

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Adición de lana de roca para mejorar la resistencia a
compresión del concreto $F^c=210$ KG/CM² expuesto
a alta temperatura en Chimbote**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Autores:

Bach. Quiroz Viera, César Manuel
Código ORCID: 0009-0007-7258-9028
Bach. Terrones Cabos, Rogel Leodan
Código ORCID: 0009-0003-6344-5680

Asesor:

Ms. Villavicencio González, Felipe Eleuterio
DNI. N° 26673663
Código, ORCID: 0000-0002-3500-2378

Nuevo Chimbote - Perú
2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Adición de lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² expuesto a alta temperatura en Chimbote”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Felipe Eleuterio, Villavicencio González

Asesor

DNI: 26673663

Código ORCID: 0000-0002-3500-2378

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Adición de lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² expuesto a alta temperatura en Chimbote”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR:

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César
Presidente

DNI: 32770844

Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

Dr. López Carranza, Atilio Rubén
Secretario

DNI: 32965940

Código ORCID: 0000-0002-3631-2001

Ms. Villavicencio González, Felipe
Eleuterio
Integrante

DNI: 26673663

Código ORCID: 0000-0002-3500-2378



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 02 días del mes de enero del año dos mil veinticinco, siendo las 11:30 horas, en el aula C1 del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 807-2024-UNS-CFI, con fecha 05.12.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Integrante), Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 878-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$ EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA EN CHIMBOTE", presentado por los Bachilleres QUIROZ VIERA CÉSAR MANUEL con cód. N° 0201213018 y TERRONES CABOS ROGEL LEODAN con cód. N° 0201213047, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González según lo establece la T. Resolución Decanal N° 351-2022-UNS-FI, de fecha 21.01.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
QUIROZ VIERA CESAR MANUEL	18	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 02 de enero de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario

Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 02 días del mes de enero del año dos mil veinticinco, siendo las 11:30 horas, en el aula C1 del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 807-2024-UNS-CFI, con fecha 05.12.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Integrante), Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 878-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$ EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA EN CHIMBOTE", presentado por los Bachilleres QUIROZ VIERA CÉSAR MANUEL con cód. N° 0201213018 y TERRONES CABOS ROGEL LEODAN con cód. N° 0201213047, quienes fueron asesorados por la docente Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González según lo establece la T. Resolución Decanal N° 351-2022-UNS-FI, de fecha 21.01.2023.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
TERRONES CABOS ROGEL LEODAN	18	BUENO

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 02 de enero de 2025.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: ROGEL LEODAN TERRONES CABOS
Título del ejercicio: TESIS 1
Título de la entrega: ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA...
Nombre del archivo: Tesis_Quiroz_-_Terrones_2024_Rv1_1.docx
Tamaño del archivo: 16.74M
Total páginas: 144
Total de palabras: 26,185
Total de caracteres: 126,621
Fecha de entrega: 27-nov.-2024 07:36p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2534323503

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EXPUESTO A
ALTA TEMPERATURA EN CHIMBOTE

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Quiroz Viera, Cesar Manuel

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7258-9028>

Bach. Terrones Cabos, Rogel Leodan

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6344-5680>

Asesor:

Mg. Ing. Felipe Eleuterio Villavicencio González

DNI: 26673663

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3500-2378>

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2024

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'C=210$ KG/CM² EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA EN CHIMBOTE

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor. A mis padres Rodolfo Terrones y Barbarita Cabos, a mis hermanos Elver, Flor y Geymer; por su apoyo constante y su gran amor. A mi esposa, familiares y amigos por impulsarme cada día.

ROGEL LEODAN TERRONES CABOS

Esta investigación va dedicada, en primer lugar, a Dios, por la sabiduría brindada para poder llegar a estas instancias de mi vida académica. A mis padres José Manuel Quiroz Lara y Jenny Vielca Viera Cardozo, y a mis hermanos Jean Pierre y Anthony Harold Quiroz Viera; por su apoyo constante y su gran amor. A mis familiares y amigos por el apoyo brindado durante los años de estudios y por los gratos momentos compartidos.

CÉSAR MANUEL QUIROZ VIERA

AGRADECIMIENTO

Los desarrolladores del presente proyecto agradecemos en primer lugar a Dios por habernos ayudado en todos los momentos de nuestras vidas, a nuestros padres por su apoyo constante, por su amor, ánimo de superación y paciencia, a nuestros hermanos por su valentía y coraje.

A nuestro asesor Mg. Ing. Felipe Eleuterio Villavicencio González por su orientación en todo este proceso, a todos nuestros docentes por los conocimientos brindados, y en especial a la Ing. Luz Álvarez Asto por su bondad, apoyo y comprensión. Agradecemos también a la parte administrativa de la Universidad Nacional del Santa y a la Escuela Superior De Formación Artística Pública Bellas Artes “Macedonio De La Torre” De Trujillo, al Mtr. Luis De Jesús Ríos Abanto por brindarnos acceso al uso de sus laboratorios de cerámica.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT.....	XIX
CAPÍTULO I.....	20
INTRODUCCIÓN.....	20
1.1. Descripción del problema.....	21
1.2. Formulación Del Problema.....	22
1.3. Objetivos.....	23
1.4. Formulación De La Hipótesis.....	24
1.5. Justificación e importancia.....	24
1.6. Limitaciones Del Trabajo.....	25
CAPITULO II.....	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Antecedentes de Investigación.....	27
2.2. Marco Conceptual.....	38

CAPITULO III	62
METODOLOGÍA.....	62
3.1. Enfoque de la investigación	63
3.2. Método de investigación	63
3.3. Diseño De Investigación	63
3.4. Población.....	64
3.5. Muestra	64
3.6. Variables	65
3.7. Matriz de Consistencia.....	66
3.8. Operacionalización de las Variables	67
3.9. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	69
3.10. Técnicas de análisis de resultados.....	123
CAPITULO IV.....	128
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	128
4.1. Resultados	129
4.2. Discusión.....	143
CAPITULO V	153
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
5.1. Conclusiones	154
5.2. Recomendaciones	156
CAPITULO VI.....	157

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
6.1. Referencias Bibliográficas	158
CAPITULO VII.....	164
ANEXOS	164
7.1. ANEXOS	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición Química De La Lana De Roca.....	40
Tabla 2 Composición química de lana de roca reciclada.....	41
Tabla 3 Límites Permisibles Para Agua De Mezcla Y De Curado	47
Tabla 4 Tamices Estandarizados Para Análisis Granulométrico Del Agregado Fino ASTM C33	49
Tabla 5 Requisitos Granulométricos Del Agregado Grueso.....	51
Tabla 6 Color y Daño del concreto estructural	58
Tabla 7 Tipos de Calcinación en el concreto	59
Tabla 8 Cantidad de Probetas a Diseñar	65
Tabla 9 Matriz De Consistencia.....	66
Tabla 10 Operacionalización De Las Variable independiente.....	67
Tabla 11 Operacionalización de la Variable Dependiente.....	68
Tabla 12 Normas aplicadas.	69
Tabla 13 Materiales para Elaboración del Concreto.....	70
Tabla 14 Análisis Granulométrico del agregado fino	75
Tabla 15 Módulo de finura.....	75
Tabla 16 Cantidad mínima de muestra de material húmedo elegido como representativo para la prueba de contenido de humedad.....	80
Tabla 17 Datos para determinación del contenido de humedad para el agregado fino	82

Tabla 18	Datos para determinación del contenido de humedad de agregado grueso	82
Tabla 19	Capacidad de recipientes de medida para ensayo de peso unitario suelto.	83
Tabla 20	Datos para determinar el peso unitario suelto del agregado fino	84
Tabla 21	Datos para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso.....	85
Tabla 22	Capacidad de recipientes de medida para ensayo de peso unitario compactado.	86
Tabla 23	Datos para determinar el Peso Unitario compactado del agregado fino.....	87
Tabla 24	Datos para determinar el Peso Unitario compactado del agregado grueso.....	88
Tabla 25	Cantidad mínima de agregado grueso seco, para ensayo de tamizado de acuerdo al tamaño nominal.....	89
Tabla 26	Datos para el análisis granulométrico del agregado grueso.....	90
Tabla 27	Peso mínimo de la muestra para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	92
Tabla 28	Peso Específico Nominal y Absorción del agregado grueso	93
Tabla 29	Especificación Técnica de Cemento Pacasmayo Tipo I.....	94
Tabla 30	Datos técnicos del Agregado Fino	94
Tabla 31	Datos Técnicos del Agregado Grueso.....	94
Tabla 32	Resistencia a la compresión promedio cuando no se conoce la desviación Estándar.	95
Tabla 33	Selección del asentamiento en base a la consistencia requerida.....	96

Tabla 34 Determinación del volumen unitario de agua y contenido de aire atrapado en el concreto.....	96
Tabla 35 Relación agua / Cemento en base a la resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}).....	97
Tabla 36 Volumen de agregado grueso seco varillado en relación al tamaño máximo nominal y el módulo de fineza.....	98
Tabla 37 Volúmenes Absolutos del diseño de Mezcla	99
Tabla 38 Valores de diseño de los agregados en estado Seco	100
Tabla 39 Datos de dosificación en peso para elaborar una probeta de concreto patrón $f'_c = 210$ kg/cm ² , con 10% de desperdicio.	102
Tabla 40 Características de la lana de Roca utilizada en elaboración de propiedades del concreto.....	105
Tabla 41 Dosificación de lana de roca para para elaborar una probeta cilíndrica de 6" x 12" considerando 10% de desperdicio.....	107
Tabla 42 Cuadro de aplicación de temperatura vs tiempo a muestras de concreto.	109
Tabla 43 Resultados de la evaluación y comparación de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura, en una muestra de 40 probetas	110
Tabla 44 Asentamiento del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca.....	112
Tabla 45 Tolerancias de tiempo para ensayos a compresión de probetas de concreto según el número de días.	113

Tabla 46 Resistencia a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales	114
Tabla 47 Resistencia a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales. (Promedio)	115
Tabla 48 Resistencia a compresión del concreto con 0% de adición de lana de roca al ser expuesto a 700°C de temperatura	115
Tabla 49 Resistencia a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ después de ser expuesto a 700°C de temperatura (Promedio).	115
Tabla 50 Resistencia a compresión del concreto con 2% de adición de lana de roca a temperatura ambiente.....	116
Tabla 51 Resistencia promedio a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 2% a temperatura ambiente.....	116
Tabla 52 Resultados de Resistencia a compresión del concreto con 4% de adición de lana de roca en condiciones de temperatura ambiente	117
Tabla 53 Resistencia promedio a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 4% a temperatura ambiente.....	117
Tabla 54 Resistencia a compresión del concreto con adición del 6% de lana de roca en condiciones de temperatura ambiente	118
Tabla 55 Resistencia promedio a compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 6% a temperatura ambiente.....	118
Tabla 56 Resistencia a la compresión del concreto con 8% de adición de lana de roca a temperatura ambiente.....	119

Tabla 57 Resistencia a compresión del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 8% a temperatura ambiente.....	119
Tabla 58 Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de 0,2,4,6 y 8%	120
Tabla 59 Resistencia a compresión del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de temperatura	120
Tabla 60 Resistencia promedio compresión del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de temperatura	121
Tabla 61 Cuadro comparativo de resistencia promedio del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%; a 25°C y 700°C de temperatura a los 28 días de edad.....	121
Tabla 62 Recursos, cuadrilla, cantidades y precios utilizados para el cálculo del costo Unitario de la Unidad del Concreto.....	122
Tabla 63 Prueba de Normalidad de los datos Shapiro-Wilk, software SPSS.	123
Tabla 64 Resistencia a compresión del concreto con adición del 4% de lana de Roca, sometido a 700°C a los 28 días de edad	125
Tabla 65 Valores para prueba de Hipótesis	126
Tabla 66 Resultados de cantidades de material en peso de los materiales utilizados para elaborar 1 m^3 de concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$	131
Tabla 67 Proporción de agregados en peso en estado de agregados en cantera (Húmedo)..	131
Tabla 68 Resultados de datos Estadísticos Descriptivos	138
Tabla 69 Coeficiente de variación para diferentes estándares de control, %. Para concreto $\leq 35 \text{ MPa}$ (356.9 kg/cm^2).	139

Tabla 70 Resistencia a compresión del concreto expuesto a 700°C, con adición de 0° y 4° de lana de Roca..... 148

Tabla 71 Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de LR de 0,2,4,6 y 8%. 149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Lana de Roca como Aislante Térmico	39
Figura 2 Proceso de Fabricación de la Lana de Roca.	39
Figura 3 Componentes del Concreto.	44
Figura 4 Proceso de fabricación del Cemento Portland.....	45
Figura 5 Agregado Fino (arena gruesa).	48
Figura 6: Agregado Grueso (piedra chancada).	50
Figura 7 Diseño de Investigación	64
Figura 8 Lana de Roca Power-teK LW STD - Knauf Insulation y cemento tipo I Pacasmayo	70
Figura 9 Obtención del Agregado Fino y agregado grueso desde la Cantera “La Sorpresa”. 72	
Figura 10 Homogenización de la muestra por cuarteo Manual	73
Figura 11 Análisis Granulométrico del agregado fino.....	74
Figura 12 Secado de muestra con corriente de aire caliente.....	77
Figura 13 Colocación de agregado fino sobre molde cónico metálico y apisonado.....	77
Figura 14 Se calentó la fiola con el contenido (500.36 gr) sobre una cocinilla eléctrica.	78
Figura 15 Después de 24 horas se agregó agua destilada hasta la marca de enrase.	78
Figura 16 Secado de muestra de Agregado Fino al horno para determinación de Peso Específico.....	79
Figura 17 Muestra húmeda utilizada para determinar el contenido de humedad	80

Figura 18	Contenido de Humedad del agregado fino a) y agregado grueso b)	81
Figura 19	Peso Unitario Suelto del agregado fino y agregado grueso.....	84
Figura 20	Ensayo de Peso Unitario compactado del agregado fino y agregado grueso	87
Figura 21	Análisis granulométrico del agregado grueso	90
Figura 22	Tarado de canastilla metálica para cálculo del peso específico del agregado grueso	93
Figura 23	Elaboración de concreto patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y curado.....	104
Figura 24	Lana de roca triturada hasta obtener fibras de 1 a 2 mm de longitud.....	105
Figura 25	Lana de roca en fibras de 1 a 2 mm de longitud.....	106
Figura 26	Probetas sometidas a alta temperatura (700°C).....	108
Figura 27	Muestras de 40 probetas con el porcentaje óptimo de lana de roca.	110
Figura 28	Prueba de asentamiento mediante ensayo del cono de Abrams	111
Figura 29	Ensayo a compresión de las probetas de Concreto a los 28 días.....	113
Figura 30:	Tipo de falla definida en probetas de concreto sometidas a ensayo de compresión.	114
Figura 31	Distribución normal estandarizada.....	127
Figura 32	Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales. (Promedio).....	129
Figura 33	Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de ser expuesto a 700°C de temperatura.....	130

Figura 34 Curva de aplicación de temperatura vs tiempo a muestras de concreto	132
Figura 35 Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 2% en condiciones normales.....	132
Figura 36 Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 4% en condiciones de temperatura ambiente.....	133
Figura 37 Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 6% en condiciones normales.....	133
Figura 38 Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 8% a temperatura ambiente.....	134
Figura 39 Resumen de resultados de Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de 0,2,4,6 y 8%.....	134
Figura 40 Resultados en grafica de barras de resistencia promedio a la compresión del concreto con adición de lana de roca del 0%, 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de Temperatura	135
Figura 41 Resultados en grafico de barras de resistencias promedio del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%; a 25°C y 700°C de temperatura a los 28 días de edad.....	136
Figura 42 Resultados del porcentaje óptimo de adición de lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto que ha sido sometido a 700°C de temperatura.....	137
Figura 43 Resultados de la evaluación y comparación de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura.....	138
Figura 44 Distribución Normal de los datos.....	140

Figura 45 Prueba de hipótesis para la media (Prueba Z)	140
Figura 46 Resultados del costo unitario del m ³ de concreto con y sin adición de lana de roca	141
Figura 47 Resultados de las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca	142
Figura 48 Curva de Distribución normal de Datos	143
Figura 49 Curva de Distribución Normal Estandarizada.....	144
Figura 50 Gráfico comparativo de nivel alcanzado de temperatura respecto del tiempo transcurrido.	146
Figura 51 Trabajabilidad del concreto en estado fresco con 0,2,4,6 y 8% de adición de lana de roca.....	151

ÍNDICE DE ANEXOS

7.1.1.	Anexo 1: Certificado de Calidad del Cemento Tipo I	165
7.1.2.	Anexo 2: Ficha técnica del CEMENTO TIPO I	167
7.1.3.	Anexo 3: Ficha Técnica de la lana de Roca proporcionada por el fabricante.....	170
7.1.4.	Anexo 4: Ensayo Análisis Granulométrico de los agregados	173
7.1.5.	Anexo 5: Ensayo Peso Específico y Absorción de los agregados	176
7.1.6.	Anexo 6: Ensayo Contenido de Humedad de los agregados	179
7.1.7.	Anexo 7: Ensayo Peso Unitario Suelto y compactado de los agregados.....	181
7.1.8.	Anexo 8: Ensayo Diseño de Mezcla Método ACI 211	183
7.1.9.	Anexo 9: Resultados de ensayo a compresión de Probetas patrón	187
7.1.10.	Anexo 10: Resultados de ensayo a compresión de Probetas con Adición de Lana de Roca	192
7.1.11.	Anexo 11: Resultado de ensayo a compresión de probetas de concreto patrón y con adición de lana de roca, sometidas a alta temperatura	209
7.1.12.	Anexo 12: Resultado de ensayo a compresión de probetas de concreto con adición del porcentaje óptimo de lana de roca sometidas a alta temperatura	211
7.1.13.	Anexo 13: Prueba De Hipótesis	216
7.1.14.	Anexo 14: Análisis de Costo Unitario con y sin adición de lana de Roca.....	225
7.1.15.	Anexo 15: Registro Fotográfico.....	227

RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de adicionar lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² después de la exposición a altas temperaturas (700°C), en Chimbote. Se empleó un diseño experimental puro, con un enfoque cuantitativo. Se elaboraron muestras de concreto estándar, y se observó que su resistencia a la compresión disminuyó un 77.61% al ser sometidas a 700°C. Se prepararon muestras con la adición de 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca sobre el peso de cemento, se midió el asentamiento y se sometió a 700°C de temperatura a la edad de 28 días, obteniéndose el porcentaje óptimo de adición con el cual se preparó una muestra de 40 especímenes, se calculó el promedio de resistencia a la compresión del concreto estándar y se analizó el costo. Se determinó que el porcentaje ideal de adición de lana de roca para incrementar la resistencia a la compresión del hormigón con $f_c = 210$ kg/cm² expuesto a 700°C es del 4%, lo que mejora la resistencia en un 7.44%, el coste del hormigón se incrementa en un 30% sobre el precio del hormigón estándar y la adición de un mayor porcentaje de lana de roca disminuye el asentamiento.

Palabras Clave: Lana de roca, concreto, temperatura, resistencia a compresión.

ABSTRACT

This research was carried out in order to add rock wool to improve the compressive strength of concrete $f_c=210$ kg/cm² after exposure to high temperatures (700°C), in Chimbote. A pure experimental design was used, with a quantitative approach. Standard concrete samples were made, and it was observed that its compressive strength decreased by 77.61% when subjected to 700°C. Samples were prepared with the addition of 2%, 4%, 6% and 8% of rock wool over the cement weight, the settlement was measured and subjected to 700°C temperature at the age of 28 days, obtaining the optimal percentage of addition with which a sample of 40 specimens was prepared, the average compressive strength of standard concrete was calculated and the cost was analyzed. It was determined that the ideal percentage of addition of rock wool to increase the compressive strength of concrete with $f_c = 210$ kg/cm² exposed to 700°C is 4%, which improves the strength by 7.44%, the cost of concrete is increased by 30% over the price of standard concrete and the addition of a higher percentage of rock wool decreases settlement.

Keywords: Rock wool, concrete, temperature, compressive strength.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, el hormigón convencional utilizado en la construcción experimenta una reducción en la resistencia a la compresión cuando se expone a altas temperaturas por incendios. De acuerdo con el estudio realizado por Malik et al. (2021) , en su artículo *Thermal and mechanical properties of concrete and its constituents at elevated temperatures: A review*, India, indica que las propiedades del material del hormigón se degradan con una exposición prolongada a temperaturas superiores a 300°C. El nivel de degradación es el resultado de la magnitud y el período de tiempo de exposición a la temperatura, el historial de curado, las propiedades del material a temperatura ambiente, y el número de ciclos térmicos. Con el cambio de temperatura, los cambios en el contenido de humedad provocan el debilitamiento de la Zona de Transición Interfacial entre el árido grueso y la pasta echa de cemento. La matriz de mortero de cemento y arena puede sufrir contracción térmica a temperaturas elevadas debido a la pérdida de humedad, aumentando así la fisuración en la Zona de Transición Interfacial. La pérdida de masa es más pronunciada en el hormigón que contiene agregados calcáreos debido a la disociación de la dolomita a aproximadamente 780°C. Con el incremento de la temperatura disminuye la capacidad de carga a compresión del hormigón, la pendiente de la curva de resistencia está influenciada por el comportamiento mecánico de los materiales que lo conforman. El hormigón diseñado para atener mayor resistencia de carga es más susceptible al desconchamiento al alcanzar temperaturas mayores a 350°C.

En el Perú según el reporte estadístico del equipo de bomberos voluntarios en los últimos 5 años (2019-2023) se han registrado 50951 incendios y en lo que va del año 2024 ya se registran 10867 nuevos incendios. Esto ocasiona pérdidas materiales, económicas y pérdidas humanas.

En Chimbote, a causa de los incendios ocurridos en las edificaciones tanto de uso de vivienda, comercial e industriales, el hormigón pierde resistencia a la compresión debido a las altas temperaturas alcanzadas, provocando fallas estructurales o el colapso de estas de forma total o parcial, lo que genera gastos en estudios para determinar su habitabilidad o las alternativas de reforzamiento. Los incendios superan la temperatura que resiste el concreto antes de variar sus propiedades mecánicas, ya sea porque no ha sido controlado a tiempo o por la variación brusca de temperatura. Si el concreto no resiste más temperatura expondrá a que más edificaciones en las que ocurra un incendio queden fuera de servicio causando pérdidas humanas y económicas por trabajos de demolición, reforzamiento, reconstrucción y en impuestos para el estado, disminuyendo la calidad de vida de las familias que abren sus negocios o trabajan en estas edificaciones.

Como una alternativa de solución se plantea adicionar Lana de Roca para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón expuesto a altas temperaturas, dado que es un material utilizado principalmente como aislante térmico, que resiste temperaturas que superan los 1000°C. La lana de roca es un mineral que se obtiene a partir de roca volcánica, su presencia en la corteza natural es abundante sobre todo en el fondo del océano. Al ser una roca natural es considerado como un material sostenible en la línea del tiempo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Qué porcentaje de adición de Lana de Roca mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² expuesto a 700°C de temperatura, en Chimbote?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué resistencia a la compresión obtendrá el concreto en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura luego de elaborar muestras patrón de concreto $f'c=210$ kg/cm²?
- ¿Qué resistencia a la compresión obtendrá el concreto en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura, luego de elaborar muestras con adición del 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca?
- ¿Qué porcentaje de adición de lana de roca es óptimo para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² que ha sido sometido a 700°C de temperatura?
- ¿Cuáles serán los resultados obtenidos de las muestras con adición óptima del porcentaje de lana de roca, al ser sometidas a 700°C de temperatura?
- ¿Cuál es el costo unitario por m³ de concreto con y sin adición de lana de roca y en cuanto difiere al comparar los resultados?
- ¿Cuál es la variación de las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Adicionar Lana de Roca para mejorar la resistencia a la compresión del Concreto $f'c=210$ kg/cm² luego de ser expuesto a alta temperatura (700°C), en la Ciudad de Chimbote.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar muestras patrón de concreto $f'c=210$ kg/cm² y obtener su resistencia a la compresión en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura.

- Elaborar muestras de concreto con adición del 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca y obtener su resistencia a la compresión en condiciones normales y al ser sometidos a 700°C de temperatura.
- Determinar qué porcentaje de adición de lana de roca es óptimo para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² que ha sido sometido a 700°C de temperatura.
- Evaluar y comparar los resultados obtenidos de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura.
- Determinar el costo unitario por m³ de concreto con y sin adición de lana de roca y comparar los resultados.
- Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Al adicionar un determinado porcentaje de lana de roca se mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² que fue sometido a alta temperatura (700°C), en Chimbote.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

Este estudio realizado es significativo porque permitió determinar la resistencia a la compresión del concreto con el porcentaje óptimo de lana de roca añadida respecto al concreto patrón cuando estos fueron sometidos a alta temperatura, con ello se obtuvo información para futuras investigaciones y para que pudieran ser aplicados en proyectos de construcción. Esto sirve para obtener una fuente bibliográfica para estudios posteriores a tesis, ingenieros de entidades públicas y privadas.

1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

1.6.1. LIMITACIÓN ESPACIAL

Este proyecto investigó el comportamiento de resistencia del concreto con una resistencia de $f_c=210$ kg/cm² mediante adición de porcentajes variables de lana de roca (2%, 4%, 6% y 8%) y exponiéndolo a una alta temperatura de 700°C. En el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNS se realizaron pruebas para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales (arena y grava triturada). Las pruebas del hormigón endurecido se realizaron en un laboratorio externo certificado por una empresa certificada por INACAL. Las muestras se colocaron en un horno con un medidor de temperatura ajustado a 700 °C en las instalaciones de laboratorio de cerámica de la Escuela de Bellas Artes de Trujillo.

