	0.0616	22.19	0.000201
4	6000	0.0752	33.29	0.000246
5	8000	0.0812	44.39	0.000266
6	10000	0.0968	55.48	0.000323
7	12000	0.1040	66.58	0.000340
8	14000	0.1096	77.67	0.000358
9	16000	0.1152	88.77	0.000377
10	18000	0.1180	99.87	0.000386
11	20000	0.1204	110.96	0.000394
12	22000	0.1236	122.06	0.000404
13	24000	0.1260	133.16	0.000412
14	26000	0.1280	144.25	0.000419
15	28000	0.1304	155.35	0.000426
16	30000	0.1320	166.44	0.000432
17	32000	0.1336	177.54	0.000437
18	34000	0.1356	188.64	0.000443

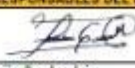



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19	36000	0.1372	199.73	0.000449
20	37241	0.1384	206.62	0.000453
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Henem Teran	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 45.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	NORMA: MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TEMA:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
ID PROBETA:	Muestra 03 al 10%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			15.135
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	20/06/2024			30.603
EDAD DE LA PROBETA:	14 días		ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	179.91
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0384	11.12	0.000125
3	4000	0.0496	22.23	0.000162
4	6000	0.0580	33.35	0.000190
5	8000	0.0668	44.47	0.000218
6	10000	0.0720	55.58	0.000235
7	12000	0.0788	66.7	0.000257
8	14000	0.0860	77.82	0.000281
9	16000	0.0940	88.93	0.000307
10	18000	0.1004	100.05	0.000328
11	20000	0.1072	111.17	0.000350
12	22000	0.1096	122.28	0.000358
13	24000	0.1116	133.4	0.000365
14	26000	0.1144	144.52	0.000374
15	28000	0.1180	155.63	0.000386
16	30000	0.1240	166.75	0.000405
17	31855	0.1272	177.06	0.000416
18				

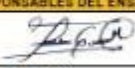



19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Heredia Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024		

Nota. Muestra 03 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 46.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TEBIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 04 al 10%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 14.887
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.066
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	174.06
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/06/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


  

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0368	11.49	0.00122
3	4000	0.0520	22.98	0.00173
4	6000	0.0648	34.47	0.00216
5	8000	0.0748	45.96	0.00249
6	10000	0.0836	57.45	0.00278
7	12000	0.0940	68.94	0.00313
8	14000	0.1000	80.43	0.00333
9	16000	0.1068	91.92	0.00355
10	18000	0.1104	103.41	0.00367
11	20000	0.1144	114.9	0.00380
12	22000	0.1200	126.39	0.00399
13	24000	0.1248	137.88	0.00415
14	26000	0.1280	149.37	0.00426
15	27923	0.1312	160.42	0.00436
16				
17				
18				





N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Herrem Terán	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
		
NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel	
FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 04 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 47.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOKOLO			
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS		
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
<b>TENOR:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 01 al 15%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		14.917	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	20/06/2024		30.097	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>AREA (cm2):</b>	174.76	
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0336	11.44	0.000112
3	4000	0.0468	22.89	0.000155
4	6000	0.0576	34.33	0.000191
5	8000	0.0636	45.78	0.000211
6	10000	0.0724	57.22	0.000241
7	12000	0.0768	68.67	0.000255
8	14000	0.0836	80.11	0.000278
9	16000	0.0868	91.55	0.000288
10	18000	0.0892	103	0.000296
11	20000	0.0920	114.44	0.000306
12	22000	0.0968	125.89	0.000322
13	24000	0.0996	137.33	0.000331
14	26000	0.1020	148.78	0.000339
15	28000	0.1044	160.22	0.000347
16	30000	0.1064	171.66	0.000354
17	32000	0.1100	183.11	0.000365
18	33744	0.1132	193.09	0.000376

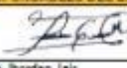

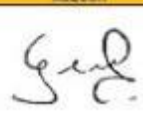
N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
<b>NOMBRE:</b> Gil Mejía Jhordan Jair	<b>NOMBRE:</b> Ing. Luis E. Herme Terán	<b>NOMBRE:</b> Solis Muñoz Haniel
<b>FECHA:</b> 24/06/2024	<b>FECHA:</b> 24/06/2024	<b>FECHA:</b> 24/06/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 48.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTÓCOLO				
	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS				
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034				
ENSAYO:					
NORMA:					
TESIS:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*				
ID PROBETA:	Muestra 02 al 15%		DIÁMETRO PROBETA (cm)		D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024				14.893
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):		A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	20/06/2024				30.118
EDAD DE LA PROBETA:	14 días		AREA (cm <sup>2</sup> ):		174.2
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:		Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0384	11.48	0.000127
3	4000	0.0496	22.96	0.000165
4	6000	0.0616	34.44	0.000205
5	8000	0.0688	45.92	0.000228
6	10000	0.0740	57.41	0.000246
7	12000	0.0800	68.89	0.000266
8	14000	0.0860	80.37	0.000286
9	16000	0.0892	91.85	0.000296
10	18000	0.0944	103.33	0.000313
11	20000	0.0984	114.81	0.000327
12	22000	0.1020	126.29	0.000339
13	24000	0.1044	137.77	0.000347
14	26000	0.1076	149.25	0.000357
15	28000	0.1108	160.73	0.000368
16	30000	0.1156	172.22	0.000384
17	32000	0.1184	183.7	0.000393
18	34000	0.1196	195.18	0.000397