1.6.2. LIMITACIÓN TEMPORAL

El periodo de realización del estudio fue desde el mes de febrero del 2023 hasta el mes de diciembre del 2024.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Lu et al. (2024) en su artículo *Study on the Influence of Waste Rock Wool on the Properties of Cement Mortar under the Dual Fiber Effect of Polyvinyl Alcohol Fibers and Steel Fibers*, China, investigó el efecto de la dosificación de lana de roca residual sobre la trabajabilidad y la resistencia mecánica de los morteros reforzados con fibra de alcohol polivinílico (PVA) y acero. Los materiales utilizados en la prueba fueron cemento de silicato ordinario, residuos de lana de roca con tamaño de las partículas oscilaba entre 45 μm y 80 μm , el diámetro y la longitud de la fibra de PVA eran de 50 μm y 6 mm, y el diámetro y la longitud de la fibra de acero eran de 220 μm y 13 mm, respectivamente. Cuando la dosificación de lana de roca residual aumentó en un 5%, la dosificación de cemento se redujo en un 5% en consecuencia. Los resultados mostraron que la fluidez del mortero disminuyó gradualmente con el aumento de la dosis de lana de roca residual, con una reducción máxima del 10% a una dosis del 20%. Cuanto mayor sea la dosis de lana de roca residual, más se reduce la capacidad de carga a compresión. La influencia de la lana de roca de desecho en la reducción de la resistencia disminuye con el aumento de la edad. Cuando la dosis de lana de roca residual fue del 10%, la capacidad de carga a compresión a la edad de 28 días disminuyó en 10,59%, respectivamente. Los residuos de lana de roca solo afectan al proceso de hidratación. Promueve la hidratación del sistema de material cementoso a dosis bajas y exhibe un efecto inhibitorio a dosis altas.

Alghamdi et al. (2024) en su artículo *Reuse of waste rockwool for improving the performance of LC3-based mortars made with natural and recycled aggregates for sustainable building solutions*, Arabia Saudi, investigó la influencia de la adición de

lana de roca (RW) residual en las características termofísicas, mecánicas y de resistencia al fuego de morteros a base de cemento de arcilla calcinada (LC3) de piedra caliza. El aglutinante LC3 se ha producido reemplazando el 60% en peso de cemento Portland ordinario (OPC) con polvo de piedra caliza (LS) y metacaolín (MK) a un porcentaje de LS a MK de 1:2 (% en peso). Los residuos de RW se añadieron en varias proporciones de 1, 3 y 5 % (en peso de aglutinante) en dos tipos de morteros a base de LC3 fabricados con arenas naturales (NS) y escorias de ferrocromo (FCS) con un % vol de aglutinante a agregado de 1:3. Tras la adición de un 5 % en peso de RW de residuos, se obtuvieron mejoras significativas de alrededor del 19 % y el 21 % en la capacidad a la compresión de morteros NS y FCS, respectivamente, y se atribuyeron al mejor empaquetamiento físico. Después de la exposición al fuego estándar durante 1 h con una temperatura máxima aplicada de 945 °C, los morteros LC3 mezclados con arena y FCS han mantenido resistencias residuales de aproximadamente el 57,5 % y el 63,8 %, respectivamente. En general, la incorporación de RW provocó un ligero aumento de la conductividad térmica de ambos tipos de morteros; sin embargo, el mortero LC3 mezclado con FCS poseía tasas de incremento relativamente más altas en comparación con el mortero de arena, lo cual es útil para mejorar el rendimiento térmico en regiones de clima cálido. Se lograron mejoras notables en las características de la microestructura en términos de compacidad, uniformidad y estanqueidad de la zona de transición interfacial (ITZ) mediante la adición de RW.

França et al. (2023) en su artículo *Feasibility of Using Sugar Cane Bagasse Ash in Partial Replacement of Portland Cement Clinker*, Brazil, hace un análisis técnico y económico sobre el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBC) en sustitución parcial del clinker en cemento Portland. Se llevaron a cabo experimentos sustituyendo

el cemento portland en 10, 20 y 30% para evaluar su viabilidad técnica. Las cenizas empleadas estaban en las siguientes condiciones: en su estado original (O), trituradas y molidas (T), re-quemadas y trituradas (RT). En los procedimientos de mezcla del mortero se consideraron tres parámetros de composición: (i) mezcla con una proporción agua/ligante fija en volumen, (ii) mezcla con una proporción agua/ligante fija en peso, y (iii) mezcla con flujo constante. Después del análisis de viabilidad técnica, se debatieron las ventajas de las sustituciones y se realizó un análisis de la relación entre el empleo de cemento y la resistencia a las cargas de compresión obtenida, junto con los costos económicos. Las cenizas de bagazo de caña en su estado original no eran apropiadas para sustituir parcialmente el clínker en cemento Portland. Las cenizas de bagazo de caña molidas mostraron un rendimiento satisfactorio, mientras que las cenizas molidas y re-quemadas ofrecieron el mejor desempeño en la sustitución parcial del clínker en cemento Portland. Para mantener la misma resistencia a las cargas de compresión se redujo la cantidad de cemento por metro cubico de hormigón, lo que permitió reducir el costo del hormigón y del mortero en un 8%, al considerar que la ceniza tiene el mismo valor que el cemento. Se concluyó que la sustitución del cemento por ceniza de bagazo de caña es viable técnica, ambiental y económica.

Ferrández et al. (2022) en su artículo *Recovery of Mineral Wool Waste and Recycled Aggregates for Use in the Manufacturing Processes of Masonry Mortars*, España, indica que los problemas ambientales causados por los residuos industriales son de carácter universal. En la actualidad es importante realizar una adecuada gestión de los desechos de construcción y demolición. Para la reincorporación de estos residuos a la fabricación de mortero de mampostería se ha realizado un experimento con morteros

elaborados con áridos naturales, hormigón y cerámica mixta, en la cual se incorporaron fibras de lana mineral en porcentajes de 0%, 10% y 20% como sustitución parcial de arena. Según los resultados, aunque los morteros convencionales tienen un rendimiento técnico superior, los morteros elaborados con árido reciclado son viables para su aplicación in situ. De acuerdo a este estudio se ha determinado que la incorporación de fibras de lana mineral reciclada en la composición del mortero reduce la conductividad térmica y la contracción durante el fraguado, mejorando así su resistencia a la flexión y su durabilidad. Al agregar fibras de lana mineral como refuerzo del mortero la resistencia a flexión se incrementó. La más óptima resistencia a flexión del mortero se obtuvo cuando se sustituyó el 20% de agregado por fibras de lana mineral. Para el caso de resistencia a compresión la resistencia disminuyó al realizar la sustitución del agregado grueso por fibras de lana mineral. El mortero elaborado con fibras de lana mineral reciclada sustituyendo al agregado grueso en comparación con el mortero convencional para ambos casos se obtuvo rendimiento inferior.

Yap et al. (2022) en su artículo *Rock wool-reinforced concrete: Physico-mechanical properties and predictive modelling, Malasia*, estudió las características físicas y mecánicas del concreto liviano con la inclusión de fibras de lana de roca (0%-15%) en proporción agua-cemento (0.4, 0.5 y 0.6). La reducción de la resistencia es posible que ocurre por: (i) cuando el incremento de lana de roca disminuye la proporción de ligante en el volumen de la mezcla fija, lo que da lugar a muchos huecos intergranulares. La resistencia a la compresión depende del aglutinante endurecido que rodea las fibras de lana de roca, lo que afecta a la correcta distribución de la carga, y (ii) las elevadas propiedades de absorción de agua de las inclusiones de lana de roca

dificultarán la formación de los productos de hidratación en la pasta y provocarán una disminución de la capacidad de carga a compresión. Observa que la proporción agua cemento más baja tiene un efecto negativo significativo en la capacidad de carga a compresión en relación al incremento del contenido de fibra. Por lo tanto, cuando aumenta el volumen de fibra, se necesita una relación agua cemento más alta para evitar la hidratación incompleta de la cal, lo que afecta negativamente a la resistencia del hormigón. El material ligero utilizado en este estudio fue lana de roca, con densidad aparente de 80 kg/m³. La lana de roca lo cortó en cubos de 2 cm³ antes de mezclarla con el aglutinante. El aglutinante se compone de agua del grifo y cemento Portland ordinario.

Bahrami & Nematzadeh (2021) en su artículo *Effect of Rock Wool Waste on Compressive Behavior of Pumice Lightweight Aggregate Concrete After Elevated Temperature Exposure*, Irán, explora las propiedades mecánicas del hormigón liviano que contiene agregados gruesos de piedra pómez y residuos de lana de roca (que consisten en fibras minerales) antes y después de la carga térmica. Las variables clave incluyeron el porcentaje de volumen de residuos de lana de roca (0%, 2,5%, 5%, 7,5% y 10%) y la temperatura de exposición (20 °C, 200 °C, 400 °C y 600 °C). Evaluó el comportamiento a compresión del hormigón liviano estableciendo relaciones empíricas en términos de temperatura y porcentaje de volumen de lana de roca. Los resultados demostraron que las propiedades mecánicas de las probetas del concreto liviano se degradaron con la temperatura. La mayor degradación en el rango de temperatura estudiado ocurrió a 600 °C, con una caída de alrededor del 50% en la resistencia a la compresión.

Mathews et al. (2021) en su artículo *Effect of high-temperature on the mechanical and durability behaviour of concrete*, India, realiza un experimento para estudiar el efecto de la temperatura elevada sobre las características de durabilidad del Hormigón Normal (CN). Se fundieron, curaron y probaron muestras de concreto de diferentes grados de resistencia (M20, M30, M40 y M50) para determinar su resistencia a la compresión. Los resultados demostraron que las probetas de hormigón de grado M50 expuestas a temperaturas más altas exhibieron una mayor pérdida de resistencia, es decir, 46,10% en comparación con otras muestras. La pérdida de peso en los especímenes mostró una variación proporcional a la disminución de fuerza. A mayor resistencia del hormigón, se descubrió que las características mecánicas y de durabilidad mejoran para las muestras no calentadas. Sin embargo, en el caso de las muestras calentadas, se observó una caída sustancial en el rendimiento.

Dawood et al. (2020), en su artículo *Behavior of foamed concrete reinforced with hybrid fibers and exposed to elevated temperatures*, Irak, analizan las propiedades del hormigón espumado que incorpora fibras de carbono y polipropileno, ya sea de forma individual o combinada, bajo condiciones de alta temperatura. Las proporciones usadas de fibra de carbono fueron de 0.5% y 1.5% con el objetivo de mejorar las propiedades del hormigón espumado. Utilizaron fibras de carbono (CF) y fibras de polipropileno (PPF) en una combinación híbrida en las siguientes combinaciones: 1% fibras de carbono + 0.5% fibras de polipropileno y 0.5% fibras de carbono +1% fibras de polipropileno, y fibras puras de polipropileno al 1.5%. Las muestras fueron calentadas a temperaturas de 200°C, 250°C, 300°C, 350°C y 400°C. En lo que respecta a la capacidad de compresión, se observa que se redujo a medida que aumentaba la temperatura y que la influencia más alta sobre estas fuerzas ocurrió al

alcanzar los 400°C. Debido al bajo punto de fusión de las fibras de polipropileno el concreto elaborado con estas fibras fue más influenciada por la temperatura que el concreto elaborado con fibras de carbono.

Da Silva et al. (2020) en su artículo titulado *Influence of substitution of Portland cement CP-II-Z32 by refractory cement on residual properties of high-temperature concrete*, Brazil, indica que las estructuras de hormigón deben ser diseñadas para asegurar la estabilidad durante su tiempo de servicio, para lo cual hay consideraciones que se deben tomar para asegurar la estructura frente a la ocurrencia de incendios. La finalidad de su investigación fue evaluar el efecto de sustituir parte o el total de cemento por otro de tipo refractario en mezclas de hormigón en proporción con las propiedades residuales después de estar sometidos a diferentes grados de temperatura. Para los ensayos, las probetas de forma cilíndrica fueron elaboradas haciendo reemplazos de cemento en las proporciones de 0% (referencia), 50% y 100%, y fueron sometidos a temperaturas de 450 °C y 900 °C sin aplicación de fuerzas. Los efectos que se evidenciaron fueron el cambio de color y la disminución de la resistencia mecánica en relación al aumento de temperatura. El resultado de la incorporación de cemento refractario causó una menor conducción del calor de manera proporcional al aumento de la cantidad de sustitución.

Raza et al. (2020) en su artículo *Residual mechanical strength of glass fiber reinforced reactive powder concrete exposed to elevated temperatures*, Pakistán, asevera que el concreto con polvo reactivo tiene una microestructura más compacta que genera susceptibilidad a la separación cuando se somete a temperatura elevada. Aplicaciones extraordinarias de polvo reactivo en estructuras que necesitan alta resistencia y durabilidad han conllevado examinar el desempeño del concreto con polvo reactivo a

altas temperaturas. Tiene como objetivo examinar cómo distintas proporciones de fibra de vidrio influye en el rendimiento mecánico del hormigón con polvo reactivo después de estar sometido a temperatura elevada, con temperaturas específicas de 200, 400, 600 y 800 °C. Evaluaron la flexión, compresión y demostraron con su experimento que usando dosificaciones de fibra de vidrio de 2% a 4% el spalling fue controlado y el concreto adicionado con polvo reactivo al que se le ha añadido un 3% de fibras de vidrio expuesto a 400°C obtuvo resistencia mecánica residual máxima, y que para temperaturas de 600°C y 800°C el concreto con polvo reactivo con adición del 4% de fibras de vidrio obtuvo resistencia residual máxima, obteniendo que el efecto de la dosificación en la resistencia residual máxima varió con el aumento de la temperatura. La adición de fibras resultó ser más efectiva para mejorar la resistencia a la compresión a temperaturas superiores a 400 °C. En cuanto a la resistencia a la flexión, las fibras de vidrio mejoraron las propiedades del concreto tanto en condiciones normales como cuando fue expuesto a altas temperaturas.

Brum Dutra da Rocha et al. (2020) en su artículo *Properties Investigation of novel nitrile rubber composites with rockwool fibers*, Brazil, asevera que la lana de roca es una fibra inorgánica con importantes propiedades y que es obtenida de rocas basálticas. Elaboraron 10 mezclas con 10%, 25% y 40% de fibras de lana de roca con diferentes dimensiones de longitud para ser estudiadas en su forma, comportamiento térmico, flujo de materia, deformación y propiedades mecánicas con el objetivo de investigar las propiedades de 3 fibras de lana de roca en los compuestos de caucho de nitrilo. Obtuvo que la fibra de lana de roca con modificación química tuvo una mejor interacción interfacial con el módulo de mejora del polímero al 100% de la deformación, obteniendo una dureza en la escala Shore del Tipo A, resistencia al

desgarro, efecto Payne (Comportamiento de tensión-deformación del caucho) y disminución del estrés bajo un trabajo a compresión. La menor relajación de estrés en comparación con el caucho de nitrilo sin adición se obtuvo para una composición con el 10% de fibra con modificación química con tamaños de (125 μm -300 μm), determinando que se puede usar esta composición para materiales que trabajan a fuerzas de compresión y que el tamaño de las fibras no tuvo impacto significativo en los resultados.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

López Sumarriva (2024) en su tesis Evaluación del comportamiento del concreto de alto desempeño $f'_c=450 \text{ kg/cm}^2$ expuesto a altas temperaturas a esfuerzo de compresión y tracción, Apurímac, analizó el comportamiento del concreto de alto rendimiento con una resistencia de $f'_c=450 \text{ kg/cm}^2$ cuando se expone a altas temperaturas causadas por el fuego durante un incendio. Los modelos fueron sometidos a pruebas de compresión y tracción. Se observó un descenso significativo en la resistencia de las muestras de concreto después de haber sido sometidas a altas temperaturas. Las pruebas comenzaron con muestras a temperatura ambiente, que fueron comparadas con otras expuestas durante una, dos, tres y cuatro horas. Se comprobó que las muestras expuestas a altas temperaturas mostraron una disminución progresiva en sus propiedades mecánicas de compresión y tracción. Al finalizar las pruebas, se determinó que el concreto de alto rendimiento, con una resistencia de $f'_c=450 \text{ kg/cm}^2$, perdió un 55.43% de su resistencia tras cuatro horas de exposición a 400 °C en términos de compresión. Además, se concluyó que un mayor tiempo de exposición y un aumento de la temperatura resultan en una mayor pérdida de resistencia del concreto.

Gallardo Guerrero & Bravo Chávez (2023) en su tesis *Desempeño del concreto con nanosílice como sustituto parcial del cemento y lana de roca como sustituto parcial del agregado grueso*, Lambayeque, analizó las características físico y mecánico del hormigón al incorporar nanosilice en reemplazo en parte del cemento, y lana de roca en reemplazo de parte del agregado grueso. Las muestras para vigas y probetas conformaron un total de 540, usando en el diseño de mezcla nanosilice en proporciones de 0.6%,0.8%,1.0% y 1.4% en peso, y porcentajes de lana de roca del 2%, 4%, 6% y 8% en volumen. También evaluó el porcentaje de aire y el slump del concreto. Se obtuvo como resultado un aumento notable en el asentamiento con nanosílice, alcanzando hasta 8 pulgadas, y una reducción del contenido de aire hasta el 0,7% con 0,8% de nanosilice, aunque el contenido de aire aumentó con lana de roca. Además, la resistencia a la compresión a 28 días aumentó un 37,19% y un 30,53%, con 1,4% de nanosilice en comparación con el modelo de control, y un 21,85% con 1,4% de nanosilice + 6% de lana de roca. Se concluyó que el mejor porcentaje de adición fue de 6% lana de roca + 1,4% de nanosílice, incrementando la capacidad de carga a la compresión del hormigón en comparación con los diseños de control.

Santiago Vásquez (2022) en su tesis *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero luego de exponer al fuego - Huanuco-2021*, analizó la capacidad de carga a compresión del hormigón al que le reforzó con fibras de metal (acero) a temperatura ambiente y al aumentar la temperatura al exponerlo al fuego. Este estudio fue de nivel correlacional y explicativo, de tipo experimental y enfoque cuantitativo. Se diseñó por el método del ACI una mezcla de resistencia de 210 kg/cm^2 a los 28 días. Fabricó 30 muestras de concreto estándar y 30 con fibra de acero de dimensiones de 6"x12". Diez de estas

muestras fueron expuestas al fuego hasta alcanzar una temperatura de 300°C en un horno para fabricación de ladrillos. El concreto estándar tuvo una media de 242.91 kg/cm², disminuyendo a 189.26 kg/cm² después de ser expuesto al fuego, ensayado a los 28 días. Se obtuvo una media de 281.52 kg/cm² a temperatura ambiente para el concreto con fibras de acero y al ser expuesto a fuego disminuyó a 220.41 kg/cm². Esto demuestra que la capacidad de cargas de compresión del hormigón disminuye con el aumento de exposición al fuego.

Lopez Padilla & Apaestegui Huaman (2020) en su tesis *Diseño Sísmico en Edificio Nicolini Malvinas empleando concreto $f'c=210$ kg/cm² con agregado de Lana de Roca, sometido a fuego, Lima-2020*, hicieron un experimento para analizar las modificaciones en las propiedades mecánicas del concreto al reemplazar parte del agregado grueso con fibra de lana de roca disgregada; para un diseño de $f'c=210$ kg/cm², utilizando los materiales habituales como cemento, agregados, agua y la incorporación de lana de roca al 4%, 8%, 12% y 16% del peso de agregado grueso, las muestras de prueba tuvieron medidas de 4 pulgadas por 8 pulgadas. Después de 28 días de curado, las resistencias a compresión para las adiciones de lana de roca del 0%, 4%, 8%, 12% y 16% fueron de 325 kg/cm², 373 kg/cm², 325 kg/cm², 183 kg/cm² y 146 kg/cm², respectivamente. Con lo mencionado anteriormente, se confirma un incremento en la resistencia del hormigón para porcentajes de sustitución por debajo del 8% de lana de roca que sustituye al agregado grueso, pero para porcentajes mayores la resistencia disminuye. Al exponer una muestra a 440°C por el lapso de 1 hora con 40 minutos con sustitución de 4% de lana de roca se logró alcanzar una resistencia de 230 kg/cm².

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. LANA DE ROCA

a. Definición

Este material es el que se produce de la roca natural balsámica que pertenece a la categoría de las rocas ígneas volcánicas y se encuentra en grandes cantidades en la corteza terrestre en el fondo del océano y por lo tanto se puede extraer por mucho tiempo para la fabricación de lana roca. Esta roca ígnea se calienta en un horno industrial a 1600°C hasta que llega al punto de licuación y se forma el magma que se expulsa en forma de chorro de aire o vapor a alta presión, y por medio de la centrifugación se producen fibras que forman el material lana de roca (Lopez Padilla & Apaestegui Huaman, 2020).

Las finas fibras entrelazadas obtenidas al hacer girar a alta velocidad las rocas fundidas similar a la elaboración del algodón de azúcar, forman la principal lana mineral que es la lana de roca, estas fibras se forman en láminas con alto grado de porosidad que influye en el aislamiento térmico, absorción acústica y la resistencia al fuego. A inicios del siglo XX se inició la industrialización de la lana de roca debido a las características mencionadas, y en la actualidad representa el 50% del material aislante en el mercado, se usa como material de construcción y aislamiento de tuberías (Yap et al., 2021).

Es un tipo de aislamiento mineral que tiene como materia prima rocas basálticas de origen volcánico y el mineral coque (carbón). Los hornos para fundir estas materias primas deben alcanzar temperaturas superiores a los 1500°C que general que las rocas lleguen a estado líquido, pasan por un proceso de formar fibras para luego ser transformados en placas, rollos o granel (ECOGREENHOME, 2018).

Figura 1

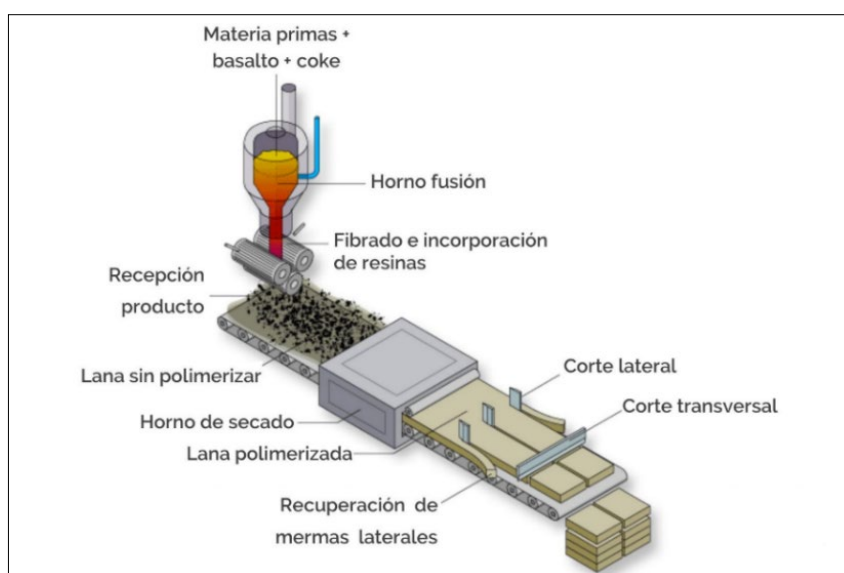
Lana de Roca como Aislante Térmico



Nota. Recuperado de <https://www.canexel.es/blog/aislantes-lana-de-roca/>

Figura 2

Proceso de Fabricación de la Lana de Roca.



Nota. Recuperado de <https://aislayahorra.es/insuflado-de-lana-de-roca/>

b. Composición química

Cada proceso de fabricación establecido en las plantas de producción selecciona las materias primas según su preferencia y el uso que se le quiere dar a la lana de roca, por lo que según ello varía su composición, pero en general estas materias primas pertenecen al grupo de las rocas cristalinas dentro de las cuales se encuentran rocas como la dolomita, anortosita, diabasa, arena de olivino o a veces escoria (Yap et al., 2021).

Tabla 1

Composición Química De La Lana De Roca

Nomenclatura Sistemática	Formulación Química	Porcentaje
Dióxido de Silicio	SiO ₂	44.06%
Trióxido de dialuminio	Al ₂ O ₃	15.94%
Monóxido de Titanio	TiO	1.58%
Monóxido de Hierro	FeO	11.93%
Monóxido de Calcio	CaO	16.36%
Monóxido de Magnesio	MgO	5.68%
Monóxido de Manganeso	MnO	0.17%
Monóxido de disodio	Na ₂ O	3.71%
Monóxido de dipotasio	K ₂ O	0.57%

Nota. Datos tomados de Diseño sísmico en edificio Nicolini Malvinas empleando concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado de lana de roca, Sometido A Fuego, Lima-2020 (2020)

De acuerdo con la **Tabla 1** los componentes principales de la lana de roca son el SiO₂, CaO, Al₂O₃ y FeO. Se han realizado estudios de lana de roca reciclada en diferentes estudios, encontrándose los siguientes componentes en común.

Tabla 2
Composición química de lana de roca reciclada

Composición (%)								
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TAN 3	TiO ₂
38.7	20.9	18.6	5.3	7	2,00 *		N / A	N / A
16.9	46,90	5.4	16.2	2.6	N / A	N / A	N / A	N / A
40.6	3.52	2.14	6.91	11.1	6.34	6.71	2.41	0.23
40.4	17.4	1.8	9.2	12.6	0.4	N / A	N / A	0.8
42	14.7	16.6	11.3	12.2	0.5	1.6	0.03	0.9
44.06	16.36	15.94	11.93	5.68	0.57	3.71	N / A	1.58
27.04	9.57	6.31	8.03	5.85	5.45	3.43	5.05	N / A
40.76	21.09	11.48	11.3	N / A	N / A	N / A	N / A	N / A
60.1	22.6	0.76	1.36	1.39	0.58	5.29	1.36	0.2
42.6	18.3	18.1	7.1	8.4	0,60	2.1	N / A	0.8
40	14.5	16	9	14.5	2	N / A	N / A	N / A
44.1	16.6	14.3	5.5	14.7	0.3	1.2	0	0.2
51.54	13.94	1.07	0.36	2.92	0.56	8.2	0.3	0.04
40–52	10–12	8–13	5,5–6,5	8–15	0,8–2,0	0,8–3,3	0–0.2	1.5–2.7

Nota. * la suma de K₂O y Na₂O. Datos tomados de Waste mineral wool and its opportunities—a review (2021)

De acuerdo con la **Tabla 2** la lana de roca reciclada está compuesta principalmente por dióxido de silicio (SiO₂), óxido de calcio (CaO) y óxido de aluminio (Al₂O₃). Predomina el SiO₂ conformando el 38,7% y el 60,1% del peso total en la mayoría de los casos. Referente a CaO y Al₂O₃, su proporción en peso es entre 10% y el 46,9% para CaO, y entre el 0,8% y el 18,6% para Al₂O₃ (Yap et al., 2021).