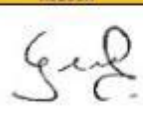

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19	36000	0.1228	206.66	0.000408
20	36052	0.1244	206.96	0.000413
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	AREDOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Heremé Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 49.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS NORMA: MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034 TESIS: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
ID PROBETA:	Muestra 03 al 15%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			14.924
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	20/06/2024			29.977
EDAD DE LA PROBETA:	14 días		AREA (cm2):	174.93
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0412	11.43	0.000137
3	4000	0.0584	22.87	0.000195
4	6000	0.0672	34.3	0.000224
5	8000	0.0720	45.73	0.000240
6	10000	0.0752	57.17	0.000251
7	12000	0.0804	68.6	0.000268
8	14000	0.0848	80.03	0.000283
9	16000	0.0912	91.47	0.000304
10	18000	0.0936	102.9	0.000312
11	20000	0.0956	114.33	0.000319
12	22000	0.0984	125.76	0.000328
13	24000	0.1016	137.2	0.000339
14	26000	0.1036	148.63	0.000346
15	28000	0.1052	160.06	0.000351
16	30000	0.1080	171.5	0.000360
17	32000	0.1104	182.93	0.000368
18	34000	0.1120	194.36	0.000374

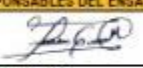



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
19	35323	0.1144	201.93	0.00038
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Pierrem Tenan	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 24/06/2024		

Nota. Muestra 03 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 50.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 14 días, 15% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034	
<b>TEMA:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 04 al 15%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024		14.955
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	20/06/2024		30.243
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	14 días	<b>AREA (cm2):</b>	175.66
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0316	11.39	0.000104
3	4000	0.0456	22.77	0.000151
4	6000	0.0596	34.16	0.000197
5	8000	0.0656	45.54	0.000217
6	10000	0.0712	56.93	0.000235
7	12000	0.0740	68.31	0.000245
8	14000	0.0784	79.7	0.000259
9	16000	0.0856	91.09	0.000283
10	18000	0.0908	102.47	0.000300
11	20000	0.0952	113.86	0.000315
12	22000	0.0984	125.24	0.000325
13	24000	0.1016	136.63	0.000336
14	26000	0.1048	148.01	0.000347
15	28000	0.1076	159.4	0.000356
16	29649	0.1092	168.79	0.000361
17				
18				

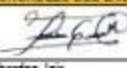



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Henares Terán	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
		
NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel	
FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024	FECHA: 24/06/2024

Nota. Muestra 04 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 51.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
TÍTULO:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
ID PROBETA:	Muestra Patrón 01	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom 15.02	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 30.2426667	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	AREA (cm2):	177.19	
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024	EDAD DE LA PROBETA:	28 días	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.1140	11.29	0.000377
3	4000	0.1344	22.57	0.000444
4	6000	0.1492	33.86	0.000493
5	8000	0.1540	45.15	0.000509
6	10000	0.1560	56.44	0.000516
7	12000	0.1600	67.72	0.000529
8	14000	0.1644	79.01	0.000544
9	16000	0.1656	90.3	0.000548
10	18000	0.1720	101.59	0.000569
11	20000	0.1780	112.87	0.000589
12	22000	0.1820	124.16	0.000602
13	24000	0.1860	135.45	0.000615
14	26000	0.1900	146.74	0.000628
15	28000	0.1944	158.02	0.000643
16	30000	0.1956	169.31	0.000647
17	32000	0.1968	180.6	0.000651
18	34000	0.1996	191.88	0.000660
19	36000	0.2024	203.17	0.000669
20	38000	0.2044	214.46	0.000676
21	40000	0.2068	225.75	0.000684

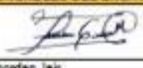

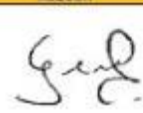

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
23	42000	0.2100	237.03	0.000694
24	44000	0.2132	248.32	0.000705
25	46000	0.2152	259.61	0.000712
26	48000	0.2176	270.9	0.000720
27	50000	0.2204	282.18	0.000729
28	51956	0.2224	293.22	0.000735
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 52.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
<b>NORMA:</b>	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
<b>TESIS:</b>	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra Patrón 02	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.011	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.126	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	176.97	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/07/2024	<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	28 días	
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0168	11.3	0.000056
3	4000	0.0316	22.6	0.000105
4	6000	0.0400	33.9	0.000133
5	8000	0.0480	45.21	0.000159
6	10000	0.0560	56.51	0.000186
7	12000	0.0684	67.81	0.000227
8	14000	0.0772	79.11	0.000256
9	16000	0.0820	90.41	0.000272
10	18000	0.0880	101.71	0.000292
11	20000	0.0920	113.01	0.000305
12	22000	0.0960	124.31	0.000319
13	24000	0.1020	135.62	0.000339
14	26000	0.1064	146.92	0.000353
15	28000	0.1096	158.22	0.000364
16	30000	0.1124	169.52	0.000373
17	32000	0.1172	180.82	0.000389
18	34000	0.1200	192.12	0.000398
19	36000	0.1232	203.42	0.000409
20	38000	0.1260	214.73	0.000418
21	40000	0.1280	226.03	0.000425

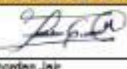

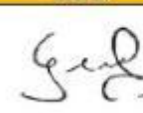

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
22	42000	0.1316	237.33	0.000437
23	44000	0.1344	248.63	0.000446
24	46000	0.1360	259.93	0.000451
25	48000	0.1384	271.23	0.000459
26	50000	0.1400	282.53	0.000465
27	51622	0.1424	291.7	0.000473
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 53.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTÓCOLO		
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
ENSAYO:			
NORMA:			
TESIS:		*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*	
ID PROBETA:	Muestra Patrón 03	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		15.009
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024		30.176
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	AREA (cm <sup>2</sup> ):	176.93
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0324	11.3	0.000107
3	4000	0.0492	22.61	0.000163
4	6000	0.0592	33.91	0.000196
5	8000	0.0632	45.22	0.000209
6	10000	0.0656	56.52	0.000217
7	12000	0.0676	67.82	0.000224
8	14000	0.0700	79.13	0.000232
9	16000	0.0712	90.43	0.000236
10	18000	0.0744	101.74	0.000247
11	20000	0.0764	113.04	0.000253
12	22000	0.0776	124.34	0.000257
13	24000	0.0800	135.65	0.000265
14	26000	0.0812	146.95	0.000269
15	28000	0.0832	158.25	0.000276
16	30000	0.0840	169.56	0.000278
17	32000	0.0856	180.86	0.000284
18	34000	0.0872	192.17	0.000289
19	36000	0.0884	203.47	0.000293
20	38000	0.0900	214.77	0.000298

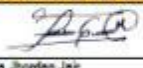

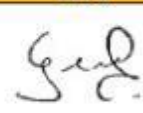

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
21	40000	0.0912	226.08	0.000302
22	42000	0.0924	237.38	0.000306
23	44000	0.0940	248.69	0.000312
24	46000	0.0952	259.99	0.000315
25	48000	0.0964	271.29	0.000319
26	50000	0.0972	282.6	0.000322
27	50950	0.0984	287.97	0.000326
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Henares Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 54.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, muestra patrón

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
<b>NORMA:</b>	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
<b>TEMA:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra Patrón 04	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm):</b>	D. prom 14.993	
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.12	
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/07/2024	<b>AREA (cm<sup>2</sup>):</b>	176.56	
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	28 días			
<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0040	11.33	0.00013
3	4000	0.0164	22.66	0.00054
4	6000	0.0324	33.98	0.00108
5	8000	0.0432	45.31	0.00143
6	10000	0.0560	56.64	0.00186
7	12000	0.0624	67.97	0.00207
8	14000	0.0720	79.29	0.00239
9	16000	0.0744	90.62	0.00247
10	18000	0.0756	101.95	0.00251
11	20000	0.0780	113.28	0.00259
12	22000	0.0820	124.6	0.00272
13	24000	0.0860	135.93	0.00286
14	26000	0.0884	147.26	0.00293
15	28000	0.0896	158.59	0.00297
16	30000	0.0924	169.91	0.00307
17	32000	0.0960	181.24	0.00319
18	34000	0.0980	192.57	0.00325
19	36000	0.0992	203.9	0.00329
20	38000	0.1020	215.22	0.00339



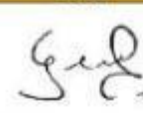

N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
20	40000	0.1044	226.55	0.00347
21	42000	0.1076	237.88	0.00357
22	44000	0.1096	249.21	0.00364
23	46000	0.1132	260.53	0.00376
24	48000	0.1148	271.86	0.00381
25	50000	0.1156	283.19	0.00384
26	51037	0.1180	289.06	0.00392
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024		

Nota. Muestra 04 de espécimen patrón, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 55.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		
	PROTOKOLO		
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034		
ENSAYO:			
NORMA:			
TEMA:		"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."	
ID PROBETA:	Muestra 01 al 5%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.967
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024		30.043
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	AREA (cm <sup>2</sup> ):	175.95
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0212	11.37	0.000071
3	4000	0.0368	22.73	0.000122
4	6000	0.0440	34.1	0.000146
5	8000	0.0480	45.47	0.000160
6	10000	0.0532	56.83	0.000177
7	12000	0.0576	68.2	0.000192
8	14000	0.0636	79.57	0.000212
9	16000	0.0672	90.93	0.000224
10	18000	0.0740	102.3	0.000246
11	20000	0.0780	113.67	0.000260
12	22000	0.0808	125.04	0.000269
13	24000	0.0860	136.4	0.000286
14	26000	0.0908	147.77	0.000302
15	28000	0.0960	159.14	0.000320
16	30000	0.1000	170.5	0.000333
17	32000	0.1040	181.87	0.000346
18	34000	0.1080	193.24	0.000359
19	36000	0.1120	204.6	0.000373
20	38000	0.1156	215.97	0.000385