La lana de roca reciclada tiene un alto contenido de SiO₂ (38,7–60,1 %), CaO (10 a 46,9 %) y Al₂O₃ (0,8 a 18,6 %), los cuales contribuyen a mejorar las propiedades del

cemento e influye en la resistencia, resistividad química y durabilidad por lo que es una alternativa para la producción de concreto (Yap et al., 2021).

c. Trituración de la lana de roca

Para lograr una mezcla uniforme de partículas es preferible realizar la trituración que consiste en moler, cortar u otro, de manera que se realice una reducción para descomponer el material solido en tamaños menores para poder ser mezclados con otros componentes. Este proceso modificará las longitudes de la fibra, la densidad aparente y el ancho de la lana de roca (Yap et al., 2021).

d. Componentes corrosivos en lanas de roca recicladas.

El cloruro presente en los poros de la lana de roca se transforma en ácido clorhídrico, un líquido corrosivo y volátil. Cuando la lana de roca está sometida a condiciones de calor o humedad las partículas de cloruro se transforman en ácido, para resolver esto se lava la lana de roca molida con agua del grifo en una proporción de lana de roca - agua de 1:10. Con este proceso y esta proporción se disminuyó de 4.901% a 0.612% en peso (Yap et al., 2021).

e. Propiedades de la lana de roca

- Conductividad Térmica

Este material es un buen aislante térmico esto por su baja conductividad térmica de 0.037W/m.k (Lopez Padilla & Apaestegui Huaman, 2020).

- Resiliencia al fuego de la lana de roca.

Incluso para temperaturas mayores a 1000°C la lana mineral de roca mantiene sus propiedades, es resistente al fuego y es efectiva para contener incendios y evita su propagación actuando como una barrera. Las propiedades de este material permiten

construir ciudades sostenibles y seguras con construcciones con suficiencia energética y resistentes al fuego, por lo que en un proyecto arquitectónico se deben considerar estos factores que brindan seguridad y confort a los usuarios (Enrique Peraza et al., 2019).

En casos de incendio la lana de roca no libera gases tóxicos en grandes cantidades, tiene una inherente resistencia al fuego resistiendo temperaturas por encima de los 1000°C, además no permite el paso del calor protegiendo las estructuras de un edificio por hasta 4 horas (Barrett, 2022).

- **La lana de roca como material puzolánico**

Lo que genera que la lana de roca sea un material puzolánico es su contenido de hasta el 70% de SiO₂ y hasta el 20% de CaO. La sílice en su etapa amorfa es importante para iniciar y mantener la actividad puzolánica, dado que esta reacción ocurre únicamente en la superficie de las partículas de sílice, el área de superficie específica es el factor más importante para la efectividad de dicha actividad. Se ha investigado el uso de partículas finas de lana de roca para facilitar la hidratación temprana del cemento; sin embargo, los resultados mostraron un período de latencia prolongado que no es ideal (Yap et al., 2021).

- **Repelente al agua**

La lana de roca es un material que permite la transpiración y facilita la salida del vapor de agua, es repelente al agua y si se moja puede recuperar su capacidad de aislamiento inicial. No promueve la proliferación de hongos ni el crecimiento de moho debido a su composición de materiales inorgánicos (Barrett, 2022).

2.2.2. CONCRETO

a. Definición

El concreto es una combinación de cemento Portland, agregados, aire y agua, mezclados en proporciones específicas para lograr propiedades determinadas, en particular la resistencia (Abanto Castillo, 2009).

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

Figura 3

Componentes del Concreto.



El concreto es una combinación de arena, grava, roca triturada u otros agregados que se unen en una masa sólida mediante una mezcla de cemento y agua. A veces, se incorporan uno o más aditivos para modificar determinadas propiedades del concreto, como su ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado (McCormac & Brown, 2017)

La reacción química entre el cemento y el agua une las partículas de los agregados, formando un material heterogéneo. Para mejorar o modificar las propiedades del concreto, a menudo es necesario añadir aditivos. La mezcla de los elementos del concreto estandar forma una masa plástica que se puede moldear y compactar con relativa facilidad; con el tiempo, esta masa pierde su plasticidad y se vuelve rígida, formando un cuerpo sólido y resistente conocido como concreto (Choque Yucra & Paye Nina, 2019).

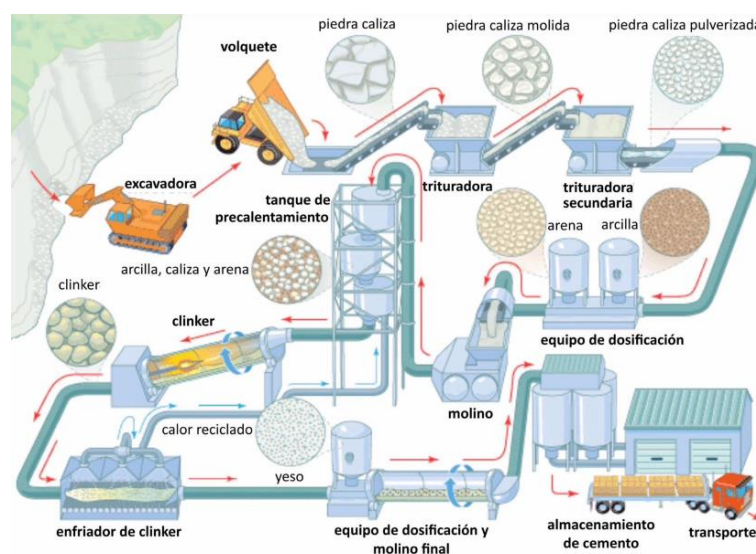
b. Componentes del Concreto

- Cemento Portland

El cemento Portland es un material que interactúa de manera retardada con el agua hasta que forma una pasta dura. Esto puede formarse ya sea solo o con la combinación de agregados tales como arena o piedra u otros agregados similares. La cocción de mezcla de cal, alúmina, sílice y fierro en proporciones definidas producen el Clinker, que al ser molido fino se produce el cemento. Como materia prima que se usa es la piedra caliza y la arcilla, que se muele y se calienta hasta temperatura de fusión de 1400°C y 1450°C en un horno giratorio, se obtienen esferas grises, resistentes y de variados tamaños que se denomina Clinker. En el proceso de molienda del Clinker, se incorpora yeso en una proporción del 3% al 4% para controlar el tiempo de fraguado del cemento (Abanto Castillo, 2009).

Figura 4

Proceso de fabricación del Cemento Portland



Nota. Recuperado de <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/11/proceso-de-fabricacion-del-cemento.html>

- Tipos de cemento

Tipo I: Es el cemento comúnmente utilizado en proyectos de construcción en general. **Tipo II:** un cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el Tipo I y puede soportar cierta exposición a la agresión de sulfatos. **Tipo III:** un cemento de fraguado rápido que, en las primeras 24 horas, genera un concreto con una resistencia aproximadamente el doble de la que ofrece el cemento tipo I. Este cemento libera un calor de hidratación muy elevado. **Tipo IV:** un cemento de baja liberación de calor que genera un concreto que disipa el calor de manera muy lenta. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño. **Tipo V:** un cemento usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos. Si el tipo requerido de cemento no está disponible en el mercado, pueden adquirirse varios aditivos con los que las propiedades del cemento Tipo I se modifican para producir las características deseadas. (Abanto Castillo, 2009, p. 16)

- Agua

El agua es un componente esencial en la elaboración del concreto, ya que está vinculada a la resistencia, trabajabilidad y características del concreto una vez endurecido (Abanto Castillo, 2009).

Requisitos mínimos del agua para concreto

La Norma NTP 339.088, determina los límites máximos de agua a utilizarse en la elaboración del concreto, expresados en partes por millón cuyos valores se muestran en la siguiente.

Tabla 3
Límites Permisibles Para Agua De Mezcla Y De Curado

Descripción	Límite permisible
1) Sólido en suspensión	5,000 p.p.m. máximo
2) Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
3) Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 p.p.m. máximo
4) Sulfato (Ion SO ₄)	600 p.p.m. máximo
5) Cloruros (Ion Cr)	1,000 p.p.m. máximo
6) pH	5 a 8

Nota. Adaptado de NTP 339.088

- **Agregados**

Los agregados conforman el 60% y el 80% del volumen de un concreto y se emplean junto con un aglutinante, como la lechada, para elaborar mortero o concreto (Hualancho Paredes & Torres Morales, 2019).

De acuerdo con la norma ASTM C125, el agregado es un material granular, puede ser piedra chancada, grava, arena o escorias de alto horno.

Agregado Fino

Según la norma ASTM C125, el agregado fino es el material que atraviesa el tamiz de 3/8" y pasa casi completamente por la malla N°04, quedando finalmente retenido en el tamiz N°200. Además, se describe como la porción que pasa a través del tamiz N°04 y se retiene en el tamiz N°200. Este material es conocido como arena y debe cumplir con los límites especificados en las normas NTP 400.037 y ASTM C 33.

Figura 5

Agregado Fino (arena gruesa).



Granulometría del agregado fino

Muestra cómo se distribuyen el tamaño de las partículas de arena, se determina según la cantidad retenida en un conjunto de mallas estandarizadas establecidas en la norma ASTM C 33, que se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Tamices Estandarizados Para Análisis Granulométrico Del Agregado Fino

ASTM C33

Tamiz (mm/pulg)	(Especificación E11)	Porcentaje acumulado que pasa
9.5 mm (3/8)		100
4.75 (N°4)		95 a 100
2.36 mm (N°8)		80 a 100
1.18 mm (N°16)		50 a 85
600 μm (N°30)		25 a 60
300 μm (N°50)		5 a 30
150 μm (N°100)		0 a 10
75 μm (N°200)		0 a 3

Nota. Adoptado de la norma ASTM C33.

Según la norma ASTM C33 para concreto que no estará expuesto a abrasión, el contenido máximo permitido de agregado fino que pasa a través del tamiz de 75 μm (No. 200) es del 5,0 %. Para el agregado fino manufacturado u otro agregado reciclado, si el material que pasa a través del tamiz de 75 μm (No. 200) consiste en polvo de fractura, esencialmente libre de arcilla o esquisto, el límite será del 5.0% para concreto expuesto a abrasión, y un máximo del 7% para concreto no expuesto a abrasión.

Agregado Grueso

De acuerdo con la NTP 400.037, el agregado grueso se define como aquel material que permanece en el tamiz estándar de 4.75 mm (N°4), y que ha sido originado por la desintegración de la roca ya sea por medio naturales o mecánicos.

Figura 6:

Agregado Grueso (piedra chancada).



Granulometría del agregado Grueso

El agregado grueso debe estar clasificado conforme a los límites especificados en la NTP 400.037 o en la norma ASTM C 33, los cuales se definen en la siguiente tabla:

Tabla 5
Requisitos Granulométricos Del Agregado Grueso

Huso	Tamaño nominal	máximo	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados										
			100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (No. 4)
1	90 mm a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
2	63 mm a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
3	50 mm a 25 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...
4	37.5 mm a 19 mm (1 ½ pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...
5	25 mm a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
56	25 mm a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	...
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	...
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	...
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	...
89	12.5 mm a 9.5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	...
9 ^A	4.75 mm a 1.18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	...

Nota. Adoptado de NTP 400.03

Tamaño Máximo

De acuerdo con la NTP 400.037, es el tamiz más pequeño por el que pasa todo el agregado.

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso (TMN)

Según la NTP 400.037, es el menor tamiz que produce un retenido entre el 5% y 10%. Según el ACI 3198-19 en el artículo R26.4.2.1(a)(5) El TMN del agregado grueso no debe exceder 1/5 de las dimensiones de las caras del encofrado, 1/3 del grosor de la losa, o 3/4" del espacio libre entre las barras de acero.

Peso Unitario Varillado en seco

Es la masa por unidad de volumen del agregado seco al horno, compactado con una varilla de hacer (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

Densidad Específica o densidad relativa

Es la proporción a una misma temperatura, entre el peso del volumen de un material y el peso del mismo volumen de agua destilada (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

a. Trabajabilidad

Determina la facilidad con la que el concreto fresco puede ser manejado, transportado, colocado y compactado, mientras conserva su homogeneidad sin sufrir segregación. Asimismo, la trabajabilidad incluye la idea de fluidez, destacando la plasticidad y uniformidad, ya que ambas tienen un impacto considerable en el desempeño y la apariencia de la estructura (Rivva López, 2013).

La trabajabilidad está directamente relacionada con la proporción de agua a cemento; a medida que aumenta esta relación, también lo hace la trabajabilidad. Evaluar la trabajabilidad del concreto fresco es importante para entender su tendencia al sangrado y la segregación (Dhanabal & Sushmitha, 2021)

La trabajabilidad se refiere a la facilidad o dificultad que presenta el concreto al ser colocado, consolidado y terminado (Kosmatka, 2004).

La trabajabilidad es la característica del concreto recién mezclado que define cuán fácilmente se puede mezclar, colocar, compactar y dar acabado para lograr una condición uniforme. Esta característica está afectada por la cantidad de agua, la granulometría del agregado, la forma y proporción de sus partículas, así como por las cantidades y propiedades del cemento y otros materiales cementantes, los aditivos químicos, el volumen de aire incorporado y la consistencia de la mezcla (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

b. Consistencia

Es una propiedad del concreto que indica el contenido de humedad de la mezcla mediante su grado de fluidez; esto implica que, cuanto mayor sea la humedad en la mezcla, más fácilmente se desplazará el concreto al ser colocado (Rivva López, 2013).

La consistencia es la capacidad del concreto para fluir (Kosmatka, 2004).

La consistencia se refiere al nivel de resistencia que un concreto recién mezclado presenta ante la deformación, o sea, su habilidad para fluir. Esta se evalúa mediante el asentamiento; un mayor asentamiento indica que la mezcla es más fluida (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

c. Plasticidad

Es la facilidad con que se puede moldear el concreto, si en la mezcla se incrementa la cantidad de agregado o se reduce la cantidad de agua, esta se vuelve menos plástica y menos manejable, de modo que una mezcla demasiado seca y desmoronable o una mezcla fluida con exceso de agua no se considera plástica. (Kosmatka, 2004).

- Asentamiento o revenimiento

El asentamiento se refiere a la variación de altura entre el molde metálico estándar y la superficie superior del concreto después de haber retirado el molde que lo contenía (Vicuña Estrella, 2018).

La prueba de asentamiento se emplea para evaluar la consistencia del concreto.

En una mezcla con una proporción específica de cemento y agregados, y sin aditivos, un mayor asentamiento indica que la mezcla es más húmeda. Este ensayo sirve como indicador de la trabajabilidad al analizar mezclas similares. No obstante, no se debe usar para comparar mezclas con proporciones completamente distintas (Kosmatka, 2004).

El asentamiento se mide con una precisión de hasta 1/4 de pulgada. Para alcanzar un valor de asentamiento específico, la cantidad de agua añadida a la mezcla depende del tamaño máximo nominal, la forma de las partículas y la distribución granulométrica. Además, factores como la temperatura del concreto y la cantidad de aire incorporado o el uso de aditivos también tienen un impacto. En las proporciones de uso comunes, la cantidad de cemento no afecta significativamente el asentamiento (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

- **Relación agua cemento**

La resistencia a compresión del concreto disminuye a medida que aumenta la relación agua-cemento, esto es conocido como la La Ley de Abrams formulada en el año 1918. (Cruz León & Vásquez Días, 2019).

La necesidad de agua se incrementa cuando los agregados son más angulares y tienen una textura rugosa (aunque esta desventaja puede ser compensada por mejoras en otras propiedades, como la adherencia a la mezcla de cemento). El agua necesaria es menor cuando se aumenta el tamaño máximo del agregado o al incrementar el aire incorporado. La cantidad de agua necesaria disminuye al aumentar el tamaño máximo de los agregados bien clasificados o al elevar el nivel de aire incorporado. Los aditivos para reducir agua generalmente disminuyen la cantidad de agua necesaria para la mezcla (American Concrete Institute ACI 211.1, 2022).

d. Exudación

Es el movimiento del agua hacia la superficie y la deposición de los sólidos, ocurre por deficiencia en el diseño de mezcla, exceso de agua, empleo de aditivos y de la temperatura la cual está directamente relacionada con la exudación. La exudación es inevitable en el concreto fresco, por lo que se debe controlar para minimizar los efectos negativos (Choque Yucra & Paye Nina, 2019).

e. Segregación

Es la disgregación del agregado grueso del mortero (Arena + Cemento + agua), es decir se descomponen las partes que constituyen al concreto fresco (Choque Yucra & Paye Nina, 2019).

2.2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

a. Resistencia a Compresión

Se obtiene al dividir la carga de ruptura entre el área de la sección a la que es aplicada (Choque Yucra & Paye Nina, 2019).

La resistencia a tracción del concreto es aproximadamente una décima parte de su resistencia a compresión, lo que indica que la proporción entre ambas resistencias es de 10 a 1 (Choque Yucra & Paye Nina, 2019).

b. Durabilidad

La durabilidad del concreto es una característica muy importante al igual que la resistencia mecánica dado que está relacionada a la capacidad de resistencia que tiene a la exposición a las condiciones medioambientales. Esta resistencia de durabilidad de las estructuras del concreto está asociada o depende de la porosidad y permeabilidad de este material, dado que esta propiedad define la cantidad de flujo de líquidos y gases dentro del mismo (Solís Carcaño & Alcocer Fraga, 2019).

2.2.5. CONCRETO EXPUESTO A ALTAS TEMPERATURAS

a. Clasificación de los Materiales según su combustibilidad

- Materiales Combustibles

Materiales Inflamables: “Que presente algún tipo de peligro de incendio a temperaturas bajas” (García Villanueva et al., 2020, p. 7).

Materiales No Inflamables: Son los que debido a una fuente de calor se descomponen sin producir vapor inflamable ni llamas, solo desprenden calor (Castro Montoya, 2019).

- **Materiales Incombustibles**

“Materiales no inflamables; son los que en ciertos parámetros de ensayo no generan llamas ni tampoco generan desprendimiento de calor (Castro Montoya, 2019).

- b. Efectos de la alta temperatura en el concreto**

- **Disminución de la resistencia a compresión**

Uno de los riesgos más dañinos para infraestructuras subterráneas y edificios es el fuego. Las altas temperaturas pueden provocar la disminución de las propiedades mecánicas del concreto también provoca un desprendimiento explosivo del material y eliminan la capa de concreto que actúa como recubrimiento del acero por tanto deja al refuerzo expuesto y acelera el incremento de la temperatura en estos elementos, comprometiendo la capacidad de carga de los componentes del área afectada (Li & Zhang, 2021).

La desintegración que sucede en la matriz del concreto en condición de menor tensión ocurre por la pérdida de adhesión entre el agregado grueso, el agregado fino y la pasta de cemento. Las altas temperaturas agravan este problema de adhesión y generan daños considerables. Cuando el concreto está a elevada temperatura el agua de su interior se evapora y contrae, generando un aumento progresivo del estrés dentro de la matriz del concreto generando la formación de microgrietas, disminución de la adherencia y astillamiento (Alaskar et al., 2021).

- **Desconchado explosivo**

Se considera que ocurre por la presión interna del vapor de agua que genera tensiones térmicas dentro del concreto expuesto a alta temperatura, debido a las rutas limitadas para liberarlo, esto depende del contenido de humedad y la

permeabilidad. Sin embargo, es tema de debate aun determinar con claridad si es la presión intersticial o las tensiones inducidas térmicamente que generan el desconchado (Li & Zhang, 2021, p. 2).

- **Color y Daño del concreto estructural**

La coloración y el daño al concreto varía de acuerdo con el rango de temperatura al que ha sido expuesto, como se observa en la **Tabla 6**.

Tabla 6

Color y Daño del concreto estructural

Rango Temperatura (°C)	Coloración Superficial	Daño
0-300	Gris natural	Calcinación incipiente: Microfisuras y mapeo superficial
300-600	Rosado	Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial.
600-900	Gris claro	Calcinación avanzada: Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento
>900	Blanco o amarillo claro	Calcinación muy avanzada: Descarbonatación avanzada y pérdida de masa

Nota. Adoptado de Castro, M. (2019). Comportamiento Del Concreto A Altas Temperaturas Con Material Reciclado: Polvo De Caucho Y Vidrio Sódico Cálculo. Universidad Señor de Sipán – Pimentel Perú.

Tonalidad rosácea. Esta tonalidad ocurre para temperaturas entre 300 °C y 600 °C, implicando una pérdida de resistencia de hasta un 60 %. Al enfriarse puede perder o recuperar como máximo hasta el 75 %. **Gris Claro.** Esta tonalidad ocurre para temperaturas entre los 600 °C y los 900 °C, volviéndose poroso y frágil, con una reducción de su resistencia que puede llegar entre el 60% y el 90%, e incluso podría incrementarse al enfriarse. **Blanquecino o amarillento.** Esto ocurre para

temperaturas superiores a 900 °C, el conglomerante se destruye y su resistencia residual se anula. En lo habitual en diversos países cuando el concreto ha sido expuesto a un rango de temperatura entre 500°C y 700°C ya no se considera un material estructural (Castro Montoya, 2019).

- Tipos de Calcinación en el concreto

Tabla 7

Tipos de Calcinación en el concreto

Tipo de calcinación	Descripción
Calcinación Incipiente	Mínimos cambios en color. Aparición de micro fisuras en forma de mapa.
Calcinación superficial	Leve color amarillo por des carbonatación. Fisuración térmica por alabeo.
Calcinación avanzada	Color gris, des carbonatación, y descascaramiento de la superficie.
Calcinación muy avanzada	Color Blanco y desintegración del concreto.

Nota. Castro, M. (2019). Comportamiento Del Concreto A Altas Temperaturas Con Material Reciclado: Polvo De Caucho Y Vidrio Sódico Cálculo. Universidad Señor de Sipán – Pimentel Perú.

2.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.

a. Costos Directos

“El costo directo es la suma de costos de materiales, mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra” (Ramos Salazar, 2015, p. 19).

- **Aporte Unitario de Materiales**

La cantidad de material se determina según condiciones físicas o geométricas predefinidas basadas en el estudio técnico correspondiente. Esto puede incluir referencias de publicaciones especializadas o, preferiblemente, análisis realizados con datos directos de la obra. De este modo, estos análisis de costos reflejan un proceso dinámico de elaboración (Ramos Salazar, 2015).

- **Costo Unitario de Materiales.**

Este costo se calcula tomando en cuenta el concepto, la unidad, cantidad, precio unitario parcial y total. El concepto que describe el material a usar depende de las especificaciones y del sistema constructivo. Estos materiales pueden ser temporales o permanentes. Los materiales permanentes son los que se integran a la obra y los temporales son los que se utilizan en uno o varios usos. La unidad para adquisición en que se mide el material debe ser determinada en la misma que unidad que se oferta en el mercado. Para determinar el costo unitario de los materiales que provienen de otros países al valor de entrega en puerto peruano se le debe agregar seguros, manejo, transporte, derechos de aduana, impuestos, comisiones y otros cargos, hasta su llegada al almacén de la obra (Ramos Salazar, 2015).

- **Rendimiento de Mano de Obra.**

Cuadrilla

Se denomina cuadrilla al grupo de personas, ya sea individualmente o en conjunto, requerido según el método de construcción utilizado para lograr el rendimiento determinado (Ramos Salazar, 2015).

Rendimiento

“Los rendimientos de mano de obra se establecerán para una jornada de 8 horas, se medirán utilizando las unidades acostumbradas para el trabajo en estudio, pero expresándose finalmente en la unidad correspondiente a la partida” (Ramos Salazar, 2015, p. 314).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio tiene un **enfoque cuantitativo** dado que plantea objetivos específicos y delimitados, mide la variable resistencia a compresión del concreto expuesto a alta temperatura en función de la variable adición de lana de roca, se desarrolló en base a un proceso secuencial y se puede probar, se utilizó la estadística y prueba de hipótesis (Hernández Sampieri et al., 2010)

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es **APLICADA**, porque tiene propósitos prácticos, resuelve un problema, investiga para producir cambios en las propiedades del concreto.

3.2.2. NIVEL O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

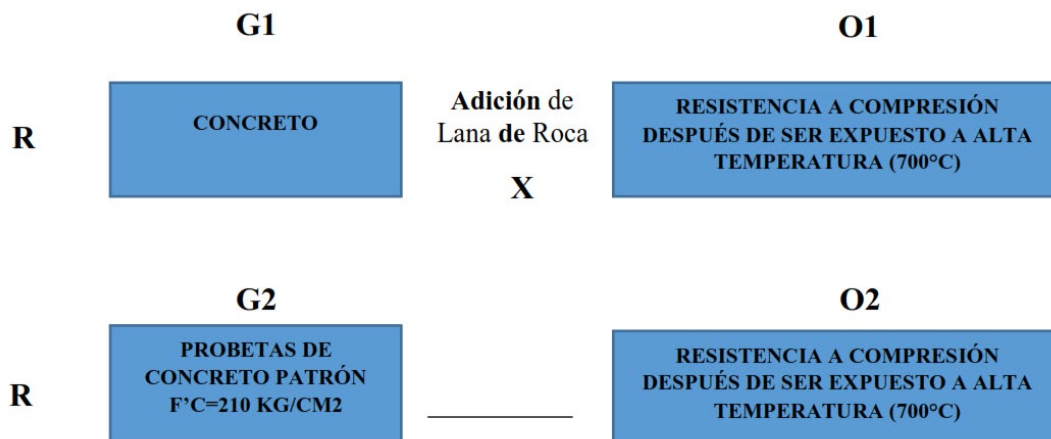
El nivel es **CORRELACIONAL**, porque cuantifica la relación que existe entre las dos variables, que son el porcentaje de lana de roca y el efecto en la resistencia a compresión del concreto cuando es expuesto a alta temperatura (700°C). Se empleó el método científico.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tiene un **diseño experimental**, dado que se realizó manipulación intencional de la variable dependiente.

Figura 7

Diseño de Investigación



Donde:

R : Asignación aleatoria.

G1 : Grupo de Experimento.

G2 : Grupo de Control.

X : Condición Experimental.

___ : Indica que se trata de un grupo de control.

O1 : Medición del Grupo Experimental.

O2 : Medición del Grupo de Control.

3.4. POBLACIÓN

La población fue infinita, representó al total de probetas de concreto elaboradas con el óptimo porcentaje de adición de lana de roca respecto al peso del cemento, con el mismo procedimiento y sometidas a las mismas condiciones de exposición a la temperatura.