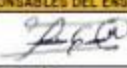



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	εu
20	40000	0.1172	227.34	0.000390
21	42000	0.1216	238.7	0.000405
22	44000	0.1224	250.07	0.000407
23	44369	0.1248	252.17	0.000415
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 56.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	NORMA: MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TEMA: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
ID PROBETA:	Muestra 02 al 5%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.998	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024		30.04	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	176.67	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0076	11.32	0.000025
3	4000	0.0188	22.64	0.000063
4	6000	0.0300	33.96	0.000100
5	8000	0.0360	45.28	0.000120
6	10000	0.0400	56.6	0.000133
7	12000	0.0468	67.92	0.000156
8	14000	0.0504	79.24	0.000168
9	16000	0.0556	90.56	0.000185
10	18000	0.0604	101.88	0.000201
11	20000	0.0640	113.21	0.000213
12	22000	0.0676	124.53	0.000225
13	24000	0.0680	135.85	0.000226
14	26000	0.0712	147.17	0.000237
15	28000	0.0748	158.49	0.000249
16	30000	0.0764	169.81	0.000254
17	32000	0.0788	181.13	0.000262
18	34000	0.0820	192.45	0.000273

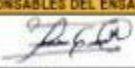



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	36000	0.0832	203.77	0.000277
20	38000	0.0884	215.09	0.000294
21	40000	0.0900	226.41	0.000300
22	42000	0.0920	237.73	0.000306
23	43210	0.0936	244.58	0.000312
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 57.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034	
TESIS:	"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra 03 al 5%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.951
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024		30.04
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	AREA (cm2):	175.57
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm2)	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0004	11.39	0.000001
3	4000	0.0040	22.78	0.000013
4	6000	0.0144	34.17	0.000048
5	8000	0.0332	45.57	0.000111
6	10000	0.0392	56.96	0.000130
7	12000	0.0428	68.35	0.000142
8	14000	0.0460	79.74	0.000153
9	16000	0.0540	91.13	0.000180
10	18000	0.0640	102.52	0.000213
11	20000	0.0700	113.91	0.000233
12	22000	0.0752	125.31	0.000250
13	24000	0.0780	136.7	0.000260
14	26000	0.0836	148.09	0.000278
15	28000	0.0856	159.48	0.000285
16	30000	0.0884	170.87	0.000294
17	32000	0.0924	182.26	0.000308
18	34000	0.0988	193.65	0.000329
19	36000	0.1020	205.05	0.000340

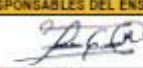



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm2)	$\epsilon$
20	38000	0.1052	216.44	0.000350
21	40000	0.1056	227.83	0.000352
22	42000	0.1088	239.22	0.000362
23	44000	0.1100	250.61	0.000366
24	46000	0.1156	262	0.000385
25	48000	0.1164	273.4	0.000387
26	50000	0.1224	284.79	0.000407
27	52000	0.1260	296.18	0.000419
28	52038	0.1280	296.39	0.000426
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 58.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 5% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		
	PROTOCOLO		
	<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	
	<b>NORMA:</b>	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034	
<b>TEMA:</b>	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*		
<b>ID PROBETA:</b>	Muestra 04 al 5%	<b>DIÁMETRO PROBETA (cm)</b>	D. prom 15.073
<b>FECHA DE ELABORACION:</b>	03/06/2024	<b>ALTURA (cm):</b>	A. promedio 30.087
<b>FECHA DE CURADO INICIAL:</b>	04/06/2024	<b>AREA (cm2):</b>	178.45
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	02/07/2024	<b>RESPONSABLES:</b>	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando
<b>EDAD DE LA PROBETA:</b>	28 días	<b>REVISADO POR:</b>	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0004	11.21	0.000001
3	4000	0.0040	22.42	0.000013
4	6000	0.0140	33.62	0.000047
5	8000	0.0228	44.83	0.000076
6	10000	0.0324	56.04	0.000108
7	12000	0.0412	67.25	0.000137
8	14000	0.0440	78.45	0.000146
9	16000	0.0472	89.66	0.000157
10	18000	0.0552	100.87	0.000183
11	20000	0.0572	112.08	0.000190
12	22000	0.0640	123.28	0.000213
13	24000	0.0716	134.49	0.000238
14	26000	0.0756	145.7	0.000251
15	28000	0.0792	156.91	0.000263
16	30000	0.0840	168.11	0.000279
17	32000	0.0856	179.32	0.000285
18	34000	0.0888	190.53	0.000295
19	36000	0.0960	201.74	0.000319