3.5. MUESTRA

Para obtener la muestra se calculó el número de muestras mínimo para obtener una muestra representativa para obtener la resistencia promedio a la compresión de muestras

expuestas a una temperatura de 700°C, nivel de confianza de 95%, una desviación estándar y un error máximo en conformidad con el RNE E-060 Concreto Armado.

Z : Factor correspondiente a un 95% de nivel de confianza =1.96

σ : Desviación Estándar = 7 MPa

E : Error Máximo = 3.5 MPa

Se tomó como muestra un total de 90 probetas.

Tabla 8
Cantidad de Probetas a Diseñar

% Lana de Roca	Días/Condición				Alta Temperatura
	7	14	21	28	
	Condiciones Normales				
Adición – 0%	2	2	2	2	2
Adición – 2%	2	2	2	2	2
Adición – 4%	2	2	2	2	2
Adición – 6%	2	2	2	2	2
Adición – 8%	2	2	2	2	2
Adición Optima					40
Total	10	10	10	10	50
CANTIDAD DE PROBETAS					90

3.6. VARIABLES

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Adición de lana de roca.

3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Resistencia a la compresión de concreto $f'_c=210$ kg/cm² expuesto a 700°C de temperatura.

3.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 9
Matriz De Consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLE INDEPENDIENTE
	¿Qué porcentaje de adición de Lana de Roca mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² expuesto a 700°C de temperatura, en Chimbote?	Adicionar Lana de Roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² expuesto a 700°C de temperatura, en Chimbote.	Al adicionar un porcentaje de lana de roca se mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² que es expuesto a 700°C de temperatura, en Chimbote.	Adición de lana de roca.
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE
	¿Qué resistencia a la compresión obtendrá el concreto en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura luego de elaborar muestras patrón de concreto $f'c=210$ kg/cm ² ?	Elaborar muestras patrón de concreto $f'c=210$ kg/cm ² y obtener su resistencia a la compresión en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura.	Se obtendrá una resistencia aproximada de $f'c=210$ kg/cm ² en condiciones normales y una reducción en la resistencia a la compresión del concreto al ser expuesto a 700°C de temperatura; luego de elaborar muestras patrón de concreto.	Resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm ² expuesto a 700°C de temperatura.
	¿Qué resistencia a la compresión obtendrá el concreto en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura, luego de elaborar muestras con adición del 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca?	Elaborar muestras de concreto con adición del 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca y obtener su resistencia a la compresión en condiciones normales y al ser sometidos a 700°C de temperatura.	Se obtendrá un aumento en la resistencia a la compresión del concreto en condiciones normales y al ser expuesto a 700°C de temperatura; luego de elaborar muestras con adición del 2%, 4%, 6% y 8% de lana de roca.	
	¿Qué porcentaje de adición de lana de roca es óptimo para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² que ha sido sometido a 700°C de temperatura?	Determinar qué porcentaje de adición de lana de roca es óptimo para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² que ha sido sometido a 700°C de temperatura.	Al adicionar 6% de lana de roca se tendrá una mejor resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² que ha sido sometido a 700°C de temperatura.	
	¿Cuáles serán los resultados obtenidos de las muestras con adición óptima del porcentaje de lana de roca, al ser sometidas a 700°C de temperatura?	Evaluar y comparar los resultados obtenidos de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura.	Al evaluar y comparar los resultados obtenidos de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometido a 700°C de temperatura se obtendrán resistencias similares.	
	¿Cuál es el costo unitario por m ³ de concreto con y sin adición de lana de roca y en cuanto difiere al comparar los resultados?	Determinar el costo unitario por m ³ de concreto con y sin adición de lana de roca y comparar los resultados.	El costo unitario por m ³ de concreto con adición de lana de roca será mayor en un 5% que el costo unitario del concreto normal.	
¿Cuál es la variación de las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca?	Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca.	Las propiedades del concreto en estado fresco disminuyen en relación directa al porcentaje de adición de lana de roca.		

3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 10

Operacionalización De Las Variable independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Herramientas	Métodos	Escala De Medición
Adición de Lana de Roca	“La lana de roca es una lana mineral elaborada a partir de rocas diabásicas (rocas basálticas), con las que se obtiene un producto de propiedades complementarias a la lana de vidrio. Es un producto especialmente indicado para los aislamientos térmicos en la industria, o aquellos sometidos a altas temperaturas” Promateriales (2011) pág.57	La lana de roca posee excelentes propiedades como la conductividad térmica, resistencia a la compresión, absorción de agua; y la cantidad de material a utilizar será medida en porcentajes del 2%, 4%, 6% y 8% respecto del peso del cemento.	Cantidad de lana roca a utilizar	Peso	Balanza electrónica	Medición del peso de lana de roca respecto al porcentaje en peso del cemento.	Proporción o Razón
			Propiedades de la lana de roca	Conductividad Térmica Resistencia a la Compresión Absorción de agua	Ficha Técnica	Recolección de Datos	Intervalo Proporción o Razón Proporción o Razón

Tabla 11
Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Herramientas	Métodos	Escala De Medición	
Resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm ² expuesto a 700°C de temperatura.	La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse, dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos ya que se utiliza como índice de su calidad. Rivva (2013) pág. 42	La resistencia es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento que se acostumbra a expresar en términos de relación agua cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. Pasquel (1999) pág. 141	Comportamiento en compresión Calidad de los agregados	Esfuerzo	Máquina de ensayo de compresión	Ensayo de compresión a la resistencia	Proporción o Razón	
				Análisis Granulométrico de agregado fino	Tamiz, máquina para tamizado, formato de registro de datos.	Ensayo de Análisis Granulométrico.	Proporción o Razón	
				Análisis Granulométrico de agregado grueso	Tamiz, máquina para tamizado, formato de registro de datos.	Ensayo de Análisis Granulométrico.	Proporción o Razón	
				Resistencia a la abrasión	Máquina de los ángeles	Ensayo prueba de desgaste.	Proporción o Razón	
				Módulo de fineza del agregado fino	Formato de registro de datos	Cálculo del módulo de fineza.	Proporción o Razón	
				Peso unitario seco y compactado	Cubo de madera	Ensayo de peso unitario seco y compactado.	Proporción o Razón	
				Contenido de humedad de los agregados	Horno a 110°C	Ensayo de contenido de humedad	Proporción o Razón	
				Porcentaje de absorción	Horno, recipiente con agua para saturación.	Ensayo de absorción de los agregados.	Proporción o Razón	
				Uniformidad del Material agregado fino	Formato de registro de datos	Cálculo de la Uniformidad	Proporción o Razón	
				Asentamiento	Cono de Abrams, Formato de registro de datos, wincha.	Medición de asentamiento.	Proporción o Razón	
				Relación agua/cemento	Referencia Bibliográfica	Recolección de datos	Proporción o Razón	
				Características del Cemento	Peso	Balanza electrónica	Medición de peso	Proporción o Razón
					Peso específico	Ficha Técnica	Recolección de datos	Proporción o Razón
	Tipo de cemento			Nominal				
	Exposición a altas temperaturas	Termómetro	Medición de la temperatura	Intervalo				
	Costo Unitario por m ³	Consto de Mano de Obra	Recolección y análisis de datos.	Proporción o Razón				
		Costo de Materiales	Recolección y análisis de datos.	Proporción o Razón				
		Costo de Herramientas y Maquinas.	Recolección y análisis de datos.	Proporción o Razón				

3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La información fue recopilada utilizando la técnica de observación, siguiendo los procedimientos establecidos por las NTP y el manual del MTC. Asimismo, se emplearon las normativas internacionales del ACI y ASTM, registrando los datos en tablas y recopilando información de las fichas técnicas de los materiales.

Par desarrollar los procedimientos y ensayos, se aplicaron las siguientes normas.

Tabla 12

Normas aplicadas.

Título de la Norma	CODIGO
Definición y clasificación de agregados para usos en moteros y hormigones (Concretos).	NTP 400.011
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	ASTMC33/ASTM C136
Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Soil and Rock.	ASTM D 2216
Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso Específico) y absorción del agregado grueso.	NTP 400.021
Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso Específico) y absorción del agregado fino.	NTP 400.022
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.	NTP 400,017
Extracción y preparación de las muestras	NTP 400.010
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	NTP 339.034
Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.	NTP 339.035
Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.	NTP 339.183
Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (Concreto).	NTP 339.184

3.9.1. MATERIALES Y ENSAYOS BÁSICOS PARA DISEÑO DE MEZCLA

a. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto se describen en la **Tabla 13**.

Tabla 13

Materiales para Elaboración del Concreto.

N°	Agregado	Descripción
1	Cemento Portland Tipo I	Cementos Pacasmayo – Perú.
2	Agregado Fino	Proveniente de la Cantera “La Sorpresa”
3	Agregado Grueso	Proveniente de la Cantera “La Sorpresa”
4	Lana de Roca	Power-teK LW STD - Knauf Insulation.
5	Agua	Potable del Laboratorio de la UNS.

Figura 8

Lana de Roca Power-teK LW STD - Knauf Insulation y cemento tipo I Pacasmayo



En imagen a) se visualiza la Lana de roca triturada en un molino de mano, pasado 4 veces hasta obtener fibras de longitud de 1 a 2 mm. En la imagen b) se visualiza el Cemento Tipo I utilizado, de la marca Pacasmayo.

b. Agregado Fino (Arena Gruesa)

Las pruebas necesarias incluyeron: Peso Específico (gr/cm^3), Absorción (%), Contenido de Humedad (%), Módulo de Fineza (sin dimensión) y Peso Unitario Suelto (kg/m^3).

c. Agregado Grueso (Piedra Zarandeada)

Las pruebas necesarias incluyeron Tamaño Máximo Nominal (pulgadas), Peso Seco Compactado (kg/m^3), Peso Específico (g/cm^3), Absorción (%), Contenido de Humedad (%), y Peso Unitario Suelto (kg/m^3).

d. Agua

El agua utilizada fue agua potable apta para el consumo humano del laboratorio de la UNS, por lo que se omitió el análisis químico (ppm).

e. Peso Específico del Cemento

En este estudio utilizamos Cemento Portland Tipo I de la marca Cementos Pacasmayo, el cual tiene un peso específico de $3.09 \text{ gr}/\text{cm}^3$ según su certificado de calidad.

f. Muestreo para materiales de construcción

Norma Aplicada: NTP 400:010 y ASTM D75.

Procedimiento de Ensayo:

- La muestra de prueba se obtuvo del producto final, lo que significa que ya no fue sometida a procesos adicionales de trituración y clasificación.
- Para el siguiente estudio se realizó el Muestreo desde el almacenamiento, es decir desde la pila de almacenamiento de los agregados de la cantera “La Sorpresa”.

Figura 9

Obtención del Agregado Fino y agregado grueso desde la Cantera “La Sorpresa”



- Las muestras de la pila de acopio del agregado grueso constaron de al menos tres incrementos tomados del tercio superior, en el punto medio y en el tercio inferior del volumen de la pila. Se usó una tabla colocada verticalmente en la pila justo encima del punto de muestreo para ayudar a evitar una mayor segregación.
- Para tomar las muestras de acopios de agregado fino, se retiró la capa exterior, que pudo haberse segregado, y se tomó la muestra del material que se encuentra debajo. Se insertaron tubos de muestreo de aproximadamente 30 mm por 2 m de longitud en la pila en lugares aleatorios para extraer un mínimo de cinco incrementos de material para formar la muestra.
- La cantidad mínima de material de muestra para los ensayos para el agregado grueso con TMN 3/4" se seleccionó 25 kg de muestra y para el agregado fino 10 kg.
- Las muestras se transportaron en bolsas selladas herméticamente para prevenir la pérdida de partículas finas y la humedad del agregado.

g. Análisis Granulométrico del agregado fino

Norma Aplicada: NTP 400.012. y ASTM C 136.

Equipos y Herramientas

- Se utilizaron los siguientes tamices 3/8", N°4, N°8, N16°, N°30, N°50, N°100 ordenados respectivamente.
- Se empleó una balanza con una precisión de 0,01 gramos y una exactitud del 0,1% respecto al peso de la muestra utilizada para el ensayo. El horno utilizado mantuvo una temperatura constante alrededor de 100°C con una variación de $\pm 5^\circ\text{C}$.

Procedimiento de ensayo:

- La cantidad de muestra requerida para el ensayo fue homogenizada y reducida por medio del cuarteo manual.

Figura 10

Homogenización de la muestra por cuarteo Manual



- Se secó la muestra a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta que la masa sea constante.
- Una vez que el agregado fino se secó en el horno, se seleccionó una cantidad mínima de 300 gramos.
- Se pesó la masa inicial antes del tamizado.

- Se organizaron los tamices de acuerdo a su abertura, de mayor a menor, y se pesó cada uno de ellos.
- La muestra fue colocada en el tamiz superior y se hizo el tamizado usando un tamizador mecánico por un lapso de tiempo de 7-10 minutos.

Figura 11

Análisis Granulométrico del agregado fino.



- Posterior al tamizado se pesó el retenido junto con el tamiz utilizado y se determinó el peso de los retenidos netos de material en cada tamiz.

Tabla 14

Análisis Granulométrico del agregado fino

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
3/8"	9.50	791.97	791.97	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	710.83	751.85	41.02	4.21	4.21	95.79
N° 8	2.36	650.31	781.17	130.86	13.45	17.66	82.34
N° 16	1.18	584.11	724.1	139.99	14.38	32.04	67.96
N° 30	0.60	368.81	527.57	158.76	16.31	48.36	51.64
N° 50	0.30	549.76	759.9	210.14	21.59	69.95	30.05
N° 100	0.15	308.82	506.68	197.86	20.33	90.28	9.72
BC	0.00	483.58	578.21	94.63	9.72	100.00	0.00
TOTAL				973.26	100.00		

h. Módulo de Fineza del agregado fino (Adimensional)

Según la granulometría se determinó el módulo de fineza del agregado fino.

Tabla 15

Módulo de finura

Módulo de Finura	2.62
Según ASTM C136	
2.3 < MF < 3.1	

- Se tomó en cuenta lo indicado en la norma ASTM C 33 que indica que no más del 45% del agregado fino debe pasar por ningún tamiz y el módulo de fineza deber tener un valor entre 2.3 y 3.1.

i. Peso Específico y absorción del agregado fino (gr/cm³)

Norma Aplicada: ASTM C 128 y NTP 400.022

Equipos:

- Báscula con una capacidad de 1 kg y una precisión de 0.1 gramos.
- Horno eléctrico con estabilidad constante de 110°C ±5 °C.

Materiales:

- Una fiola de 500 cm³ de capacidad, calibrada hasta 0.1 cm³ a una temperatura de 20°C.
- Molde de metal en forma de cono, con un diámetro de 40 mm en su base inferior y 90 mm en su base superior, y una altura de 75 mm.
- Barra metálica recta con peso de 340 gramos, terminando en un lado en área de 1”.

Procedimiento de ensayo:

- Se pesó la fiola con agua destilada hasta alcanzar la marca de 500 ml = (B)
- La muestra fue mezclada y reducida utilizando el método de cuarteo (Método B), siguiendo el procedimiento especificado en la NTP 400.043 y la norma ASTM C-702, hasta obtener una muestra reducida de aproximadamente 1 kg.
- La muestra de agregado fino seleccionada mediante el método de cuarteo se secó en un horno a una temperatura de 110°C hasta alcanzar un peso constante.
- El agregado fino sacado del horno se depositó en un recipiente y se cubrió con agua dejándolo reposar por un periodo de 24 horas.
- Se vertió el agua con cuidado para evitar la pérdida de partículas finas y se distribuyó el agregado en una bandeja donde se le aplicó un flujo de aire caliente

removiendo el agregado con una espátula para que el secado sea uniforme, repitiendo el proceso hasta que las partículas se separen unas de otras.

Figura 12

Secado de muestra con corriente de aire caliente



- Se colocó el agregado en el molde tipo cono y con la varilla para apisonar se dio 25 golpes suaves y se levantó el molde; repitiendo el proceso hasta que ocurra el primer derrumbe al retirar el molde.

Figura 13

Colocación de agregado fino sobre molde cónico metálico y apisonado.



- Se tomó una cantidad de 500 gramos del material preparado (S) y se introdujo en la fiola a la cual se le agregó parcialmente agua destilada a temperatura ambiente.

- Se calentó la fiola en una cocinilla eléctrica y se rodó sobre un área plana para eliminar las burbujas de aire repitiendo el proceso por 20 minutos.

Figura 14

Se calentó la fiola con el contenido (500.36 gr) sobre una cocinilla eléctrica.



- La fiola con el contenido se dejó enfriar hasta el día siguiente hasta alcanzar la temperatura ambiente, se enrazó con agua destilada y se pesó con todo su contenido. (Frasco aforado + muestra saturada superficialmente seca + agua) = (C).

Figura 15

Después de 24 horas se agregó agua destilada hasta la marca de enrase.



- El contenido de la fiola se extrajo y se secó en un horno a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar un peso constante. Luego, se dejó enfriar durante 30 minutos y se registró su peso (A).

Figura 16

Secado de muestra de Agregado Fino al horno para determinación de Peso Específico



j. Contenido de Humedad del agregado grueso y fino (%)

Norma Aplicada: ASTM D 2216

Equipos:

- Balanza con una precisión de 0.01 gramos para muestras que pesen menos de 200 g y de 0.1 g para muestras que pesen más de 200 g.
- Horno que puede mantener una temperatura estable de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Materiales:

- Recipientes metálicos (Taras) que no alteren el contenido de humedad.
- Guantes y utensilios para manipulación de recipientes y de muestra.

Procedimiento de Ensayo:

- Se pesó los recipientes secos y limpios, rotulados para identificación de la muestra.

- La muestra en estado húmedo fue situada en el contenedor previamente pesado, cuya cantidad se eligió de acuerdo con la **Tabla 16**.

Figura 17

Muestra húmeda utilizada para determinar el contenido de humedad



Tabla 16

Cantidad mínima de muestra de material húmedo elegido como representativo para la prueba de contenido de humedad.

Tamaño Máximo de Partícula (Pasante 100 %)		Método A	
		Contenido de agua registrado al 1.0 %	
Tamaño de Tamiz en Unidad del SI	Tamaño de Tamiz Alternativo	Masa de Espécimen	Precisión de la balanza (g)
19.0 mm	3/4"	250 g	1
4.75 mm	N°4	20 g	0.1

Nota. Adaptación de la ASTM D2216-10

- Se anotó la (masa del recipiente con el suelo húmedo utilizando la balanza con la precisión necesaria) = A
- El contenedor con la muestra se deshidrató en el horno durante 16 horas a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

- Una vez que la muestra se secó hasta alcanzar una masa constante, se retiró el recipiente que contenía la muestra y se dejó enfriar hasta que se pudo manejar directamente con las manos.
- Se anotó (la masa del recipiente y la muestra seca al horno) = D utilizando el mismo tipo de balanza que se empleó para registrar el peso del recipiente con la muestra húmeda.

Figura 18

Contenido de Humedad del agregado fino a) y agregado grueso b)



a)

b)

En este estudio se empleó una balanza con una precisión de hasta una milésima de gramos, por lo que se utilizaron masas de muestra menores a las indicadas en la **Tabla 16**.

Tabla 17

Datos para determinación del contenido de humedad para el agregado fino

Código	Descripción	Operación	Unidad	Código De Muestra			
				A	B	C	D
Mr(1)	Peso de la tara		gr	27.270	27.111	26.926	27.618
Mrmh (2)	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	83.854	99.448	102.648	114.652
Mrms(3)	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	83.223	98.647	101.836	113.723
W%	Contenido de Humedad Total Evaporable	$100 \times ((2-3) / (3-1))$	%	1.128	1.120	1.084	1.079

Tabla 18

Datos para determinación del contenido de humedad de agregado grueso

Código	Descripción	Operación	Unidad	Código De Muestra			
				A	B	C	D
Mr(1)	Peso de la tara		gr	27.057	27.210	27.026	27.075
Mrmh (2)	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	108.456	92.288	123.863	117.862
Mrms(3)	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	108.310	92.186	123.492	117.646
W%	Contenido de Humedad Total Evaporable	$100 \times ((2-3) / (3-1))$	%	0.180	0.157	0.385	0.238

k. Peso Unitario Suelto del agregado grueso y fino (kg/m³).

Norma Aplicada: ASTM C29 y NTP 400.017 determinan la masa en relación a la unidad de volumen.

Equipos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.05 kg.
- Barra de acero de 60 cm y de 5/8” de diámetro, con un lado hemisférico.
- Un recipiente de medición metálico y cilíndrico con agarraderas, resistente al agua.
La altura del recipiente era aproximadamente igual a su diámetro.
- La capacidad del contenedor en relación con el mayor tamaño de las partículas del agregado se hizo según la **Tabla 19**.

Tabla 19

Capacidad de recipientes de medida para ensayo de peso unitario suelto.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado			
Milímetros	Pulgadas	Litros (m3)	Pie3
12.5	1/2	2.08 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 1/2	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0m (0.100)	3 1/2

Nota. Adoptado de la NTP 400.017.

Procedimiento de Ensayos:

- Se tomó la muestra de acuerdo a la norma ASCT D75 según lo descrito en el Ítem f.
- Se determinó el recipiente a utilizar de acuerdo con la **Tabla 19**.
- La cantidad necesaria para la muestra secada en un horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ fue como mínimo el 125% y el 200% del volumen del recipiente.
- Se pesó el recipiente.

- Para este caso, se eligió el procedimiento de densidad aparente en condición suelta.
- Los agregados se vaciaron al recipiente desde una altura de 2 pulgadas sobre el recipiente, se niveló la superficie con una regla de modo que los espacios vacíos sea proporcional al de los agregados que sobresalen y se tomó el peso con precisión a 0.05 kg.

Figura 19

Peso Unitario Suelto del agregado fino y agregado grueso

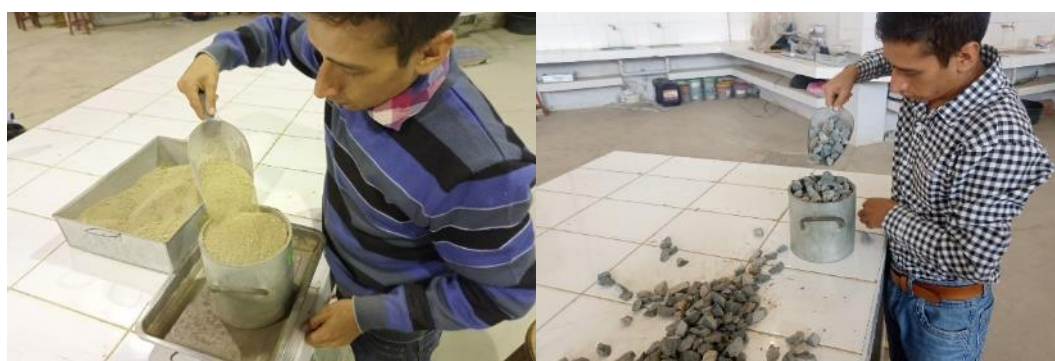


Tabla 20

Datos para determinar el peso unitario suelto del agregado fino

Código	Descripción	Operación	Unidad	Peso		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9015.00	9035.00	9010.00
	Peso Unitario Seco Suelto	$((C-A) / B) \times 1000$	kg/m ³	1583.87	1590.93	1582.10

Tabla 21

Datos para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso

Código	Descripción	Operación	Unidad	Peso		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	8535.00	8460.00	8410.00
	Peso Unitario Seco Compactado	((C-A) / B) x1000	kg/m ³	1414.35	1387.87	1370.21

I. Peso unitario compactado del agregado grueso y agregado fino (Peso seco Varillado en kg/m³).

Norma Aplicada: ASTM C29 y NTP 400. 017 método de Ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos de los agregados.

Equipos:

- Balanza calibrada con una precisión de 0.05 kg o al 0.1% de la cantidad de material de prueba.
- Barra de acero lisa de 60 cm de longitud y 16 mm (5/8") de diámetro, con un extremo esférico.
- Recipiente cilíndrico metálico con altura igual al diámetro.
- La capacidad del contenedor estuvo relacionada con el tamaño máximo, según la

Tabla 22.

Tabla 22

Capacidad de recipientes de medida para ensayo de peso unitario compactado.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado			
Milímetros	Pulgadas	Litros (m3)	Pie3
12.5	1/2	2.08 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 1/2	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0m (0.100)	3 1/2

Nota. Adoptado de la NTP 400.017.

Procedimiento de Ensayos:

- La muestra se recogió siguiendo la norma ASCT D75, tal como se detalla en el documento Ítem f.
- Se seleccionó el contenedor a emplear de acuerdo con la **Tabla 22**.
- La cantidad de la muestra fue mayor al que ocupa el recipiente; entre 125% y 200%.
- La muestra de prueba se secó en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que su peso se mantuvo constante.
- La masa del recipiente se tomó con precisión de 0.5 kg.
- Se seleccionó el método para medir la densidad aparente en estado compactado para agregados con un tamaño máximo nominal de 1 1/2 pulgadas (37.5 mm) o menos.
- Se agregó el agregado al recipiente en tres capas compactando con 25 golpes del pisón de manera uniforme sin que el pisón penetre en la capa inferior no choque en la base del contenedor.

- En la última capa, se llenó hasta que rebosó, se compactó y niveló con una regla de madera, y se calculó la masa del recipiente junto con el agregado con una exactitud de 0.05 kg.

Figura 20

Ensayo de Peso Unitario compactado del agregado fino y agregado grueso



Tabla 23

Datos para determinar el Peso Unitario compactado del agregado fino

Código	Descripción	Operación	Unidad	Peso		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9660.00	9600.00	9620.00
	Peso Unitario Seco Compactado	$((C-A) / B) \times 1000$	kg/m ³	1811.65	1790.46	1797.52

Tabla 24

Datos para determinar el Peso Unitario compactado del agregado grueso

Código	Descripción	Operación	Und	Peso		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9035.00	9000.00	9075.00
	Peso Unitario Seco Compactado	$((C-A) / B) \times 1000$	kg/m ³	1590.93	1578.57	1605.05

m. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Norma Aplicada: ASTM33/ASTM C 136.

Equipos y Herramientas:

- Se utilizaron los siguientes tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" N°04, ordenados respectivamente, balanza con una precisión de 0.05 gramos, un horno a una temperatura de 110 ±5°C.
- Se utilizó un Tamizador Mecánico de tamices.

Procedimiento de ensayo:

- Se redujo la cantidad de material necesario uniformizado mediante cuarteo manual, hasta obtener la cantidad mínima según su tamaño nominal.

Tabla 25

Cantidad mínima de agregado grueso seco, para ensayo de tamizado de acuerdo al tamaño nominal.

Tamaño Nominal, mm (Pulg)	Tamaño mínimo de la muestra (Kg)
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1 1/2)	15

Nota. Adaptación de la NTP 400.012.

- El agregado se secó a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que la masa sea constante.
- Se pesó la masa inicial antes del tamizado.
- Se colocó el agregado en los tamices previamente ordenados de mayor a menor y pesados y se colocaron en un agitador mecánico durante un periodo de 7 a 10 minutos.
- Después del tamizado, se pesó la muestra retenida junto con el peso del tamiz, y se llevaron a cabo los cálculos de los pesos retenidos en cada tamiz.

Figura 21

Análisis granulométrico del agregado grueso



Tabla 26

Datos para el análisis granulométrico del agregado grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
1 1/2"	37.50	796.08	796.08	0	0.00	0.00	100.0
1"	25.00	478.92	691.44	212.52	8.02	8.02	92.0
3/4"	19.00	485.49	2325.42	1839.93	69.43	77.45	22.5
1/2"	12.50	527.33	1124.84	597.51	22.55	100.00	0.0
3/8"	9.50	792.00	792.00	0	0.00	100.00	0.0
N° 4	4.75	711.04	711.04	0	0.00	100.00	0.0
BC	0.00	483.71	483.71	0	0.00	100.00	0.0
TOTAL				2649.96	100.00		

n. Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal

Norma Aplicada: NTP 400.037

Se realizó el análisis de granulometría, y el Tamaño Máximo del agregado (TM) se determinó como el tamiz más pequeño por el cual pasa todo el agregado grueso tomado para la muestra, y se obtuvo un valor de 1 pulgada.

El tamaño máximo nominal se definió como el primer tamiz que retiene entre el 5% y el 10% de la muestra, y se obtuvo un valor de 3/4 de pulgada.

o. Peso Específico y absorción del agregado grueso (kg/m³)

Norma Aplicada: ASTM C127: Prueba de ensayo de Densidad, densidad relativa (Gravedad Específica), y Absorción del agregado grueso. y NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para pesos específico y absorción del agregado grueso.

Equipos:

- Balanza electrónica con una precisión de 0.5 gramos y una capacidad mínima de 5 kilogramos.
- Cesta hecha de malla de alambre con aberturas de 3.35 mm o menos (Tamiz N°6).
- Depósito de agua adecuado para sumergir la canasta de alambre.
- Tamiz N°4 (4.75 mm).
- Horno a una temperatura de 110°C con una variación de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento de ensayo:

- La muestra se mezcló y luego se redujo mediante el método de cuarteo (Método B), siguiendo el procedimiento estipulado en la NTP 400.043 y la norma ASTM C-702, eliminando el agregado que pasa por el tamiz N°4 (4.75 mm).
- La cantidad de agregado a utilizar se determinó según la **Tabla 27**.

Tabla 27

Peso mínimo de la muestra para ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

Peso Mínimo de la muestra para ensayo de Pesos específico y absorción del agregado grueso.		
Tamaño máximo Nominal mm (Pulg)	Peso Muestra Ensayo kg	Mínimo
12.5 (1/2) o menor	2	
19.0 (3/4)	3	

Nota. Adaptado de la Norma ASTM C127.

- La muestra se secó en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante un periodo de 12 a 16 horas, luego fue retirada y se dejó enfriar de 1 a 3 horas hasta alcanzar aproximadamente 50 °C, para finalmente sumergirla en agua durante 24 horas.
- Se decantó el agua y con un paño absorbente se secó la superficie del agregado uno a uno hasta eliminar la película superficial del agua dejando aun con textura húmeda y se tomó su peso.
- Se colocó inmediatamente en la cesta de alambre, previamente tarada dentro del agua, se agitó para eliminar el aire atrapado y se determinó su peso en agua.

Figura 22

Tarado de canastilla metálica para cálculo del peso específico del agregado grueso



- La masa del agua desplazada por la muestra es equivalente a la diferencia entre la masa del agregado medida en el aire y su masa cuando está dentro del agua.
- Se secó la muestra de agregado a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ por un periodo de 12 a 16 horas, y se dejó enfriar entre 1 a 3 horas hasta temperatura aproximada de 50°C y se tomó su peso.

Tabla 28

Peso Específico Nominal y Absorción del agregado grueso

Código	Descripción	Operación	Und	Peso
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca		gr	3646.14
C	Peso Sumergido en agua, de la muestra saturada		gr	2381.00
A	Peso en el aire de la muestra Seca		gr	3640.87
	Peso Específico Nominal	$A/(A-C)$	gr/cm ³	2.89
	Absorción	$((B-A) / A) \times 100$	%	0.14

3.9.2. DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO DEL COMITÉ ACI 211

Basado en los resultados de las pruebas esenciales llevadas a cabo en los materiales obtenidos en el ítem 3.9.1. se realizó el diseño de la mezcla para concreto con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ empleando el método del comité ACI 211.

a. Datos empleados para el diseño de Mezcla

Tabla 29

Especificación Técnica de Cemento Pacasmayo Tipo I

Descripción	Valor	Unidad
Peso Específico	3.09	gr/cm ³

Tabla 30

Datos técnicos del Agregado Fino

Descripción	Valor	Unidad
Peso Específico Nominal	2.78	gr/cm ³
Absorción	1.72	%
Contenido de Humedad	1.10	%
Módulo de Fineza	2.62	
Peso Unitario Suelto	1586	Kg/m ³

Tabla 31

Datos Técnicos del Agregado Grueso

Descripción	Valor	Unidad
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	
Peso Seco Varillado	1592	Kg/m ³
Peso Específico Nominal	2.89	gr/cm ³
Absorción	0.14	%
Contenido de Humedad	0.24	%
Peso Unitario Suelto	1391	Kg/m ³

b. Selección de la resistencia a compresión promedio

La resistencia media a la compresión se seleccionó basándose en la **Tabla 32**.

Tabla 32

Resistencia a la compresión promedio cuando no se conoce la desviación Estándar.

Resistencia especificada $f'c$ (kg/cm ²)	a	compresión	Resistencia promedio requerida $f'cr$ (kg/cm ²)
Menos de 210			$f'c + 70$
210 a 350			$f'c + 84$
Más de 350			$1.10f'c + 50$

Nota. Adaptación del ACI 318.

Para una resistencia especificada de $f'c = 210$ kg/cm² corresponde una resistencia a compresión requerida de $f'cr = 294$ kg/cm².

c. Selección del tamaño máximo nominal

La selección del tamaño máximo nominal se realizó conforme a lo estipulado en el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso en la sección 3.2.2 de este documento. En este caso, basándose en la granulometría del agregado, se seleccionó un tamaño máximo nominal de 3/4" para la piedra chancada.

d. Selección del asentamiento

Se seleccionó el asentamiento para tener una mezcla de consistencia plástica, para ello se seleccionó un asentamiento de 3" a 4".

Para ello se consideró los datos de la **Tabla 33**.

Tabla 33

Selección del asentamiento en base a la consistencia requerida.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	Mayor a 5"

Nota. Adaptación del ACI 318.

e. Determinación del volumen unitario de agua y contenido de aire atrapado

La cantidad en volumen de agua por metro cúbico de concreto se calculó teniendo en cuenta el asentamiento y el tamaño máximo nominal, de la **Tabla 34**, para nuestro caso se seleccionó 205 litros de agua.

Tabla 34

Determinación del volumen unitario de agua y contenido de aire atrapado en el concreto.

Tamaño Máximo Nomina	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Slump	Cantidad de agua para concreto sin aire incorporado lt/m ³							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Aire	Contenido de aire atrapado en el concreto (%) sin aire incorporado							
	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Nota. Adaptado del ACI 211.1-91 Tabla A1.5.3.3.

f. Selección de la relación agua / cemento

La selección de la relación agua-cemento se realizó tomando como base la resistencia promedio a compresión requerida (f'_{cr}).

Tabla 35

Relación agua / Cemento en base a la resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}).

Resistencia a compresión a los 28 días (Kg/cm ²)	Relación agua cemento, en masa.	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Nota. Adaptado del ACI 211.1-91 Tabla A1.5.3.4.(a)

El valor numérico de la proporción agua/cemento se obtuvo mediante interpolación, resultando en una proporción de 0.55 para un f'_{cr} de 294 kg/cm².

g. Factor cemento

La cantidad específica de cemento se estableció basándose en la cantidad calculada de agua en el ítem e.

Para ello se empleó la relación agua/cemento = 0.55.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{205}{0.55}$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 372.73 \text{ kg/m}^3$$

Esta sección indica 372.73 kg de cemento para un metro cubico de mezcla de concreto.

h. Contenido de agregado grueso

La cantidad de agregado grueso se determinó en función del tamaño máximo nominal y del módulo de fineza del agregado fino obtenido, calculando el volumen de agregado grueso seco y compactado por m³ de concreto.

Tabla 36

Volumen de agregado grueso seco varillado en relación al tamaño máximo nominal y el módulo de fineza.

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.	Volumen de agregado grueso seco y compactado (m ³), por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Adaptado del ACI 211.1-91 Tabla A1.5.3.6.

Según esta sección, para un módulo de fineza del agregado fino de 2.60 y un tamaño máximo nominal de 3/4" del agregado grueso, corresponde a un volumen de 0.64 m³ de agregado grueso seco compactado por m³ de concreto. Para convertir este valor a kilogramos por metro cúbico de concreto, se multiplicó por el peso seco compactado.

i. Cálculo de volúmenes absolutos

El volumen absoluto de los componentes del concreto se calculó utilizando los pesos específicos y el porcentaje de aire atrapado en el concreto, este volumen indica volumen sin considerar espacios vacíos entre los agregados. Se estableció que el total de estos volúmenes absolutos debe equivaler a un total de 1m^3 de concreto.

Tabla 37

Volúmenes Absolutos del diseño de Mezcla

Descripción	Valor	Unidad
Cemento	0.121	m^3
Agua	0.205	m^3
Aire Atrapado	0.020	m^3
Agregado Grueso	0.352	m^3
Agregado Fino	0.302	m^3

- Cemento: Se realizó la conversión de unidades de la cantidad de cemento en peso determinada en el ítem g a unidades de volumen (m^3), para ello se dividió la cantidad de cemento entre el peso específico realizando primero la transformación de las unidades del peso específico de gr/cm^3 a kg/m^3 .
- Agua: Se realizó la conversión de unidades de la cantidad de agua requerida según el ítem e de litros a m^3 .
- Aire atrapado: Se llevó a cabo la conversión de unidades para la cantidad de aire atrapado en el concreto según el ítem e de porcentaje a m^3 .
- Agregado Grueso: Para determinar el volumen absoluto del agregado grueso, se dividió el peso del agregado grueso obtenido en el ítem h entre su peso específico

del agregado grueso determinado según el ítem 3.9.1.o. Para ello el peso específico expresado en gr/cm³ se realizó la conversión a kg/m³.

- Agregado fino: Para calcular el volumen absoluto del agregado fino, restamos de un metro cúbico (1m³) la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua, aire atrapado y agregado grueso. Para la conversión de volumen a peso en kg se multiplicó por su peso específico del agregado fino obtenido conforme al ítem 3.9.1.h. realizando primero la conversión de unidades de gr/cm³ a kg/m³.

j. Valores de diseño

Se realizó un resumen de los componentes absolutos necesarios para la mezcla destinada a producir un metro cúbico de concreto, con los agregados en estado seco en las unidades que se indican.

Tabla 38

Valores de diseño de los agregados en estado Seco

Descripción	Cantidad	Und
Cemento	372.73	Kg/m ³
Agua de Diseño	205.00	Lt/m ³
Agregado Fino Seco	839.36	Kg/m ³
Agregado Grueso Seco	1018.57	Kg/m ³

k. Corrección por humedad de los agregados

Con los valores de diseño obtenidos en el ítem anterior se procedió a realizar el ajuste de humedad en los agregados, con la finalidad de obtener la cantidad de agregados en estado húmedo, es decir, así como se encontró en cantera, para la unidad de concreto (1m³).

- Cantidad de agregado fino húmedo. Para calcular el peso del agregado fino en estado húmedo, se multiplicó el volumen absoluto seco del agregado fino por su porcentaje de humedad (%) obtenido de acuerdo con el ítem 3.9.1.j.
- Cantidad de agregado grueso húmedo. Para calcular el peso del agregado grueso en estado húmedo, se multiplicó el volumen absoluto seco del agregado grueso por su porcentaje de humedad obtenido de acuerdo con el ítem 3.9.1.j.
- Cantidad de agua efectiva. Para establecer la cantidad de agua efectiva (es decir, el agua adicional necesaria más allá de la humedad presente en los agregados en su estado de cantera), se calculó el aporte de humedad de los agregados a la mezcla.
- Conocido el porcentaje de aporte de agua de los agregados a la mezcla, se calculó el aporte de agua para el agregado fino y también para el agregado grueso, para ello se multiplicó la cantidad de agregados determinado en el ítem j por el porcentaje de aporte de agua a la mezcla, obteniéndose la cantidad de agua aportada por los agregados la cual se restó del agua calculada en ítem e.
- Hasta este momento se determinaron las cantidades de los materiales, en peso, necesarias para producir una unidad de concreto (1m^3) ya considerando los agregados húmedos en el estado proporcionado por la cantera, se corrigió la cantidad de agua y se hizo un resumen de los pesos requeridos para la dosificación y determinó las proporciones en peso en este estado que se utilizaron para la mezcla del concreto estándar. Estas proporciones en peso fueron las utilizadas para elaborar el concreto patrón en laboratorio.
- La dosificación para elaborar muestras cilíndricas de 6" de diámetro y 12" de altura, considerando el 10% de desperdicio, con agregados en estado de cantera.

Tabla 39

Datos de dosificación en peso para elaborar una probeta de concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con 10% de desperdicio.

Material	Cantidad	Und,
Cemento	2.17	Kg
Agua	1.22	Lt
Arena	4.95	Kg
Piedra	5.95	Kg

3.9.3. ELABORACIÓN Y CURADO EN LABORATORIO DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ Y PROBETAS CON ADICIÓN DE LANA DE ROCA

Norma Aplicada

Para elaboración de muestras de concreto patrón se hizo de acuerdo la NTP 339.183 y MTC E 704.

Equipos

- Moldes de metal de alta resistencia de 150 mm de diámetro con tolerancia de ± 2 mm y 300 mm de altura de la tolerancia de ± 6 mm, de acuerdo con la norma ASTM C-470.
- Barra compactadora de acero, cilíndrica con un extremo hemisférico que tiene un radio de 16 mm (5/8"), igual al diámetro de la barra, y una longitud de 600 mm (24").
- Martillo de caucho, peso de 0.57 ± 0.23 kg.
- Cono para medir asentamiento.
- Recipientes para muestreo y mezcla.
- Balanza con precisión de 0.30%.

Materiales

- Cemento Tipo I, guardado en recipientes impermeables y colocados en un lugar seco, pasado por el tamiz 850 μm (N°20) para evitar grumos.
- Agregados grueso y fino.

Procedimiento

- Se dosificó la mezcla de concreto con un porcentaje de desperdicio de 10% después de haber moldeado el espécimen del concreto.
- Se hidrató la superficie de la mezcladora, bugui y cuchara y dejó escurrir el agua hasta quedar superficialmente secas.
- Antes de comenzar a girar la mezcladora, se añadió inicialmente el agregado grueso junto con el 50% del agua. Luego se puso en marcha la rotación de la mezcladora y, tras algunas vueltas, se añadió la arena, el cemento tipo I y el resto del agua, manteniendo el trompo en rotación. Después de 3 minutos de agregar todos los materiales a la mezcladora se apagó por 3 minutos y luego se siguió mezclando por 2 minutos.
- Se vertió el concreto en un bugui y se mezcló para conseguir uniformidad retirando en su totalidad el mortero del trompo, el concreto se vertió en los moldes en 3 capas, compactando cada capa mediante varillado con 25 golpes y penetrando 1" en la capa anterior, se golpeó en cada capa con el martillo de goma para cerrar los huecos visibles producto del varillado, se enrazó y dio acabado con un badilejo y dejó fraguar por 24 horas, procediendo a retirar el molde y colocando las muestras en una poza de curado con agua a temperatura ambiente ($23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$) hasta la fecha de rotura.

Figura 23

Elaboración de concreto patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y curado.



3.9.4. ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE LANA DE ROCA

Para elaborar estas muestras se realizó el mismo procedimiento que para elaborar el concreto convencional siguiendo el procedimiento indicado en el ítem 3.9.3, con la diferencia que se le adicionó porcentajes en peso de lana de roca respecto al peso del cemento de 2%, 4%, 6% y 8%.

Materiales

- Adicional a lo requerido para la elaboración del concreto patrón, se utilizó Lana de Roca cuyo nombre comercial del material utilizado es Power-tek LW STD, que es una borra de lana mineral exenta de ligante, es incombustible, con excelentes propiedades térmicas, cuyos detalles se adjuntan en la **Tabla 40**.

Figura 24

Lana de roca triturada hasta obtener fibras de 1 a 2 mm de longitud



Tabla 40

Características de la lana de Roca utilizada en elaboración de propiedades del concreto

Denominación	Signo	Descripción/Datos	Unidad	Norma
Conductividad Térmica según Temperatura	θ λ	50 100 200 300 400 500 600 0.041 0.049 0.067 0.090 0.120 0.156 0.205	°C W/(Mk)	EN 12667
Contenido de iones cloruro solubles en agua (Calidad AS)	-	≤ 10	ppm	EN 13468
Absorción de agua	W_p	≤ 1	Kg/m ²	EN 1609
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	μ	1	-	EN14303
Sin silicona	-	Sin emisiones por sustancias químicas que eviten la adherencia de pintura	-	-
Punto de fusión de las fibras	θ	≥ 1000	C°	DIN 4102-17
Capacidad térmica específica	C_p	1030	J/(kgK)	EN ISO 10456

Nota. Adoptado de Ficha Técnica de Power-Tek LW STD de KANAFINSULATION Technical Solutions.

Equipos y herramientas

- Adicional a lo requerido para elaborar concreto normal, se requirió un molino de mano, mascarilla, guantes, recipiente, una lupa y regla milimétrica.

Procedimiento

- Se colocó la lana de roca en trozos pequeños en un molino de mano y se pasó 4 veces hasta obtener fibras de longitud de 1 a 2 mm.

Figura 25

Lana de roca en fibras de 1 a 2 mm de longitud.



- Se utilizó el mismo procedimiento para elaborar concreto patrón, según el diseño de mezcla, se añadió el porcentaje especificado de lana de roca (2%, 4%, 6% y 8%) en relación con el peso del cemento y se vertió inmediatamente después de agregar el cemento.
- Los pesos añadidos de lana de roca a la mezcla de concreto patrón que se indican en la **Tabla 39**; son los que se muestran en la **Tabla 41**.

Tabla 41

Dosificación de lana de roca para para elaborar una probeta cilíndrica de 6" x 12" considerando 10% de desperdicio.

% en peso del cemento	2	4	6	8
Cantidad de Lana de Roca (gr)	43.46	86.92	130.38	173.84

- Se mezcló con los mismos tiempos establecidos para el concreto patrón, el moldeado, así mismo el asentamiento.
- En un tiempo de entre 16 a 24 horas se retiró del molde, rotuló y se inició el curado sumergiendo totalmente las muestras en pozo de curado del laboratorio.
- Las muestras fueron ensayadas para determinar su resistencia a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días.
- A los 28 días fueron sometidos a temperatura de 700°C en un horno eléctrico.
- La temperatura a la que fueron sometidas las muestras se aumentó de manera gradual de acuerdo con el calentamiento del horno, desde temperatura ambiente hasta alcanzar los 700°C, esta temperatura se alcanzó al cabo de 2 horas 50 minutos.

Figura 26

Probetas sometidas a alta temperatura (700°C).



Tabla 42

Cuadro de aplicación de temperatura vs tiempo a muestras de concreto.

Tiempo (Minutos)	Temperatura (C°)
0	25
5	121
17	221
27	293
37	340
52	400
65	453
83	507
95	540
120	584
147	638
161	673
170	700

- Se dejó enfriar de manera natural por un periodo de 20 horas hasta una temperatura manejable de manera directa con la mano, se retiró y llevo al laboratorio para el ensayo a fuerzas de carga.
- Después de obtener los resultados de la resistencia a compresión, se realizó la comparación. y se seleccionó la muestra que mantuvo la mayor resistencia, determinando de esta manera el porcentaje óptimo de lana de roca.
- Se elaboraron 40 probetas con el porcentaje óptimo de lana de roca (4%), a los 28 días se sometieron al mismo procedimiento de calentamiento, se determinó su resistencia y realizaron los cálculos estadísticos.

Figura 27

Muestras de 40 probetas con el porcentaje óptimo de lana de roca.



Se realizaron los comparativos y análisis con respecto al concreto patrón sometido a las mismas condiciones de temperatura y elaboración en gráficos y tablas. Los resultados de resistencia se registran en la **Tabla 64**.

Tabla 43

Resultados de la evaluación y comparación de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura, en una muestra de 40 probetas

% Adición	Patrón 0% LR	4%LR	% Mejora en la resistencia
Promedio (kg/cm ²)	f ^c 66.40	71.34	107.44%

3.9.5. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

Norma Aplicada

NTP 335.035 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.

Equipo

- Molde metálico con forma de tronco de cono, con una base menor de 203 mm, una base mayor de 305 mm y una altura de 305 mm.
- Varilla metálica de 60 cm de longitud de 5/8" de diámetro y un extremo esférico.

Procedimiento

- El molde fue mojado y colocado sobre una superficie plana sujetando de manera firme con los pies, se llenó en tres capas iguales y con la varilla se chuseó 25 veces por capa. En la última capa se agregó el concreto hasta que rebaso, se chuseó, niveló y rápidamente se retiró el molde para colocarlo a un lado de la plataforma de manera invertida y se evaluó el asentamiento midiendo la diferencia entre la parte superior del molde y el centro de la mezcla en su parte superior.

Figura 28

Prueba de asentamiento mediante ensayo del cono de Abrams

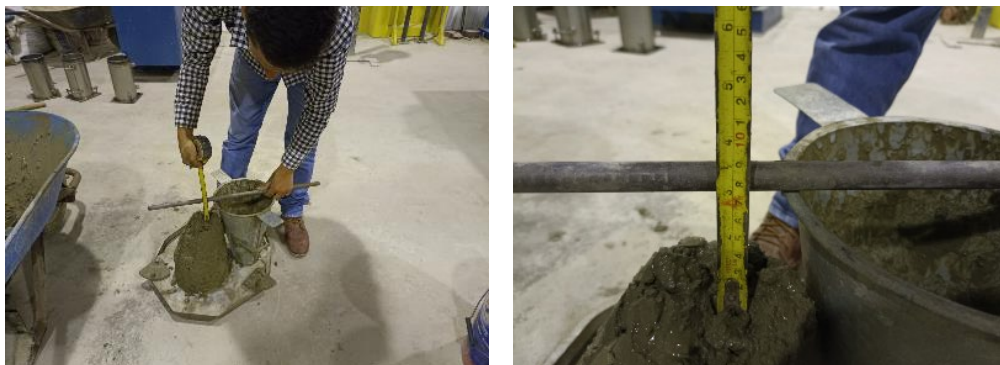


Tabla 44

Asentamiento del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca.

Descripción	Patrón 0% LR (Pulg)	2% LR (Pulg)	4% LR (Pulg)	6% LR (Pulg)	8% LR (Pulg)
Slump 1	3.25	1.75	1.50	1.00	0.25
Slump 2	3.00	1.50	1.25	0.75	0.25
Promedio	3.13	1.63	1.38	0.88	0.25

3.9.6. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DEL CONCRETO

Norma Aplicada. NTP 339.034.

Equipos

- Máquina para prueba y accesorios, calibrada al menos una vez al año y dentro de los 13 meses como máximo.

Procedimiento

- Las muestras fueron ensayadas en el tiempo determinado según las tolerancias que se muestran en la *Tabla 45*.

Tabla 45

Tolerancias de tiempo para ensayos a compresión de probetas de concreto según el número de días.

Edad de Ensayo	Tolerancia Horas (%)
12 horas	0.25 (2.1)
24 horas	±0.5 (2.1)
3 días	2 (2.28)
7 días	6 (3.6)
28 días	20 (3.0)
56 días	40 (3.0)
90 días	48 (2.2)

Nota. Adaptada del MTC E 704

- Se aplicó la carga a una velocidad continua y sin impacto hasta que el indicador indicó decrecimiento continuo de resistencia y la muestra presenta falla definida.
- La resistencia a compresión se determinó dividiendo la carga máxima alcanzada por el área de la muestra.

Figura 29

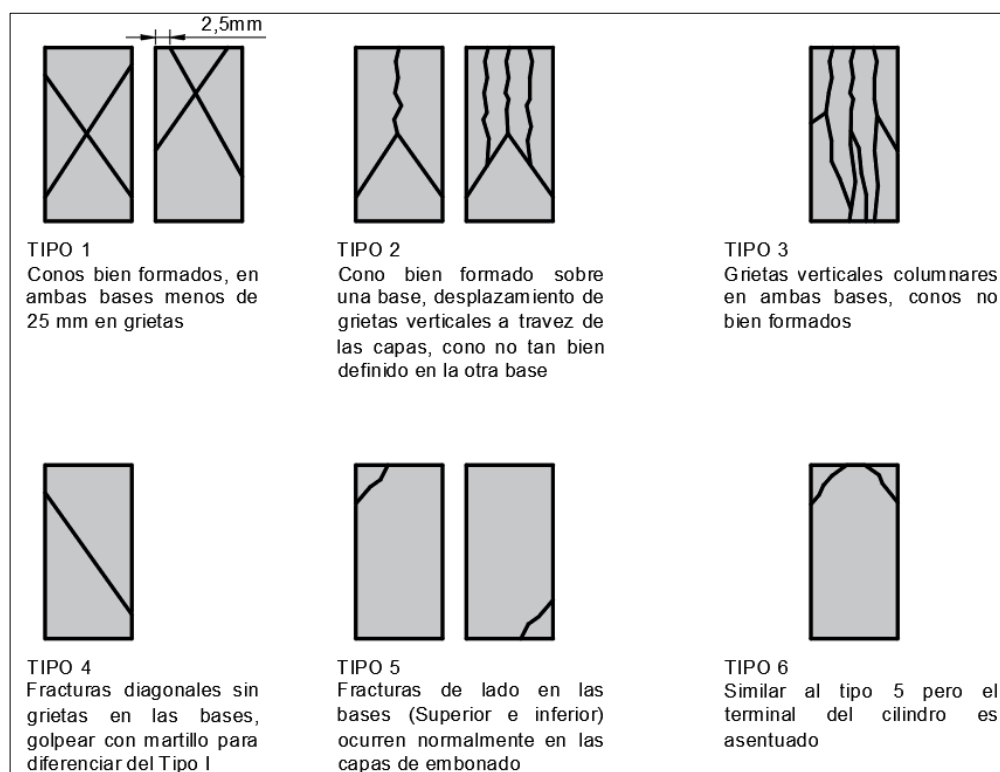
Ensayo a compresión de las probetas de Concreto a los 28 días



- Para determinar el tipo de falla definida se determinó de acuerdo a la **Figura 30**.