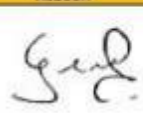

N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm2)	eu
20	38000	0.1004	212.94	0.000334
21	40000	0.1048	224.15	0.000348
22	42000	0.1056	235.36	0.000351
23	44000	0.1088	246.57	0.000362
24	46000	0.1120	257.78	0.000372
25	46561	0.1164	268.92	0.000387
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 04 de espécimen al 5% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 59.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS		
	NORMA:	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034		
	TEMA:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*		
ID PROBETA:	Muestra 01 al 10%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom 15.137	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio 30.554	
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024	AREA (cm <sup>2</sup> ):	179.95	
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024	RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0000	11.11	0.000000
3	4000	0.0076	22.23	0.000025
4	6000	0.0160	33.34	0.000052
5	8000	0.0180	44.46	0.000059
6	10000	0.0220	55.57	0.000072
7	12000	0.0260	66.69	0.000085
8	14000	0.0276	77.8	0.000090
9	16000	0.0324	88.91	0.000106
10	18000	0.0336	100.03	0.000110
11	20000	0.0396	111.14	0.000130
12	22000	0.0432	122.26	0.000141
13	24000	0.0460	133.37	0.000151
14	26000	0.0480	144.48	0.000157
15	28000	0.0512	155.6	0.000168
16	30000	0.0540	166.71	0.000177
17	32000	0.0552	177.83	0.000181
18	34000	0.0572	188.94	0.000187

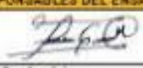



N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$
19	36000	0.0580	200.06	0.000190
20	38000	0.0616	211.17	0.000202
21	40000	0.0644	222.28	0.000211
22	41589	0.0672	231.11	0.000220
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024		

Nota. Muestra 01 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 60.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TEMA: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
ID PROBETA:	Muestra 02 al 10%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		ALTURA (cm):	15.133
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024			30.54
EDAD DE LA PROBETA:	28 días			179.85
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0080	11.12	0.000026
3	4000	0.0280	22.24	0.000092
4	6000	0.0392	33.36	0.000128
5	8000	0.0464	44.48	0.000152
6	10000	0.0532	55.6	0.000174
7	12000	0.0556	66.72	0.000182
8	14000	0.0600	77.84	0.000196
9	16000	0.0636	88.96	0.000208
10	18000	0.0720	100.08	0.000236
11	20000	0.0760	111.2	0.000249
12	22000	0.0784	122.32	0.000257
13	24000	0.0800	133.44	0.000262
14	26000	0.0820	144.56	0.000269
15	28000	0.0840	155.69	0.000275
16	30000	0.0860	166.81	0.000282
17	32000	0.0880	177.93	0.000288
18	34000	0.0900	189.05	0.000295

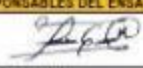



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	36000	0.0936	200.17	0.00031
20	37662	0.0964	209.41	0.00032
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024		

Nota. Muestra 02 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 61.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	NORMA: MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TEMA: "Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."				
ID PROBETA:	Muestra 03 al 10%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024			14.967
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024			30.064
EDAD DE LA PROBETA:	28 días		ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	175.95
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0240	11.37	0.000080
3	4000	0.0508	22.73	0.000169
4	6000	0.0700	34.1	0.000233
5	8000	0.0800	45.47	0.000266
6	10000	0.0904	56.83	0.000301
7	12000	0.1004	68.2	0.000334
8	14000	0.1092	79.57	0.000363
9	16000	0.1200	90.93	0.000399
10	18000	0.1260	102.3	0.000419
11	20000	0.1300	113.67	0.000432
12	22000	0.1380	125.04	0.000459
13	24000	0.1440	136.4	0.000479
14	26000	0.1476	147.77	0.000491
15	28000	0.1548	159.14	0.000515
16	30000	0.1600	170.5	0.000532
17	32000	0.1660	181.87	0.000552
18	34000	0.1668	193.24	0.000561





N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	35941	0.1720	204.27	0.000572
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 62.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 10% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS			
	NORMA: MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
TESIS:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
ID PROBETA:	Muestra 04 al 10%		DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		ALTURA (cm):	A. promedio
FECHA DE CURADO INICIAL:	04/06/2024		AREA (cm <sup>2</sup> ):	180.04
FECHA DE ENSAYO:	02/07/2024		REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel
EDAD DE LA PROBETA:	28 días			
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando			


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0212	11.11	0.000070
3	4000	0.0476	22.22	0.000156
4	6000	0.0528	33.33	0.000173
5	8000	0.0672	44.43	0.000221
6	10000	0.0716	55.54	0.000235
7	12000	0.0760	66.65	0.000249
8	14000	0.0880	77.76	0.000289
9	16000	0.0960	88.87	0.000315
10	18000	0.1000	99.98	0.000328
11	20000	0.1040	111.09	0.000341
12	22000	0.1088	122.2	0.000357
13	24000	0.1124	133.3	0.000369
14	26000	0.1168	144.41	0.000383
15	28000	0.1200	155.52	0.000394
16	30000	0.1220	166.63	0.000400
17	32000	0.1256	177.74	0.000412
18	34000	0.1280	188.85	0.000420



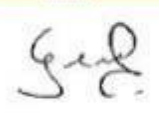
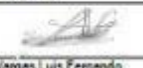
19	36000	0.1300	199.95	0.000427
20	38000	0.1332	211.06	0.000437
21	40000	0.1360	222.17	0.000446
22	40317	0.1376	223.93	0.000452
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Torán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024		