Figura 30:

Tipo de falla definida en probetas de concreto sometidas a ensayo de compresión.



Nota. Fuente NTP 339.034

Tabla 46

Resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales

Muestra	Nro. de Días	f'_c : (Kg/cm ²)
T01 - 0%LR - 7D	7	242.35
T02 - 0%LR - 7D	7	234.42
T01 - 0%LR - 14D	14	264.77
T02 - 0%LR - 14D	14	278.96
T01 - 0%LR - 21D	21	293.37
T02 - 0%LR - 21D	21	284.58
T01 - 0%LR - 28D	28	305.70
T02 - 0%LR - 28D	28	287.33

Tabla 47

Resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales.

(Promedio)

Nro. de Días	$f'c$ (kg/cm²)	% Alcanzado
7.00	238.39	80.44%
14.00	271.87	91.74%
21.00	288.98	97.51%
28.00	296.52	100.00%

Tabla 48

Resistencia a compresión del concreto con 0% de adición de lana de roca al ser expuesto a 700°C de temperatura

Muestra	Edad (Días)	$f'c$ (Kg/cm²)
T01 - 0%LR - 28D (°C)	28	69,32
T02 - 0%LR - 28D (°C)	28	63,48

Tabla 49

Resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de ser expuesto a 700°C de temperatura (Promedio).

Muestra	$f'c$ (Kg/cm²)	%
Concreto expuesto a 700°C de temperatura	66.40	22.39%

Tabla 50

Resistencia a compresión del concreto con 2% de adición de lana de roca a temperatura ambiente.

Muestra	Edad (Días)	f'c (Kg/cm²)
T01 - 2%LR - 7D	7	256.03
T02 - 2%LR - 7D	7	249.39
T01 - 2%LR - 14D	14	257.12
T02 - 2%LR - 14D	14	258.94
T01 - 2%LR - 21D	21	302.88
T02 - 2%LR - 21D	21	290.64
T01 - 2%LR - 28D	28	304.88
T02 - 2%LR - 28D	28	304.42

Se realizo las muestras de concreto con una adición progresiva de lana de roca, en porcentajes de 2, 4, 6 y 8% del peso total del cemento, y se obtuvo su resistencia en condiciones normales, y al ser sometido a temperaturas de 700°C.

Tabla 51

Resistencia promedio a compresión del concreto f'c= 210 kg/cm² con adición de lana de roca de 2% a temperatura ambiente

Nro. de Días	f'c (Kg/cm²)	% Respecto al Concreto Patrón
7.00	252.71	85.27%
14.00	258.03	87.07%
21.00	296.76	100.14%
28.00	304.65	102.80%

La tabla muestra las resistencias promedio de concreto con una adición del 2% de lana de roca, a condiciones normales, obteniéndose una resistencia final a la edad de

28 días de 304.65kg/cm², que representa un porcentaje del 102.80% sobre la resistencia del concreto patrón.

Tabla 52

Resultados de Resistencia a compresión del concreto con 4% de adición de lana de roca en condiciones de temperatura ambiente

Muestra	Edad (Días)	f'c (Kg/cm²)
T01 - 4%LR - 7D	7	261.34
T02 - 4%LR - 7D	7	257.48
T01 - 4%LR - 14D	14	276.72
T02 - 4%LR - 14D	14	264.48
T01 - 4%LR - 21D	21	302.35
T02 - 4%LR - 21D	21	281.5
T01 - 4%LR - 28D	28	320.64
T02 - 4%LR - 28D	28	315.97

Tabla 53

Resistencia promedio a compresión del concreto f'c= 210 kg/cm² con adición de lana de roca de 4% a temperatura ambiente.

Nro. de Días	f'c (kg/cm²)	% Respecto al Concreto Patrón
7.00	259.41	87.54%
14.00	270.60	91.31%
21.00	291.93	98.51%
28.00	318.31	107.41%

Se presenta las resistencias promedio de concreto con una adición del 4% de lana de roca, a temperatura ambiente, obteniéndose una resistencia final a la edad de 28 días de 318.31kg/cm², que representa un porcentaje del 107.41% sobre la resistencia del concreto patrón.

Tabla 54

Resistencia a compresión del concreto con adición del 6% de lana de roca en condiciones de temperatura ambiente

Muestra	Edad (Días)	f'c (Kg/cm²)
T01 - 6%LR - 7D	7	265.77
T02 - 6%LR - 7D	7	266.5
T01 - 6%LR - 14D	14	268.75
T02 - 6%LR - 14D	14	271.05
T01 - 6%LR - 21D	21	271.72
T02 - 6%LR - 21D	21	277.40
T01 - 6%LR - 28D	28	301.67
T02 - 6%LR - 28D	28	302.77

Tabla 55

Resistencia promedio a compresión del concreto f'c= 210 kg/cm² con adición de lana de roca de 6% a temperatura ambiente

Nro. de Días	F'c (Kg/cm²)	% Respecto al Concreto Patrón
7.00	266.14	89.80%
14.00	269.90	91.07%
21.00	274.56	92.65%
28.00	302.22	101.98%

Tabla 56

Resistencia a la compresión del concreto con 8% de adición de lana de roca a temperatura ambiente

Muestra	Edad (Días)	f'c (Kg/cm²)
T01 - 8%LR - 7D	7	254.27
T02 - 8%LR - 7D	7	263.41
T01 - 8%LR - 14D	14	270.69
T02 - 8%LR - 14D	14	280.41
T01 - 8%LR - 21D	21	282.52
T02 - 8%LR - 21D	21	287.46
T01 - 8%LR - 28D	28	287.52
T02 - 8%LR - 28D	28	299.98

Tabla 57

Resistencia a compresión del concreto f'c= 210 kg/cm² con adición de lana de roca de 8% a temperatura ambiente

Nro. de Días	f'c (kg/cm²)	% Respecto al Concreto Patrón
7.00	258.84	87.34%
14.00	275.55	92.98%
21.00	284.99	96.17%
28.00	293.75	99.12%

Tabla 58

Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de 0,2,4,6 y 8%

% Lana de Roca	Patrón 0% LR	2%LR	4%LR	6 %LR	8%LR
f'c (Kg/cm2)	296.52	304.65	318.31	302.22	293.75
%	100.00%	102.74%	107.35%	101.92%	99.07%

En esta tabla se muestra el promedio de los resultados obtenidos del concreto patrón con 0% de adición de lana de roca y con adiciones de 2,4,6 y 8% de fibra de lana de roca ensayados a los 28 días de curado en laboratorio, ensayadas a temperatura ambiente, para el cual se observa que para adición del 2% la resistencia a compresión del concreto se mejora en 2.80%, para adición de 4% se mejora en 7.41%, para adición de 6% se mejora 1.98%. Sin embargo, para una adición de 8% la resistencia disminuye en 0.88%. Estos resultados se pueden visualizar en la Figura 39.

Tabla 59

Resistencia a compresión del concreto f'c= 210 kg/cm2 con adición de lana de roca de 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de temperatura

Muestra	Edad (Días)	f'c (Kg/cm2)
T01 - 0%LR - 28D (°C)	28	69.32
T02 - 0%LR - 28D (°C)	28	63.48
T01 - 2%LR - 28D (°C)	28	68.21
T02 - 2%LR - 28D (°C)	28	65.90
T01 - 4%LR - 28D (°C)	28	74.76
T02 - 4%LR - 28D (°C)	28	67.76
T01 - 6%LR - 28D (°C)	28	67.66
T02 - 6%LR - 28D (°C)	28	64.80
T01 - 8%LR - 28D (°C)	28	65.77
T02 - 8%LR - 28D (°C)	28	61.98

Tabla 60

Resistencia promedio compresión del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de temperatura

% Adición	0%LR	2%LR	4%LR	6 %LR	8%LR
Promedio f'c (kg/cm2)	66.40	67.05	71.26	66.23	63.87

Tabla 61

Cuadro comparativo de resistencia promedio del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%; a 25°C y 700°C de temperatura a los 28 días de edad

% Adición	0% LR	2%LR	4%LR	6 %LR	8%LR
Promedio f'c (kg/cm2) (25°C)	296.52	304.65	318.31	302.22	293.75
Promedio f'c (kg/cm2) (700°C)	66.40	67.05	71.26	66.23	63.87

3.9.7. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

- Se tomó como base para determinar los recursos y rendimiento (10m3/día) de la partida los considerados por CAPECO para elaborar concreto f'c = 210 kg7cm2, adicionando el porcentaje óptimo de lana de roca. El día esta considera 8 horas de trabajo efectivas.
- Las cantidades de los materiales fueron los que se obtuvieron el diseño de mezcla.
- Los costos de mano de obra fueron calculados según tabla salarial y beneficios sociales para el régimen de construcción civil basado en el EXPEDIENTE N° 235-2023-MTPE/2.14-NEC DEL 01.06.2023 AL 31.05.2024.
- Los precios de los materiales se obtuvieron en el mercado local de Chimbote, y para el caso de la lana de roca se adquirió de Lima.

- Los datos para el análisis de costo unitario del concreto se muestran en la **Tabla 62**.

Tabla 62

Recursos, cuadrilla, cantidades y precios utilizados para el cálculo del costo

Unitario de la Unidad del Concreto

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/
Operario	Hora Hombre (hh)	2	1.60	27.57
Oficial	Hora Hombre (hh)	2	1.60	21.68
Peón	Hora Hombre (hh)	10.5	8.40	19.62
Operador De Equipo Liviano	Hora Hombre (hh)	3	2.40	28.51
Piedra Chancada De 3/4"	Metro cubico (m3)		0.81	55.00
Arena Gruesa	Metro cubico (m3)		0.59	50.00
Cemento Portland Tipo I (42.5kg)	Bolsa		9.65	33.00
Agua	Metro cubico (m3)		0.23	15.00
Lana De Roca	Kilogramo (Kg)		16.41	13.86
Mezcladora De Concreto 16hp 9-11 P3	Hora maquina	1	0.80	15.00
Vibrador De Concreto 2.0" 4 Hp	Hora maquina (hm)	1	0.80	10.00
Winche Eléctrico De 2 Tambores	Hora maquina (hm)	1	0.80	12.00
Herramientas Manuales	% de Mano de Obra		3%	312.03

3.10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.10.1. PLAN DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La información obtenida se procesó utilizando el software Excel, usando el análisis de datos de estadística descriptiva e inferencial. Los datos fueron presentados en tablas y figuras. Para las pruebas de normalidad de los datos se usó Software SPSS.

La interpretación se llevó a cabo considerando que los datos de la muestra tienen una distribución normal que fue verificada mediante una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, dado que el número de datos es menor a 50 datos. Esta verificación se hizo mediante el software SPSS para una significancia de 0.05.

Tabla 63

Prueba de Normalidad de los datos Shapiro-Wilk, software SPSS.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	No Datos	p
Variable Resistencia	0.985	40	0.866

Hipótesis Nula: $H_0: p \geq 0.05$; Los datos tienen una distribución Normal

Hipótesis Alternativa: $H_1: p < 0.05$; Los datos no tienen una distribución Normal

Se verificó que el valor de prueba es ($p > 0.05$) por lo que se acepta la hipótesis nula que indica que los datos tienen una distribución normal, por lo que para el análisis empleamos estadística paramétrica.

Luego se aplicó la prueba de hipótesis para una media, dado que la muestra es mayor a 30 datos (40 datos) de los cuales se obtuvo la media muestral. Estos resultados de resistencia a compresión fueron comparados con la resistencia del concreto patrón.

a. Prueba de hipótesis

En el ítem 4.1.1 observamos que el concreto patrón al ser sometido a 700 °C de temperatura, se obtuvo una resistencia promedio a compresión de 66.40 kg/cm². De acuerdo con esta observación, se desea probar la hipótesis con un 5% de significancia de que si se adiciona un 4% de lana de roca respecto al peso del cemento de la mezcla de concreto patrón se obtendrá una media poblacional (μ) mayor de 66.40 kg/cm² de resistencia a compresión después de ser sometido a 700 °C de temperatura. Para probar esta hipótesis se elaboró una muestra (n) de 40 probetas con adición del 4% de lana de roca cuyos datos se muestran en la **Tabla 64**.

Tabla 64

Resistencia a compresión del concreto con adición del 4% de lana de Roca, sometido a 700°C a los 28 días de edad

Muestra	f'c: (Kg/cm2)	Muestra	f'c: (Kg/cm2)
T01- % OPT - 28D (°C)	69.42	T21- % OPT - 28D (°C)	70.96
T02- % OPT - 28D (°C)	62.93	T22- % OPT - 28D (°C)	81.05
T03- % OPT - 28D (°C)	67.94	T23- % OPT - 28D (°C)	74.40
T04- % OPT - 28D (°C)	70.41	T24- % OPT - 28D (°C)	73.76
T05- % OPT - 28D (°C)	74.46	T25- % OPT - 28D (°C)	74.74
T06- % OPT - 28D (°C)	71.75	T26- % OPT - 28D (°C)	73.66
T07- % OPT - 28D (°C)	72.03	T27- % OPT - 28D (°C)	70.03
T08- % OPT - 28D (°C)	75.62	T28- % OPT - 28D (°C)	71.10
T09- % OPT - 28D (°C)	69.32	T29- % OPT - 28D (°C)	69.14
T10- % OPT - 28D (°C)	70.85	T30- % OPT - 28D (°C)	70.53
T11- % OPT - 28D (°C)	74.28	T31- % OPT - 28D (°C)	72.17
T12- % OPT - 28D (°C)	65.62	T32- % OPT - 28D (°C)	74.00
T13- % OPT - 28D (°C)	65.31	T33- % OPT - 28D (°C)	69.11
T14- % OPT - 28D (°C)	75.20	T34- % OPT - 28D (°C)	70.65
T15- % OPT - 28D (°C)	67.21	T35- % OPT - 28D (°C)	69.23
T16- % OPT - 28D (°C)	66.65	T36- % OPT - 28D (°C)	66.15
T17- % OPT - 28D (°C)	71.61	T37- % OPT - 28D (°C)	73.05
T18- % OPT - 28D (°C)	73.78	T38- % OPT - 28D (°C)	76.79
T19- % OPT - 28D (°C)	68.86	T39- % OPT - 28D (°C)	75.31
T20- % OPT - 28D (°C)	73.21	T40- % OPT - 28D (°C)	71.23

- Se verificó si los datos tienen una distribución normal, para ello se usó prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.
- Se calculó los datos estadísticos descriptivos (Media, desviación estándar, variancia y rangos mínimos y máximos).

- Se planteó la hipótesis nula y alternativa, de la siguiente manera:

Hipótesis Nula: H_0 = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión de 66.40 kg/cm² con un nivel de significancia del 5%. (No mejora la resistencia)

Hipótesis Alternativa: H_1 = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión mayor de 66.40 kg/cm² con un nivel de confianza del 95%. (Si mejora la resistencia).

Significancia: $\alpha = 5\%$ Significa la probabilidad de rechazar la hipótesis nula que en realidad es verdadera, sea del 5%. Si el nivel de significación es $\alpha = 0.05$, significa que la probabilidad de rechazar una hipótesis cuando es cierta es del 5%. En otras palabras, la probabilidad de hacer la estimación de un parámetro estadístico y equivocarnos con un error mayor al margen de error es del 5%.

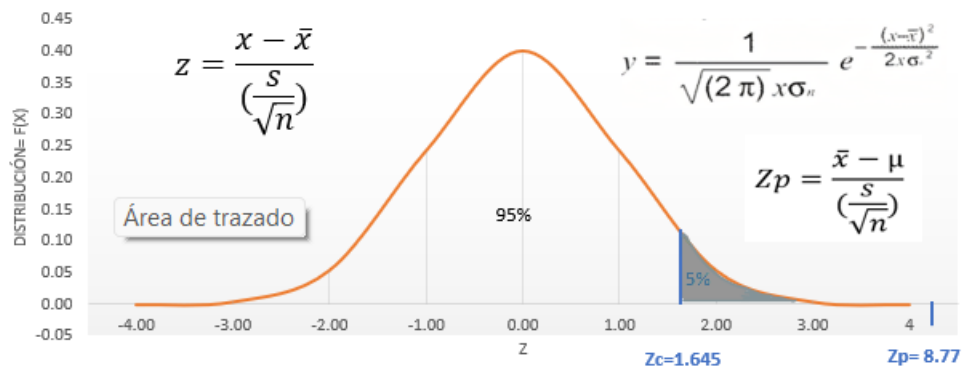
Tabla 65

Valores para prueba de Hipótesis

Significación (α)	5%
Nivel de Confianza	95%
Z Crítico (Z_c)	1.64
Valor de Prueba (Z_p)	8.77
P - Valor (Tabla para $Z=Z_p$)	0

Figura 31

Distribución normal estandarizada



Decisión: La decisión fue tomada en base a si P- valor <5% (0.05) (Significación) o si el valor de prueba $Zp > Zc$, es decir cuando Zp está en zona de rechazo de hipótesis nula, se rechaza la hipótesis Nula. De lo contrario se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

CAPITULO IV

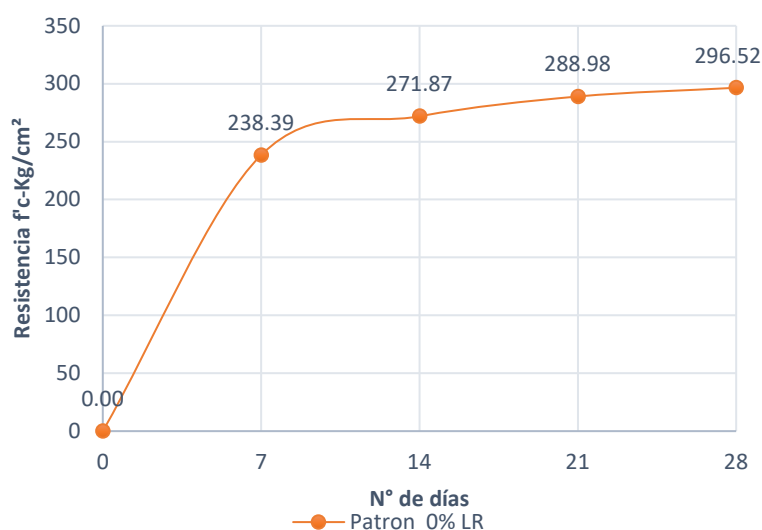
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. CONCRETO PATRÓN F'C=210 KG/CM2 Y SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONDICIONES NORMALES Y AL SER EXPUESTO A 700°C DE TEMPERATURA.

Figura 32

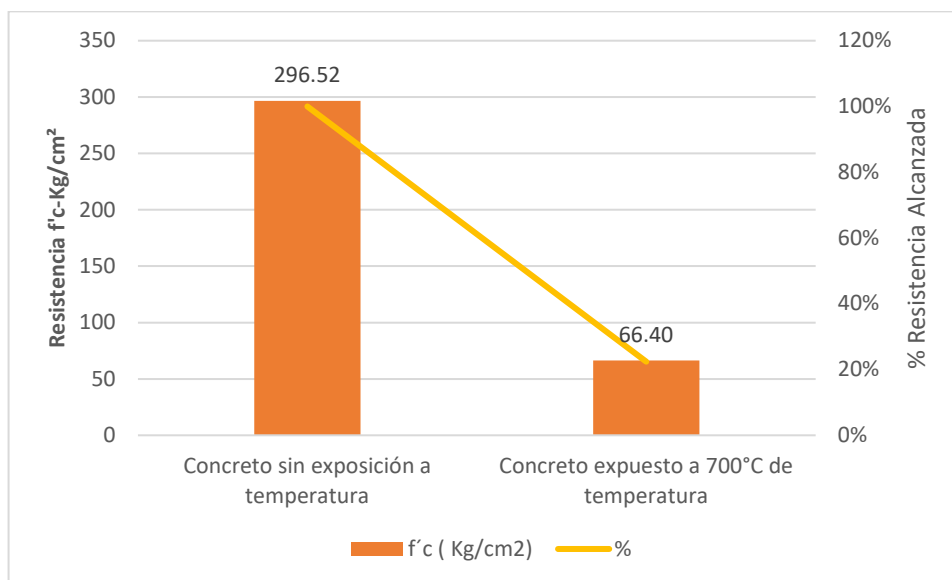
Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en condiciones normales. (Promedio).



En la **Figura 32** se muestra los resultados en la curva de Resistencia frente a Edad del Concreto de manera creciente, logrando la máxima resistencia promedio a los 28 días de curado del concreto. Se visualiza un desarrollo de resistencia rápida hasta los 7 días, luego un desarrollo más lento. A los 7 días se observa que alcanza el 80%, a los 14 días alcanza el 92%, a los 21 días alcanza el 97% y a los 28 días el 100%. Los parámetros de los materiales empleados para elaborar el concreto se visualizan en la **Tabla 29**, **Tabla 30** y **Tabla 31**. Las proporciones en peso de los materiales utilizados se muestran en la **Tabla 67**.

Figura 33

Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ después de ser expuesto a 700°C de temperatura.



En la **Figura 33** se muestra un descenso significativo en la reducción de la resistencia a compresión del concreto cuando es expuesto a aumento gradual de temperatura hasta 700°C en un periodo de 2 horas 50 minutos. El concreto en condiciones normales esto es sin exposición a alta temperatura alcanzó una resistencia de 296.52 kg/cm^2 y disminuyó a 66.40 kg/cm^2 , esto significa que tuvo una pérdida de resistencia del 77.61% quedando una resistencia residual a compresión del 22.39%.

Tabla 66

Resultados de cantidades de material en peso de los materiales utilizados para elaborar 1 m³ de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	372.73	Kg/m ³
Agua Efectiva	209.19	Lt/m ³
Agregado Fino Húmedo	848.60	Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	1021.02	Kg/m ³

En la **Tabla 66** se muestra los resultados obtenidos para la dosificación de las cantidades de materiales en peso según el diseño de mezcla empleado para fabricar el concreto patrón, estos resultados en peso fueron tomados del material en el estado de humedad de cantera que es lo habitual para elaborar concreto en obra y en laboratorio.

Tabla 67

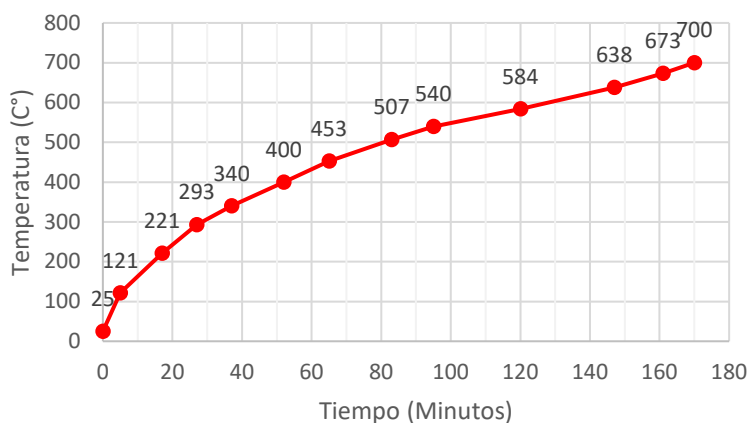
Proporción de agregados en peso en estado de agregados en cantera (Húmedo).

Cemento	Agregado Fino	Agregado grueso	Agua
1	2.28	2.74	0.56

En la **Tabla 67** se muestra la dosificación de proporciones en peso que fue utilizado para fabricar el concreto en laboratorio.

Figura 34

Curva de aplicación de temperatura vs tiempo a muestras de concreto

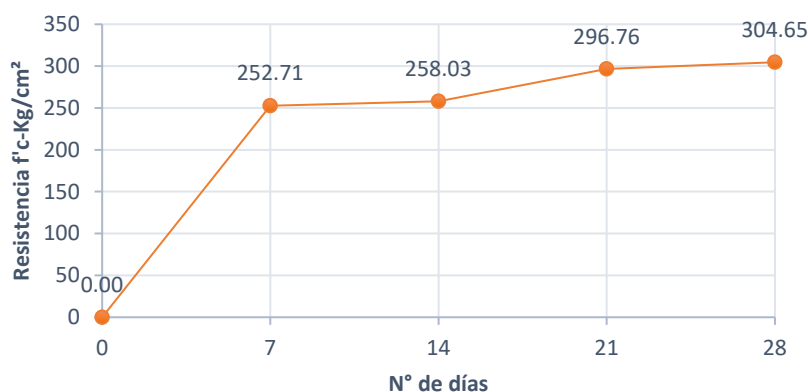


En la **Figura 34** muestra los resultados de tomas de datos de la temperatura en un determinado momento de aplicación de temperatura en un horno eléctrico hasta alcanzar los 700°C en un periodo de 170 minutos (2 h 50 min), la misma que fue aplicada a las muestras con adición de lana de roca.

4.1.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONDICIONES NORMALES Y AL SER SOMETIDOS A 700°C DE TEMPERATURA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DEL 2%, 4%, 6% Y 8% DE LANA DE ROCA

Figura 35

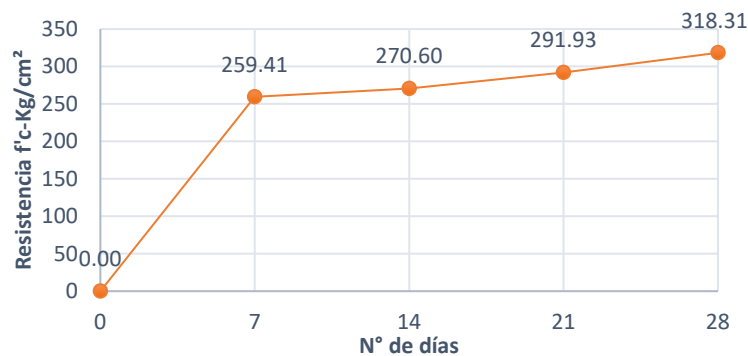
Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 2% en condiciones normales



En la **Figura 35** se visualiza un desarrollo de resistencia rápido hasta los 7 días alcanzando el 85%, a los 14 días alcanza el 87%, a los 21 días el 100%, y a los 28 días alcanza el 103% de resistencia respecto al concreto patrón.