Nota. Muestra 04 de espécimen al 10% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 63.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TÍTULO:		*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físico - mecánicas del concreto, 2024.*		
ID PROBETA:	Muestra 01 al 15%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.894	
FECHA DE CURADO INICIAL:	06/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2024		30.025	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	174.23	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0000	11.48	0.000000
3	4000	0.0064	22.96	0.000021
4	6000	0.0120	34.44	0.000040
5	8000	0.0184	45.92	0.000061
6	10000	0.0252	57.4	0.000084
7	12000	0.0328	68.87	0.000109
8	14000	0.0380	80.35	0.000127
9	16000	0.0440	91.83	0.000147
10	18000	0.0480	103.31	0.000160
11	20000	0.0500	114.79	0.000167
12	22000	0.0520	126.27	0.000173
13	24000	0.0540	137.75	0.000180
14	26000	0.0564	149.23	0.000188
15	28000	0.0592	160.71	0.000197
16	30000	0.0624	172.19	0.000208
17	32000	0.0640	183.67	0.000213
18	34000	0.0660	195.14	0.000220





N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
19	36000	0.0680	206.62	0.000226
20	38000	0.0700	218.1	0.000233
21	40000	0.0716	229.58	0.000238
22	42000	0.0744	241.06	0.000248
23	44000	0.0760	252.54	0.000253
24	45336	0.0796	260.21	0.000265
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Henare Tenán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 01 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 64.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 - ASTM C39 - NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TEMA:		*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*		
ID PROBETA:	Muestra 02 al 15%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		15.440	
FECHA DE CURADO INICIAL:	06/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2024		30.461	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	AREA (cm <sup>2</sup> ):	187.23	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	

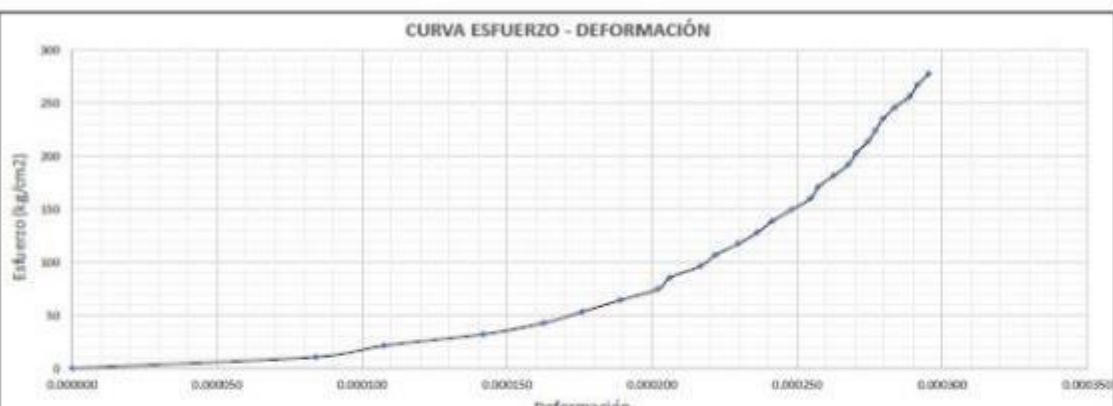
N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0256	10.68	0.000084
3	4000	0.0328	21.36	0.000108
4	6000	0.0432	32.05	0.000142
5	8000	0.0496	42.73	0.000163
6	10000	0.0536	53.41	0.000176
7	12000	0.0576	64.09	0.000189
8	14000	0.0616	74.77	0.000202
9	16000	0.0628	85.46	0.000206
10	18000	0.0660	96.14	0.000217
11	20000	0.0676	106.82	0.000222
12	22000	0.0700	117.5	0.000230
13	24000	0.0720	128.18	0.000236
14	26000	0.0736	138.87	0.000242
15	28000	0.0756	149.55	0.000248
16	30000	0.0776	160.23	0.000255
17	32000	0.0784	170.91	0.000257
18	34000	0.0800	181.59	0.000263



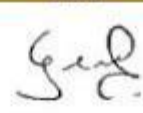
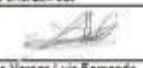
19	36000	0.0816	192.28	0.000268
20	38000	0.0824	202.96	0.000271
21	40000	0.0836	213.64	0.000274
22	42000	0.0844	224.32	0.000277
23	44000	0.0852	235.01	0.000280
24	46000	0.0864	245.69	0.000284
25	48000	0.0880	256.37	0.000289
26	50000	0.0888	267.05	0.000292
27	52000	0.0900	277.73	0.000295
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**




  

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLES DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	NOMBRE: Ing. Luis E. Herremes Terán	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
		
NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando	NOMBRE: Solis Muñoz Haniel	
FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 02 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 65.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución

	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TEMA:		"Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024."		
ID PROBETA:	Muestra 03 al 15%	DIÁMETRO PROBETA (cm)	D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.961	
FECHA DE CURADO INICIAL:	06/06/2024	ALTURA (cm):	A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2024		29.865	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días	ÁREA (cm <sup>2</sup> ):	175.79	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando	REVISADO POR:	Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0600	11.38	0.000201
3	4000	0.0800	22.75	0.000268
4	6000	0.0972	34.13	0.000325
5	8000	0.1132	45.51	0.000379
6	10000	0.1180	56.89	0.000395
7	12000	0.1280	68.26	0.000429
8	14000	0.1400	79.64	0.000469
9	16000	0.1464	91.02	0.000490
10	18000	0.1520	102.39	0.000509
11	20000	0.1580	113.77	0.000529
12	22000	0.1660	125.15	0.000556
13	24000	0.1664	136.53	0.000564
14	26000	0.1724	147.9	0.000577
15	28000	0.1760	159.28	0.000589
16	30000	0.1800	170.66	0.000603
17	32000	0.1860	182.04	0.000623
18	34000	0.1880	193.41	0.000629

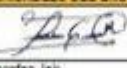



N°	Carga (kg)	Deformación	e (kg/cm <sup>2</sup> )	eu
19	36000	0.1912	204.79	0.000640
20	38000	0.1940	216.17	0.000650
21	40000	0.1972	227.54	0.000660
22	42000	0.2000	238.92	0.000670
23	44000	0.2040	250.3	0.000683
24	46000	0.2080	261.68	0.000696
25	48000	0.2108	273.05	0.000706
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN




  

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Terán	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024	FECHA: 04/07/2024

Nota. Muestra 03 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

Figura 66.

Protocolo de resistencia a la compresión a los 28 días, 15% de sustitución

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS			
	MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034			
ENSAYO:				
NORMA:				
TÍTULO:	*Influencia por sustitución parcial del cemento por polvo de ladrillo en las propiedades físicas - mecánicas del concreto, 2024.*			
ID PROBETA:	Muestra 04 al 15%		D. prom	
FECHA DE ELABORACION:	03/06/2024		14.910	
FECHA DE CURADO INICIAL:	06/06/2024		A. promedio	
FECHA DE ENSAYO:	04/07/2024		29.98	
EDAD DE LA PROBETA:	28 días		ÁREA (cm <sup>2</sup> ): 174.6	
RESPONSABLES:	Gil Mejía Jhordan Jair Gonzales Vargas Luis Fernando		REVISADO POR: Solis Muñoz Haniel	


N°	Carga (kg)	Deformación	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\epsilon$
1	0	0.0000	0	0.000000
2	2000	0.0116	11.45	0.000039
3	4000	0.0264	22.91	0.000088
4	6000	0.0348	34.36	0.000116
5	8000	0.0436	45.82	0.000145
6	10000	0.0520	57.27	0.000173
7	12000	0.0580	68.73	0.000193
8	14000	0.0620	80.18	0.000207
9	16000	0.0672	91.64	0.000224
10	18000	0.0700	103.09	0.000233
11	20000	0.0740	114.55	0.000247
12	22000	0.0776	126	0.000259
13	24000	0.0820	137.46	0.000274
14	26000	0.0848	148.91	0.000283
15	28000	0.0868	160.37	0.000290
16	30000	0.0896	171.82	0.000299
17	32000	0.0920	183.28	0.000307
18	34000	0.0944	194.73	0.000315

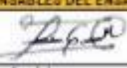



19	36000	0.0964	206.19	0.000322
20	38000	0.0996	217.64	0.000332
21	40000	0.1016	229.1	0.000339
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLES DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Gil Mejía Jhordan Jair	 NOMBRE: Ing. Luis E. Herrera Yanen	 NOMBRE: Solis Muñoz Haniel
 NOMBRE: Gonzales Vargas Luis Fernando FECHA: 04/07/2024		

Nota. Muestra 04 de espécimen al 15% de sustitución de polvo de ladrillo por cemento, el esfuerzo versus deformación unitaria fue representado por la gráfica.

## Anexo 7. Panel fotográfico

**Figura 67.**

*Recolección de residuos de ladrillos*



*Nota.* Recolección de residuos de ladrillo de tipo artesanal, producto de demolición.

**Figura 68.**

*Adquisición de agregados*



*Nota.* Adquisición de agregados de la sede Cajamarca de la cantera la Ramona.

**Figura 69.**

*Cuarteo de material granular*



*Nota.* Cuarteo de material granular para sacar una muestra representativa.

**Figura 70.**

*Tamizado de agregado grueso*



*Nota.* Granulometría de agregado grueso para determinar la curva granulométrica.

**Figura 71.**

*Tamizado de agregado fino*



*Nota.* Granulometría de agregado fino, para verificar si se encuentra dentro de los usos.

**Figura 72.**

*Peso de agregado fino*



*Nota.* Peso de agregados para hallar el contenido de humedad.

**Figura 73.**

*Muestras en el horno*



*Nota.* Secado de las muestras en el horno por 24 horas. Ensayo Contenido de Humedad.

**Figura 74.**

*Dimensionamiento de molde para peso unitario*



*Nota.* Se realizó 3 veces la toma de medidas y luego sacamos un promedio del volumen.

**Figura 75.**

*Compactación manual de los materiales en el molde*



*Nota.* Compactación del material para Peso unitario Compactado, para peso unitario suelto solo se llena, se enraza y se pesa.

**Figura 76.**

*Lavado de materiales para peso específico*



*Nota.* Los materiales deben ser lavados para el ensayo de peso específico.

**Figura 77.**

*Reposo de material grueso en agua*



*Nota.* Saturado de agregado grueso en agua por 24 horas, ensayo de peso específico.

**Figura 78.**

*Secado superficial de agregado grueso*



*Nota.* Secado superficial del Agregado Grueso saturado por 24 horas, ensayo peso específico.

**Figura 79.**

*Peso del agregado grueso en el agua*



*Nota.* Pesado de Agregado Grueso en canastilla sumergido en el agua- ensayo peso específico del agregado grueso.

**Figura 80.**

*Secado en el horno*



*Nota.* Registro de peso y llevado al horno por 24 h - ensayo peso específico del A.G.

**Figura 81.**

*Material fino dejado en agua por 24 horas*



*Nota.* Agregado fino Saturado en agua por 24 horas, se realizaron 3 muestras; peso específico.

**Figura 82.**

*Ensayo de cono y pisón*



*Nota.* Ensayo cono y pisón para verificar si el material esta superficialmente seco.

**Figura 83.**

*Fiola con agua para peso específico de agregado fino*

*Nota.*



Registrar el peso de fiola con agua hasta la marca del recipiente.

**Figura 84.**

*Colocación de la muestra de agregado fino en la fiola*



*Nota.* Vertimiento de 500 gr de muestra de A.F. superficialmente seca en fiola con agua.

**Figura 85.**

*Movimiento manual de fiola con agregado fino*



*Nota.* Movimiento manual por 15 minutos para eliminar burbujas de aire, peso específico.

**Figura 86.**

*Pesado de fiola más muestra de agregado fino*



*Nota.* Pesado de la muestra en la fiola, para determinar el peso específico del A.F.

**Figura 87.**

*Decantación de la muestra-peso específico A.F.*



*Nota.* Decantación de la muestra, luego son llevadas al horno por 24h.

**Figura 88.**

*Registros de pesos para peso específico A.F*



*Nota.* Registro de peso de la muestra después del horno, ensayo de peso específico del A.F.

**Figura 89.**

*Pulverización de ladrillos para la obtención de polvillo.*



*Nota.* Registro de peso de la muestra después del horno, ensayo de peso específico del A.F.

**Figura 90.**

*Tamizado de pulverización por malla #100, # 200 y cazoleta.*



*Nota.* Para este ensayo se usó las partículas que pasaron por tamiz #200.

**Figura 91.**

*Adquisición de moldes de probetas.*



*Nota.* La UPN no cuenta con los moldes suficientes, se alquiló de laboratorios externos.

**Figura 92.**

*Elaboración de concreto patrón en laboratorio UPN*



*Nota.* Se realizó el concreto en el laboratorio de la UPN con los pesos calculados en el diseño.

**Figura 93.**

*Elaboración de concreto por sustitución parcial del cemento en laboratorio UPN*



*Nota.* Se realizó el concreto en el laboratorio de la UPN con los pesos calculados en el diseño en porcentajes que van 5%, 10 % y 15%.

**Figura 94.**

*Medición de temperatura del concreto*



*Nota.* Se realizó usando un termómetro en la universidad, en un lapso de 3 minutos.

**Figura 95.**

*Medida del asentamiento del concreto*



*Nota.* Ensayo Slump, mide la trabajabilidad de la mezcla, debe estar dentro del diseño.

**Figura 96.**

*Elaboración de probetas según diseño de mezcla.*



*Nota.* Para este ensayo se usó probetas cilíndricas con dimensiones de 15 cm x 30 cm.

**Figura 97.**

*Fraguado de probetas por 24 horas.*



*Nota.* Las probetas fueron llenadas según normativa para su posterior fraguado por 24 horas.

**Figura 98.**

*Desencofrado de probetas luego del fraguado.*



*Nota.* Las probetas fueron desencofradas en un rango de 18 a 24 horas.

**Figura 99.**

*Curado de probetas en la piscina*



*Nota.* Las probetas estarán en la piscina de curado según la cantidad de días requeridos 7, 14 y 28 días.

**Figura 100.**

*Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 7 días de curado*



*Nota.* Después del curado y antes de colocarlas a la máquina de compresión se realiza tres medidas del diámetro y la altura de cada probeta para sacar un promedio.

**Figura 101.**

*Máquina de rotura a compresión de probetas a los 7 días de curado.*



*Nota.* Las probetas deben estar secas y correctamente enrazadas para su ensayo.

**Figura 102.**

*Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 14 días de curado*



*Nota.* Después del curado y antes de colocarlas a la máquina de compresión se realiza tres medidas del diámetro y la altura de cada probeta para sacar un promedio.

**Figura 103.**

*Máquina de rotura a compresión de probetas a los 14 días de curado*



*Nota.* Las probetas deben estar secas y correctamente enrazadas para su ensayo.

**Figura 104.**

*Toma de medidas de especímenes cilíndricos a 28 días de curado*



*Nota.* Después del curado y antes de colocarlas a la máquina de compresión se realiza tres medidas del diámetro y la altura de cada probeta para sacar un promedio.

**Figura 105:**

*Máquina de rotura a compresión de probetas a los 28 días de curado*



*Nota.* Las probetas deben estar secas y correctamente enrazadas para su ensayo.