Figura 36

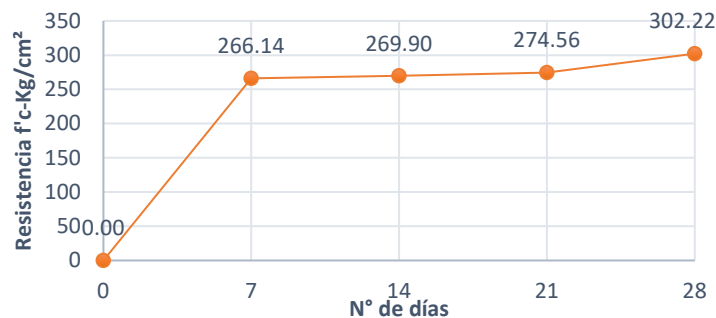
Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 4% en condiciones de temperatura ambiente



En la **Figura 36** se visualiza un desarrollo de resistencia rápido de resistencia hasta los 7 días alcanzando el 87%, a los 14 días alcanza el 91%, a los 21 días el 98%, y a los 28 días alcanza el 107% de resistencia respecto al concreto patrón.

Figura 37

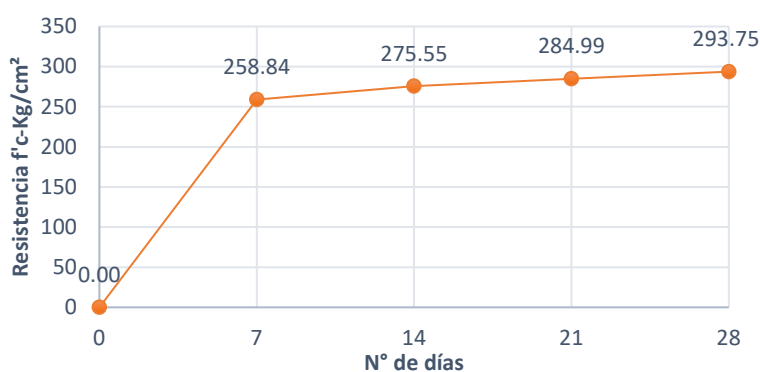
Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 6% en condiciones normales.



En la **Figura 37** se visualiza un desarrollo de resistencia rápido de resistencia hasta los 7 días alcanzando el 90%, a los 14 días alcanza el 91%, a los 21 días el 93%, y a los 28 días alcanza el 102% de resistencia respecto al concreto patrón.

Figura 38

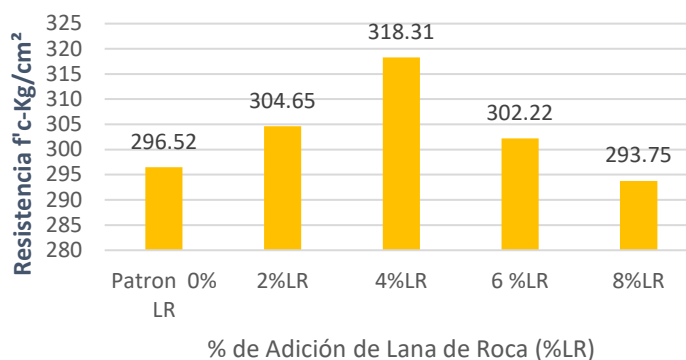
Resultados de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de lana de roca de 8% a temperatura ambiente



En la **Figura 38** se visualiza un desarrollo de resistencia rápido de resistencia hasta los 7 días alcanzando el 87%, a los 14 días alcanza el 93%, a los 21 días el 96%, y a los 28 días alcanza el 99% de resistencia respecto al concreto patrón.

Figura 39

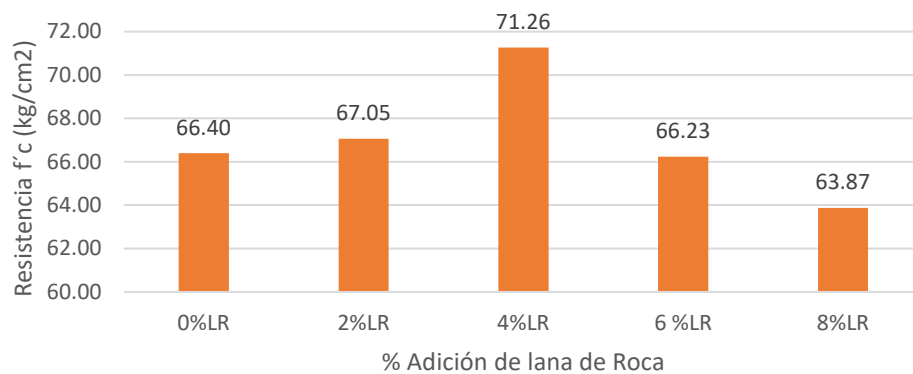
Resumen de resultados de Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de 0,2,4,6 y 8%.



En la **Figura 39** visualizamos que a medida que se incrementa el porcentaje de lana de roca hasta el 4% en peso del cemento, la resistencia a compresión del concreto aumenta y al seguir aumentando el porcentaje de lana de roca hasta 8% la resistencia disminuye.

Figura 40

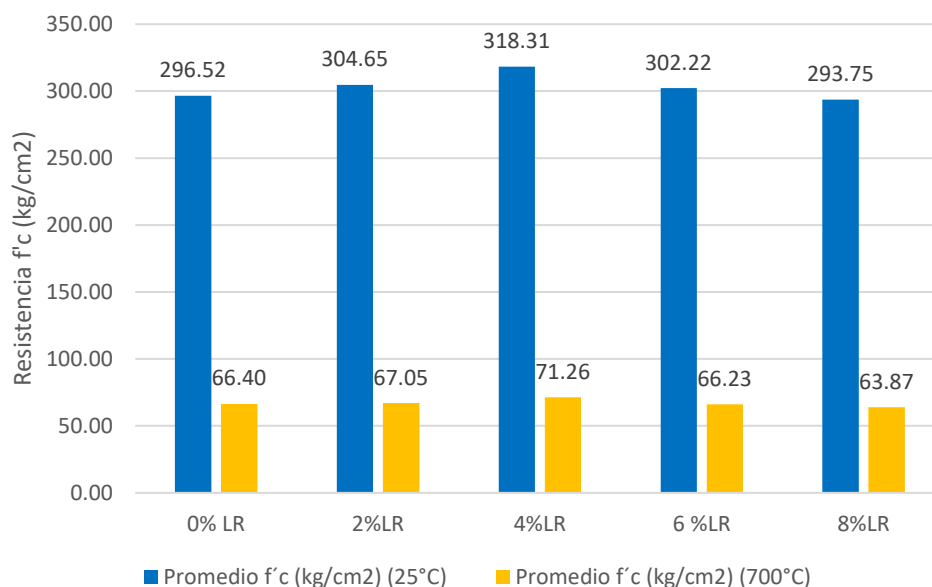
Resultados en grafica de barras de resistencia promedio a la compresión del concreto con adición de lana de roca del 0%, 2%, 4%,6% y 8% después de ser expuesto a 700°C de Temperatura



En la **Figura 40** se visualiza los resultados a compresión del concreto con los porcentajes de adición allí indicados, ensayados las probetas a los 28 días de curado en laboratorio después de haber sido expuestas a temperatura gradual desde una temperatura ambiente (25°C) hasta 700°C en un periodo de 2 horas con 50 minutos, de acuerdo a la aplicación de temperatura según la **Figura 34**.

Figura 41

Resultados en grafico de barras de resistencias promedio del concreto con adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%; a 25°C y 700°C de temperatura a los 28 días de edad.

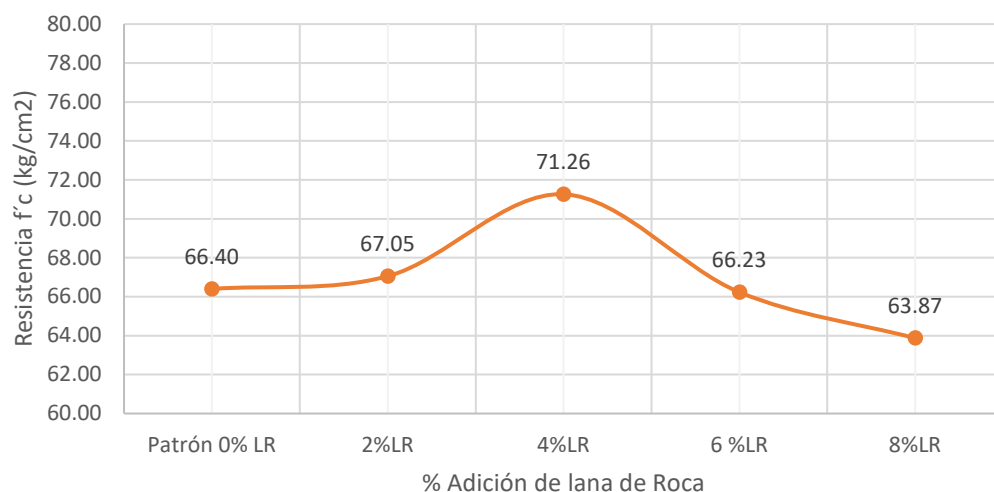


En la **Figura 41** se presenta un diagrama comparativo de barras donde se detallan las resistencias al concreto al ser expuesto a dos condiciones de temperatura establecidas para el presente estudio, la primera es a temperatura ambiente (barras azules) y la segunda al elevar la temperatura mediante un generador de calor hasta alcanzar los 700°C (barras naranjas), para este análisis se adiciono porcentualmente lana de roca molida desde los 0%, 2%, 4%, 6% y 8% respecto del peso del cemento, verificándose una disminución considerable de la resistencia del concreto una vez que esta ha sido sometida a una alta temperatura.

4.1.3. PORCENTAJE OPTIMO DE ADICIÓN DE LANA DE PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2 QUE HA SIDO SOMETIDO A 700°C DE TEMPERATURA

Figura 42

Resultados del porcentaje óptimo de adición de lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto que ha sido sometido a 700°C de temperatura.

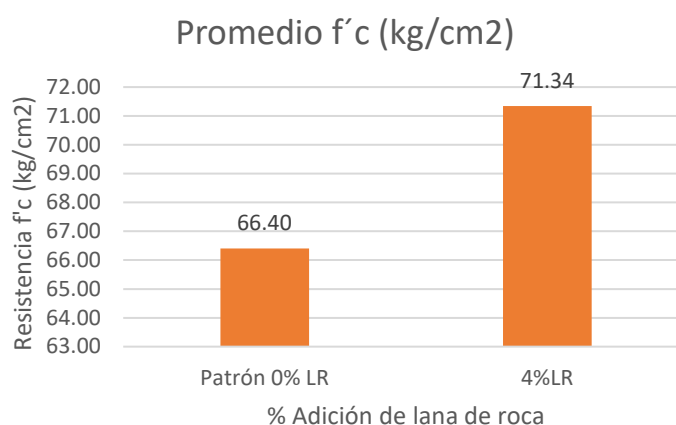


En la **Figura 42** se presenta los resultados de las resistencias promedios de muestras al adicionar porcentualmente Lana de Roca molida en valores de 0%, 2%, 4%, 6% y 8% y someterlo a alta temperatura hasta alcanzar los 700°C, como se puede apreciar, la grafica presenta un valor maximo de resistencia de 71.26 kg/cm2 correspondiente a un porcentaje de 4%, representado este valor el porcentaje optimo para el analisis muestral sobre el cual se baso el desarrollo de la presente investigacion.

4.1.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS CON ADICIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE LANA DE ROCA, AL SER SOMETIDA A 700°C DE TEMPERATURA

Figura 43

Resultados de la evaluación y comparación de las muestras con adición del porcentaje óptimo de lana de roca, al ser sometida a 700°C de temperatura.



En la **Figura 43** se visualiza que la resistencia de la concreta mejora en un 7.44% al adicionar el porcentaje óptimo de 4% de lana de roca en peso respecto al cemento, al ser sometida a 700°C de temperatura en una muestra de 40 probetas. El valor de 71.34kg/cm² corresponde a la media muestral que se registra en la **Tabla 64**.

Tabla 68

Resultados de datos Estadísticos Descriptivos

Numero de Datos (n)	40
Media Aritmética (\bar{x})	71.34
Desviación Estándar (S)	3.56
Coefficiente de Variación (CV)	4.99%
Mínimo	62.93
Máximo	81.05
Rango	18.12

De acuerdo con ACI Committee 214 (2011) el coeficiente de variación es el menos incidido por la magnitud del nivel de resistencia, en consecuencia, es más aplicable que la desviación estándar para comparar el grado de control de diferentes resistencias a compresión. También señala que se utiliza para comparar la dispersión de los datos en grupos de pruebas de resistencia a compresión que presentan una variación en la resistencia media superior a 7 MPa (71.38 kg/cm²). Al aplicar alta temperatura la resistencia media del concreto varía en más 71.38 kg/cm², esto implica que para determinar la calidad del concreto usaremos el coeficiente de variación.

Tabla 69

Coeficiente de variación para diferentes estándares de control, %. Para concreto $\leq 35\text{MPa}$ (356.9 kg/cm²).

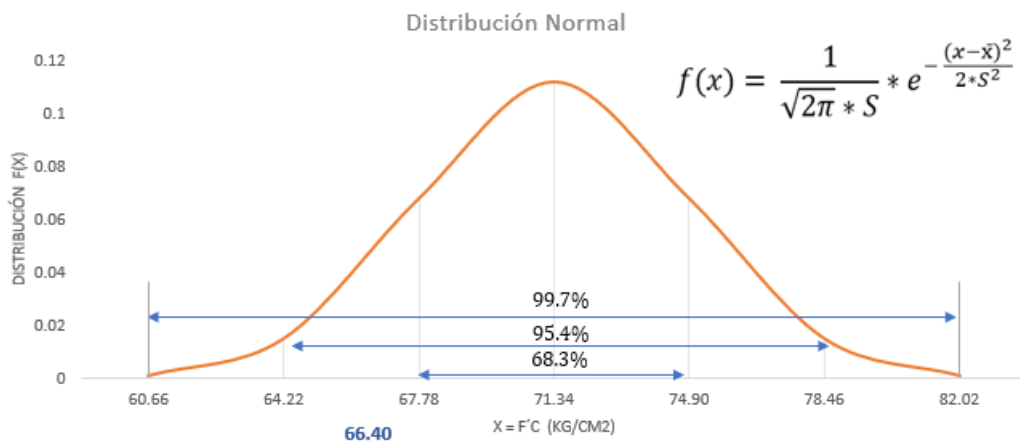
Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes estándares de control, %. Para concreto $\leq 35\text{MPa}$ (356.9 kg/cm ²)				
	Excelente	Muy buena	Bueno	Suficiente	Deficiente
Control de Pruebas en campo	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Lotes de prueba en laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Nota. Adaptado de ACI 214R-11 Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete.

El coeficiente de variación obtenido es de 4.99, por lo que según la **Tabla 69**, el control del concreto elaborado en laboratorio es suficiente por encontrarse en el rango de 4 a 5.

Figura 44

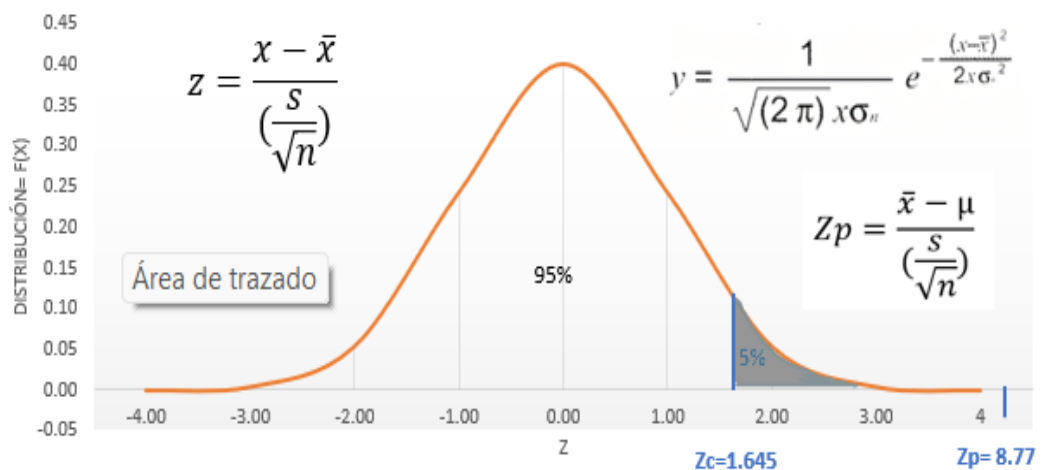
Distribución Normal de los datos



De acuerdo con la **Figura 44** existe la probabilidad del 68.3% de que los valores de resistencia a compresión del concreto con adición del 4% de lana de roca; que ha sido expuesto a 700°C a los 28 días de edad estén entre 67.78 y 74.90 kg/cm², una probabilidad del 95.4 % que esté entre 64.22 y 78.46 kg/cm², y una probabilidad del 99.7% que los valores estén entre 60.66 y 82.02 kg/cm².

Figura 45

Prueba de hipótesis para la media (Prueba Z)



En la **Figura 45** observamos en el gráfico que el valor de prueba Z_p , se encuentra en zona de rechazo (Zona gris correspondiente al 5% de probabilidad), es decir la

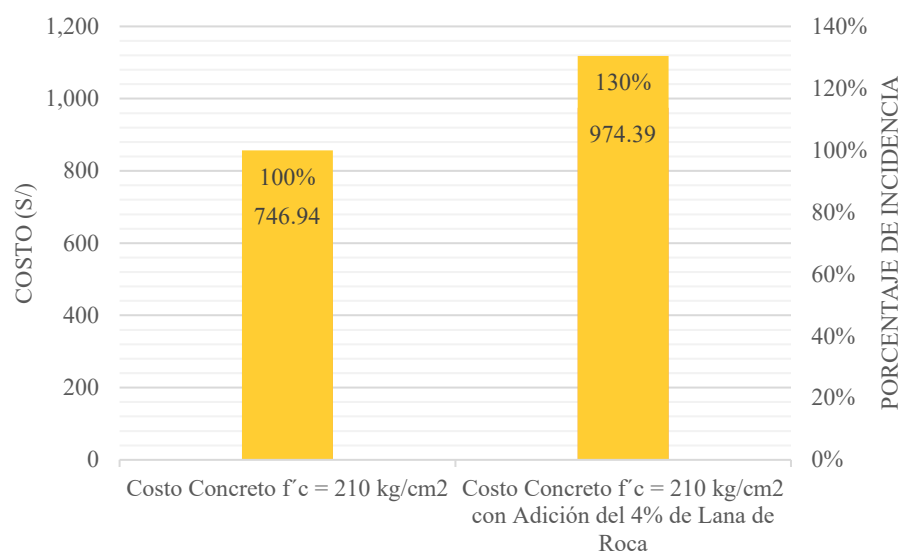
probabilidad de que al adicionar 4% de lana de roca al concreto no mejore la calidad del concreto cuando es sometido a 700°C es solo del 5%, y la probabilidad de que si mejore es del 95%.

Dado que Z de prueba es mayor que el Z crítico (Z_c) establecido para una significancia del 5%, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa obteniendo como resultado que: Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión mayor a 66.40 kg/cm² con un nivel de confianza del 95%. Como se encontró en este estudio que la media es de 71.34 kg/cm² y se probó la hipótesis de mejora de resistencia, se afirma que existe una mejora del 7.44% respecto al concreto patrón dado que existe la suficiente información estadística.

4.1.5. COSTO UNITARIO POR M3 DE CONCRETO CON Y SIN ADICIÓN DE LANA DE ROCA Y COMPARAR LOS RESULTADOS

Figura 46

Resultados del costo unitario del m³ de concreto con y sin adición de lana de roca

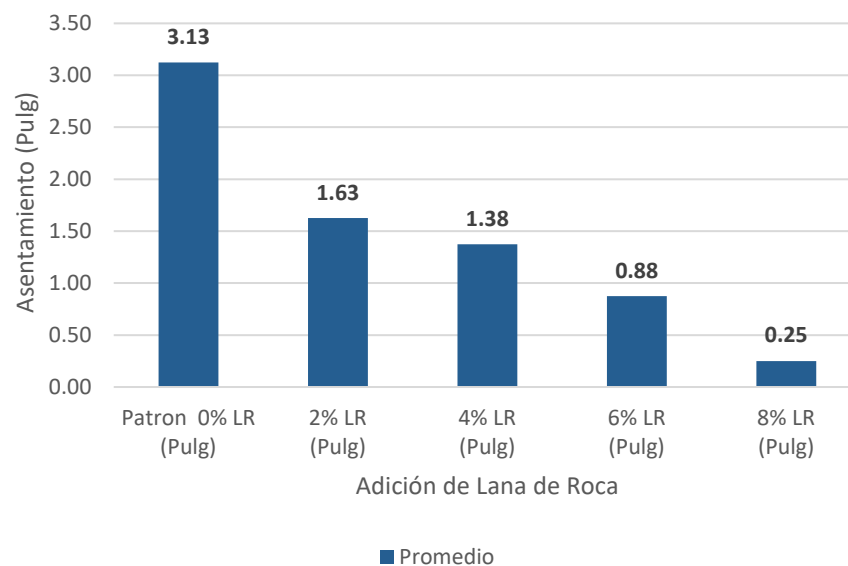


En la **Figura 46** podemos apreciar que el costo del concreto con adición del 4% de lana roca aumenta el costo del concreto estándar en un 30%. El costo del metro cubico de concreto normal es de 746.94 soles y del concreto con adición es de 974.39 soles, una diferencia de 227.45 soles, que corresponde al costo del material de lana de roca, este costo puede ser reducido a medida que el material sea más comercial.

4.1.6. SLUMP DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO CON Y SIN ADICIÓN DE LANA DE ROCA.

Figura 47

Resultados de las propiedades del concreto en estado fresco con y sin adición de lana de roca



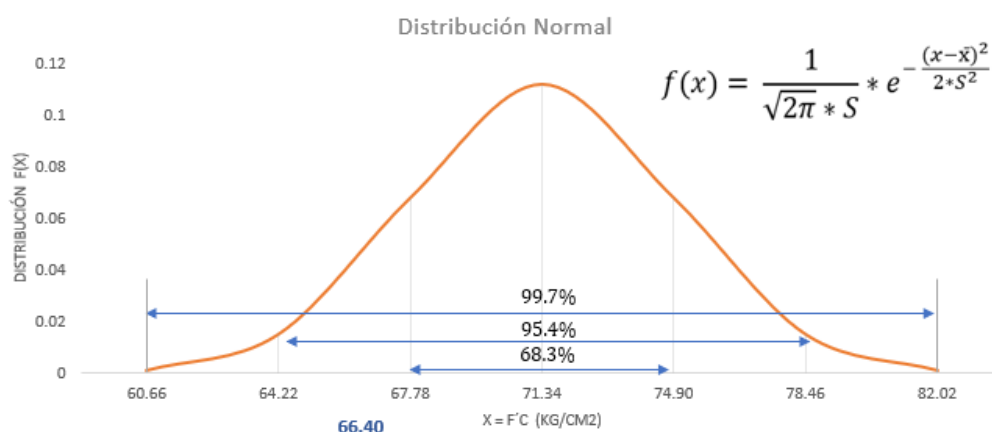
En la **Figura 47** se presenta los resultados obtenidos referente al asentamiento del concreto luego de realizar el ensayo del Slump para el concreto con adición porcentual de lana de roca del 0%, 2%, 4%, 6% y 8% respecto del peso del cemento, de donde se puede apreciar que a medida que se incrementa el porcentaje de adición de lana de roca, disminuye el asentamiento del concreto.

4.2. DISCUSIÓN

Al realizar la prueba a la hipótesis planteada se evidenció que al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtiene una resistencia promedio a compresión mayor a 66.40 kg/cm² que corresponde al concreto estándar sometido a 700°C, dado que existe un 95% de probabilidad que la resistencia con adición optima de lana de roca sometida a alta temperatura sea mayor a los 66.40kg/cm².

Figura 48

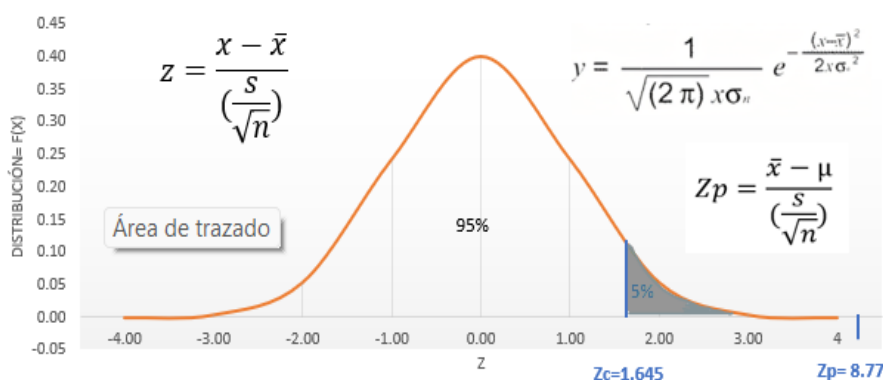
Curva de Distribución normal de Datos



Como se observa en la **Figura 48** el valor de 66.40 kg/cm² que corresponde a la resistencia a compresión del concreto estándar $f'c = 210$ kg/cm² cuando fue sometido a alta temperatura gradual hasta los 700°C, es menor a la media del concreto con adición del 4% de lana de roca sometido a las mismas condiciones de temperatura. Para probar esta afirmación se recurrió a la estadística inferencial de prueba de hipótesis para media en una muestra de 40 probetas.

Figura 49

Curva de Distribución Normal Estandarizada



En la **Figura 49** se estandarizó la curva de distribución con la ecuación Z y se planteó las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula: Ho = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión de 66.40 kg/cm² con un nivel de significancia del 5%. (No mejora la resistencia)

Hipótesis Alternativa: H1 = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión mayor a 66.40 kg/cm² con un nivel de confianza del 95%. (Si mejora la resistencia).

Se aplicó la Prueba Z para media de una muestra, determinando que el valor de Prueba Zp, es mayor que el valor crítico Zc correspondiente al 5% de significación. Esto implica que el valor de prueba Zp, se encuentra en zona de rechazo (Zona gris correspondiente al 5% de probabilidad), es decir la probabilidad de que al adicionar 4% de lana de roca al concreto no mejore la calidad del concreto cuando es sometido a 700°C es solo del 5%, y la probabilidad de que si mejore es del 95%. Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, y se concluyó que **al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtiene una resistencia promedio a**

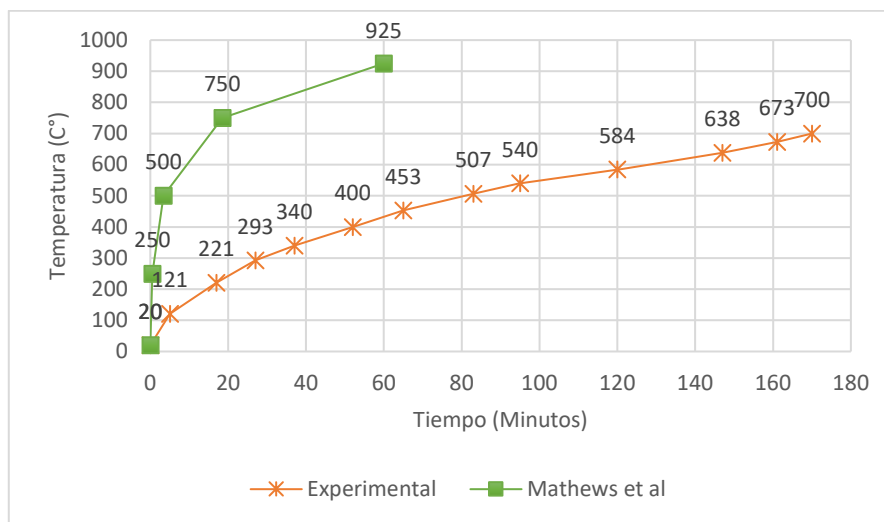
compresión mayor a 66.40 kg/cm² con un nivel de confianza del 95%. Para este estudio se considera como resultado la media obtenida que es de 71.34 kg/cm², que representa una mejora del 7.44% respecto al concreto patrón dado que existe la suficiente información estadística.

Mathews et al. (2021) realiza un experimento para estudiar el efecto de la temperatura elevada sobre las características de durabilidad del Hormigón Normal. Su diseño estuvo basado en un asentamiento de 4" a 5", calentó las probetas cubicas de 6" x 6" x 6" durante 60 min hasta que la temperatura alcanzó los 925 °C en un horno eléctrico. Los resultados demostraron que las probetas de hormigón de 24 Mpa expuestas a 925°C exhibieron una pérdida de resistencia (39%) en comparación con las muestras sin calentar. Observó que a medida que aumenta el grado del hormigón, la pérdida de resistencia también aumenta y que la reducción general de la resistencia observada en todas de las probetas calentadas se debe principalmente a la formación de grietas térmicas. En comparación con nuestro estudio, se obtuvo una reducción de la resistencia del 77.61%, para nuestro concreto patrón (296.52 kg/cm²) al ser sometido a una temperatura de 700°C, en un tiempo de 170 minutos. Observamos una mayor pérdida de porcentaje de resistencia, concordamos con el autor de que a mayor resistencia del concreto mayor es el porcentaje de perdida de resistencia cuando el concreto es expuesto a alta temperatura. Observamos también que nuestro concreto estuvo más tiempo expuesto a temperatura, aproximadamente triplica el tiempo de exposición de su estudio, esta curva de aplicación de temperatura de acuerdo al horno eléctrico empleado se visualiza en la **Figura 50**, razón por la cual existe una mayor pérdida de resistencia como lo afirma López Sumarriva (2024) al analizar el comportamiento del concreto de alto rendimiento con una resistencia de $f'c=450 \text{ kg/cm}^2$ cuando se expone a altas temperaturas causadas por el fuego durante un incendio

indicando que un mayor tiempo de exposición y un aumento de la temperatura resultan en una mayor pérdida de resistencia del concreto.

Figura 50

Gráfico comparativo de nivel alcanzado de temperatura respecto del tiempo transcurrido.



De acuerdo con los estudios realizados por Lopez Padilla & Apaestegui Huaman (2020) afirmó que al utilizar menos del 8% de lana de roca en reemplazo del agregado grueso, se observa un aumento en la resistencia del concreto. Sin embargo, cuando la sustitución de lana de roca por agregado grueso supera el 8%, se nota una disminución en la resistencia a la compresión del concreto después de 28 días de curado. Para el desarrollo de nuestra investigación se adicionó lana de roca en porcentajes menores al 8% del peso del cemento (0%, 2%, 4%, 6% y 8%) con la finalidad de verificar el comportamiento de las muestras, en nuestro caso se obtuvieron resistencias promedio de 296.52 kg/cm², 304.65 kg/cm², 318.31 kg/cm², 302.22 kg/cm² y 293.75 kg/cm² respectivamente, observamos que también obtenemos una mejora de la resistencia en este caso hasta un porcentaje de 6% de adición de lana de roca, la diferencia es que el agregado de lana de roca para nuestro estudio fue en porcentaje de adición respecto del peso del cemento y

en su estudio es por sustitución del agregado grueso. También en su estudio, las muestras expuestas a alta temperatura lograron una resistencia a compresión de 230 kg/cm² al sustituir el 4% del agregado grueso por lana de roca, y de 182 kg/cm² al realizar una sustitución del 8%; a una temperatura de 440°C a los 36 días de curado y una temperatura alcanzada a los 100 minutos de quemado en un horno. En nuestra investigación, logramos obtener una resistencia a la compresión de 71.26 kg/cm² al añadir un 4% de lana de roca, y de 63.87 kg/cm² al incorporar un 8%, respecto al peso de cemento y a una temperatura de 700°C que se alcanzó a los 170 minutos en el horno. Observamos que la variación de nuestros resultados con las del autor se debe a factores como la temperatura alcanzada, el tiempo de exposición y la modalidad de adición de lana de roca (Sustitución o adición).

Lopez Padilla & Apaestegui Huaman (2020), expusieron muestras de concreto con un 4% de lana de roca a temperaturas de 440°C, comprobando que se mantuvo la resistencia a la compresión de 230 kg/cm². En nuestro estudio, el porcentaje óptimo de lana de roca añadido fue del 4%. Nuestra muestra, después de ser expuesta a una temperatura de 700°C y sometida a la prueba de compresión, mostró una resistencia promedio de 71.34 kg/cm². Esto representa una mejora del 7.44% en comparación con la resistencia del concreto estándar expuesto a alta temperatura, que fue de 66.40 kg/cm² como se registra en la **Tabla 70**. Concordamos con el autor en que añadir un 4% de lana de roca mejora la resistencia a compresión del concreto expuesto a altas temperaturas, ya sea al incorporarlo en relación al peso del cemento o al sustituir el agregado grueso.

Tabla 70

Resistencia a compresión del concreto expuesto a 700°C, con adición de 0° y 4° de lana de Roca.

% Adición	Patrón 0% LR	4%LR	% Mejora en la resistencia
Promedio f'c (kg/cm ²)	66,40	71,34	107,44%

Alghamdi et al. (2024) investigó la influencia de la adición de lana de roca residual en las características termo físicas, mecánicas y de resistencia al fuego de morteros a base de cemento de arcilla calcinada de piedra caliza. Tras la adición de un 5 % en peso de residuos de lana de roca respecto al peso del aglutinante, se obtuvieron mejoras significativas de alrededor del 19 % y el 21 % en la capacidad a la compresión de morteros con arenas naturales y escorias de ferrocromo, respectivamente, y se atribuyeron al mejor empaquetamiento físico. Después de la exposición al fuego estándar durante 1 h con una temperatura máxima aplicada de 945 °C, los morteros a base de cemento de arcilla calcinada mezclados con arena y escorias de ferrocromo han mantenido resistencias residuales de aproximadamente el 57,5 % y el 63,8 %, respectivamente. Para nuestra investigación el concreto con 4% de adición de lana roca mejoró la resistencia a compresión del concreto en un 7.35% y al ser expuesto hasta 700°C por un periodo de 2 horas con 50 minutos mantuvo una resistencia residual de 24.03% (71.34 kg/cm²) respecto al concreto estándar el cual mantuvo una resistencia residual de 22.39% (66.40 kg/cm²), por lo que concordamos con el autor en que las fibras de lana de roca mejoran la resistencia a compresión del concreto en condiciones normales y a alta temperatura en el porcentaje adecuado.

Brum Dutra da Rocha et al. (2020) obtuvo como resultado que la fibra de lana de roca con modificación química al ser añadido a un material mejora la relajación del estrés bajo un régimen compresivo, indica una excelente posibilidad de uso de esta fibra en materiales que trabajan bajo fuerzas de compresión. Nuestro estudio sobre la incorporación de fibra de lana de roca al concreto confirma que incrementa la resistencia a compresión del concreto convencional como se muestra en la **Tabla 71**, al adicionar un 2% de lana de roca se observó una mejora de resistencia de 2.74%, al adicionar 4% de lana de roca una mejora 7.35%, al adicionar 6% de lana de roca mejora en 1.92%, al adicionar 8% disminuye la resistencia en 0.93%, observando que existe un margen de adición donde se presenta mejora de resistencia. Para porcentajes mayores al 6% de adición se requerirán otros estudios que analicen la influencia del área específica de lana de roca en la mezcla del concreto, en consecuencia, concordamos de manera parcial con el autor que las fibras de lana de roca mejora la resistencia en materiales que trabajan a compresión con ciertos porcentajes óptimos de adición de lana de roca.

Tabla 71

Resistencia Promedio a Compresión del Concreto a los 28 días a temperatura ambiente, con adición de LR de 0,2,4,6 y 8%.

% Lana de Roca	Patrón	0% LR	2%LR	4%LR	6 %LR	8%LR
f _c		296.52	304.65	318.31	302.22	293.75
%		100.00%	102.74%	107.35%	101.92%	99.07%

França et al. (2023) elaboraron mortero con cenizas de bagazo de caña las cuales se utilizaron para sustituir el cemento Portland tipo V de referencia en los porcentajes de 10, 20 y 30% en volumen. La resistencia a la compresión de los morteros con el cemento

con ceniza de bagazo de caña de azúcar molidas y ceniza de bagazo de caña de azúcar quemadas y molidas fueron compatibles con los resultados obtenidos por el cemento Portland de referencia, independientemente de la dosificación utilizado. Para los mismos niveles de resistencia a la compresión, se redujo el consumo de cemento Portland por metro cúbico de hormigón; a partir de ahí, el coste del hormigón y del mortero se redujo en un 8%, teniendo la ceniza el mismo valor que el cemento. En contraste con nuestro estudio el costo unitario por metro cúbico del concreto se incrementó en un 30 %, esto corresponde al costo de la lana de roca utilizada como adición que tiene un costo elevado dada su poca comercialización. (S/ 138.60 por bolsa de 10 kg) sin embargo este puede ser compensado con la mayor resistencia al fuego de las estructuras que se construyan o la disminución de la cantidad de cemento para lograr la misma resistencia.

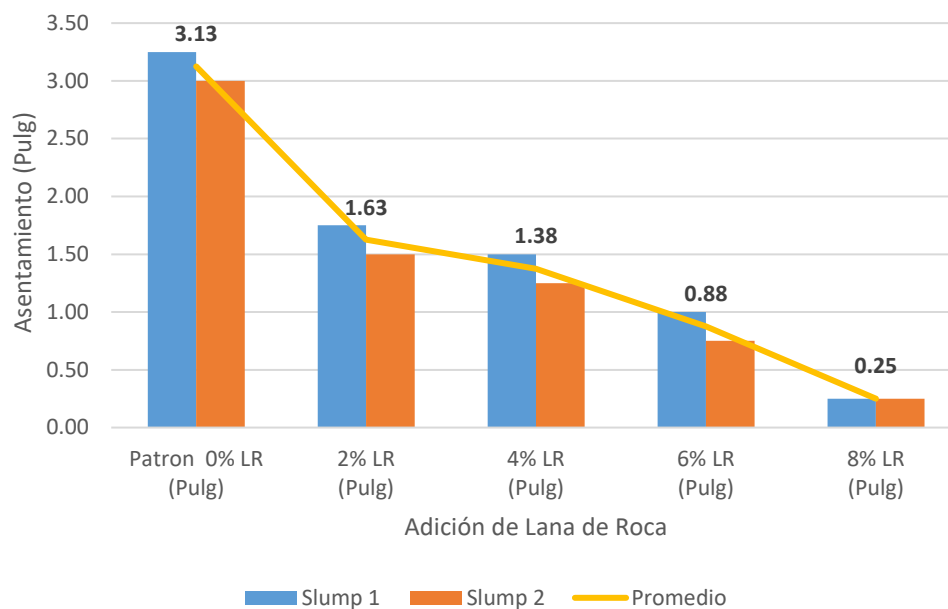
Lu et al. (2024) investigó el efecto de la dosificación de lana de roca residual sobre la trabajabilidad de los morteros reforzados con fibra de alcohol polivinílico (PVA) y acero. Los materiales utilizados en la prueba fueron cemento de silicato ordinario, residuos de lana de roca con tamaño de las partículas oscilaba entre 45 μm y 80 μm , el diámetro y la longitud de la fibra de PVA eran de 50 μm y 6 mm, y el diámetro y la longitud de la fibra de acero eran de 220 μm y 13 mm, respectivamente. Cuando la dosificación de lana de roca residual aumentó en un 5%, la dosificación de cemento se redujo en un 5% en consecuencia. Los resultados mostraron que la fluidez del mortero disminuyó gradualmente con el aumento de la dosis de lana de roca residual, con una reducción máxima del 10% a una dosis del 20%. Indicó que los residuos de lana de roca solo afectan al proceso de hidratación y promueve la hidratación del sistema de material cementoso a dosis bajas y exhibe un efecto inhibitor a dosis altas. En relación con nuestro estudio, se añadió lana de roca en proporciones del 2%, 4%, 6% y 8% del peso del cemento, se observa una relación inversa respecto a la trabajabilidad, dado que a mayor porcentaje de

adición de lana de roca se observa menor trabajabilidad, como se muestra en la **Figura 51** , esto debido al aumento de su superficie específica al adicionar lana de roca en fibras de 1 a 2mm, ya que ocurre mayor absorción de agua y reduce la humedad de la mezcla disminuyendo la consistencia que influye en el asentamiento.

En los cementos combinados, que se caracterizan por superficies específicas muy altas, puede presentarse un incremento excesivo en el contenido de agua para obtener un asentamiento determinado, lo que resulta en un aumento en la proporción de agua a cemento y disminución en la resistencia. Rivva López, p. (2013, p. 35)

Figura 51

Trabajabilidad del concreto en estado fresco con 0,2,4,6 y 8% de adición de lana de roca



De acuerdo con estos estudios y los resultados obtenidos en nuestra investigación se verifica y se acepta la hipótesis planteada **“Al adicionar un determinado porcentaje de lana de roca se mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² que fue sometido a alta temperatura (700°C), en Chimbote”**, este porcentaje

corresponde a un 4% de fibras de lana de roca añadidas en relación al peso del cemento, ya que consigue aumentar la resistencia a compresión del concreto en un 7.44% en comparación con el concreto convencional cuando es expuesto de manera gradual desde una temperatura ambiente hasta alcanzar los 700°C , en un periodo de 2 horas con 50 minutos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se adicionó el 4% de lana de roca referido al peso del cemento de la mezcla y mejoró la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² a los 28 días de edad expuesto a 700°C de temperatura, obteniendo una resistencia promedio mayor a 66.40 kg/cm² con un nivel de significancia del 5%. Existe menor pérdida de resistencia a compresión, sin embargo, el concreto ya no cumple función estructural después de ser expuesto a 700°C de temperatura en un tiempo de 2 horas con 50 minutos.
- Se elaboró muestras patrón de concreto obteniéndose una resistencia a compresión de 296.52 kg/cm² a los 28 días de edad en condiciones normales y de 66.40 kg/cm² al ser expuesto a 700°C de temperatura, observándose una pérdida de resistencia de 77.61%.
- Se elaboró muestras de concreto con adición de lana de roca del 2%, 4%,6% y 8% de lana de roca y se obtuvo una resistencia a compresión en condiciones normales de 304.65 kg/cm², 318.31 kg/cm², 302.22 kg/cm² y 293.75 kg/cm² respectivamente, a los 28 días de edad. Al ser sometidos a 700°C de temperatura se obtuvo una resistencia de 67.05 kg/cm², 71.26 kg/cm², 66.23 kg/cm² y 63.87 kg/cm², disminuyendo su resistencia en relación con las condiciones normales en 77.99%, 77.61%, 78.09% y 78.26% respectivamente.
- Se determinó que el porcentaje óptimo de adición de lana de roca para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210$ kg/cm² que ha sido sometido a 700°C es de 4% de lana de roca, respecto al peso del cemento del concreto patrón.
- Se realizó una muestra de 40 probetas con adición del porcentaje óptimo de 4% de lana de roca, se sometió a 700°C de temperatura y se determinó su resistencia. Evaluando con los métodos estadísticos se probó con un nivel de confianza del 95% que se obtendrá un promedio de resistencia a compresión de 71.34 kg/cm²,

observándose una mejora de resistencia de 7.44% con respecto al concreto patrón que alcanzó una resistencia de 66.40 kg/cm² en las mismas condiciones de edad y temperatura.

- Se determinó un costo unitario por m³ del concreto $f'c = 210$ kg/cm² de 746.94 Soles y con 4% de adición de lana de roca un costo de 974.39 soles, determinándose un incremento del 30% en costo. El costo incluye mano de obra, materiales, equipos y herramienta manuales.
- Se evaluó el asentamiento del concreto para adición de lana de roca de 0%, 2%, 4%, 6% y 8% obteniéndose un promedio de 3.13 pulgadas, 1.63 pulgadas, 1.38 pulgadas, 0.88 pulgadas y 0.25 pulgadas respectivamente, determinándose que a mayor porcentaje de adición de lana de roca disminuye el asentamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los tesisistas e investigadores lo siguiente:

- Emplear la curva de aplicación de temperatura estándar de resistencia al fuego ISO 834 para evaluar la variación de resistencia del concreto y comparar con otros estudios previos, para alcanzar la temperatura deseada en el tiempo establecido por la curva.
- Evaluar la influencia del área específica de las fibras de lana de roca en la mezcla, variando la longitud de las fibras, determinar el porcentaje de absorción de agua y su consecuencia en la trabajabilidad (slump).
- Proteger las paredes del horno en el cual se van a colocar las probetas para evitar daños por desprendimiento del concreto cuando estas sean expuestas a elevadas temperaturas, y a su vez usar implementos de seguridad adecuados.
- Realizar otras investigaciones con adición de lana de roca para evaluar otras características del concreto como la resistencia a la flexión y la tensión y observaciones de fisuras y explosión del concreto a alta temperatura.
- Realizar estudios que den como resultado una mejora de la resistencia del concreto posterior a ser sometido a elevadas temperaturas, debido a que son investigaciones que no cuentan con muchos antecedentes en nuestro país.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO (TEORIA Y PROBLEMAS)*.
- ACI Committee 214. (2011). *214R-11: Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. American Concrete Institute.
- Alaskar, A., Albidah, A., Alqarni, A. S., Alyousef, R., & Mohammadhosseini, H. (2021). Performance evaluation of high-strength concrete reinforced with basalt fibers exposed to elevated temperatures. *Journal of Building Engineering*, 35, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102108>
- Alghamdi, H., Shoukry, H., Hossain, M. U., Perumal, P., Adediran, A., Abadel, A. A., & Youssef, A. S. (2024). Reuse of waste rockwool for improving the performance of LC3-based mortars made with natural and recycled aggregates for sustainable building solutions. *Journal of Building Engineering*, 93, 109881. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109881>
- American Concrete Institute ACI 211.1. (2022). Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete Guide. In *American Concrete Institute*. www.concrete.org
- Bahrami, A., & Nematzadeh, M. (2021). Effect of Rock Wool Waste on Compressive Behavior of Pumice Lightweight Aggregate Concrete After Elevated Temperature Exposure. *Fire Technology*, 57(3), 1425–1456. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01070-1>
- Barrett, P. (2022, June 18). *Una guía completa para el aislamiento de lana mineral: beneficios, aplicaciones y rendimiento*. Rockwool.

<https://www.rockwool.com/uk/advice-and-inspiration/blog/what-is-mineral-wool-insulation/>

Brum Dutra da Rocha, E., de Sousa, A. M. F., & Furtado, C. R. G. (2020). Properties Investigation of novel nitrile rubber composites with rockwool fibers. *Polymer Testing*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106291>

Castro Montoya, D. V. (2019). *Comportamiento Del Concreto A Altas Temperaturas Con Material Reciclado: Polvo De Caucho Y Vidrio Sódico Cálxico*.

Choque Yucra, C. I., & Paye Nina, Y. M. (2019). *Evaluación De Las Propiedades Mecánicas Del Concreto Reforzado Con Fibra De Vidrio A Elevadas Temperaturas*.

Cruz León, A. M. G., & Vásquez Días, A. R. (2019). *Influencia De La Relación Agua – Cemento, Tipo De Aditivo Impermeabilizante Y De Cemento En La Resistencia A Compresión Y Permeabilidad En Un Concreto Para Estructuras Hidráulicas, Trujillo, 2018*.

Da Silva, C., Godinho, D. S. S., Ribeiro, A., Ferronato, A., dos Santos Neto, A. B. S., & Angioletto, E. (2020). Influence of substitution of Portland cement CP-II-Z32 by refractory cement on residual properties of high-temperature concrete. *Ceramica*, 66(379), 330–339. <https://doi.org/10.1590/0366-69132020663792913>

Dawood, E. T., Alattar, A. A., Abbas, W. A., & Mohammad, Y. Z. (2020). Behavior of foamed concrete reinforced with hybrid fibers and exposed to elevated temperatures. *SN Applied Sciences*, 2(1). [https://doi.org/10.1007/s42452-019-1856-](https://doi.org/10.1007/s42452-019-1856-7)

- Dhanabal, P., & Sushmitha, K. S. (2021). Effect of iron ore tailing and glass powder on concrete properties. *Ingeniería de Construcción*, 37(1), 47–57. www.ricuc.cl
- Enrique Peraza, J., Camacho Atalaya, A., Bobadilla Maldonado, I., Esteban Herrero, M., Luengo Cuadrado, E., & Fonseca Gallego, M. (2019). La madera y su resistencia al fuego 2. *Boletín de Información Técnica AITIM*, 1–84. www.aitim.es
- Ferrández, D., Álvarez, M., Saiz, P., & Zaragoza-Benzal, A. (2022). Recovery of Mineral Wool Waste and Recycled Aggregates for Use in the Manufacturing Processes of Masonry Mortars. *Processes*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/pr10050830>
- França, S., Sousa, L. N., Saraiva, S. L. C., Ferreira, M. C. N. F., Silva, M. V. de M. S., Gomes, R. C., Rodrigues, C. de S., Aguilar, M. T. P., & Bezerra, A. C. da S. (2023). Feasibility of Using Sugar Cane Bagasse Ash in Partial Replacement of Portland Cement Clinker. *Buildings*, 13(4), 843. <https://doi.org/10.3390/buildings13040843>
- Gallardo Guerrero, W. J., & Bravo Chávez, A. N. (2023). Desempeño del concreto con nanosílice como sustituto parcial del cemento y lana de roca como sustituto parcial del agregado grueso [Universidad Señor de Sipán]. In *Repositorio Institucional - USS*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11381>
- García Villanueva, L. A., Montijo Muñoz, G. A., Salazar Trujillo, D., & Sánchez Domínguez, O. C. (2020). *Apuntes Materiales Peligrosos*. <http://www.ingenieria.unam.mx/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la Investigación*.

- Hualancho Paredes, J., & Torres Morales, A. E. (2019). *Utilización De Cepa De Plátano, Como Adición En La Mejora De Las Propiedades Físicas Y Mecánicas Del Concreto En Nuevo Chimbote - Santa - Ancash.*
- Kosmatka, S. H. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Portland Cement Association.
- Li, Y., & Zhang, D. (2021). Effect of lateral restraint and inclusion of polypropylene and steel fibers on spalling behavior, pore pressure, and thermal stress in ultra-high-performance concrete (UHPC) at elevated temperature. *Construction and Building Materials*, 271, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121879>
- Lopez Padilla, P. R., & Apaestegui Huaman, L. A. (2020). *Diseño Sísmico En Edificio Nicolini Malvinas Empleando Concreto $f'c=210\text{kg/Cm}^2$ Con Agregado De Lana De Roca, Sometido A Fuego, Lima-2020.*
- López Sumarriva, R. S. (2024). *Evaluación del comportamiento del concreto de alto desempeño $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$ expuesto a altas temperaturas a esfuerzo de compresión y tracción.* <https://hdl.handle.net/20.500.14512/801>
- Lu, S., Cheng, J., Zhu, Z., Yan, L., Wang, Y., Xu, L., & Deng, M. (2024). Study on the Influence of Waste Rock Wool on the Properties of Cement Mortar under the Dual Fiber Effect of Polyvinyl Alcohol Fibers and Steel Fibers. *Materials*, 17(14), 3416. <https://doi.org/10.3390/ma17143416>
- Malik, M., Bhattacharyya, S. K., & Barai, S. V. (2021). Thermal and mechanical properties of concrete and its constituents at elevated temperatures: A review. *Construction and Building Materials*, 270, 121398. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121398>

- Mathews, M. E., Kiran, T., Hasa Naidu, V. C., Jeyakumar, G., & Anand, N. (2021). Effect of high-temperature on the mechanical and durability behaviour of concrete. *Materials Today: Proceedings*, 42, 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.153>
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). *Diseño de concreto reforzado* (10th ed.). Alfaomega Grupo editor S.A.
- Ramos Salazar, J. (2015). *Costos y presupuestos en edificaciones*.
- Raza, S. S., Qureshi, L. A., & Ali, B. (2020). Residual mechanical strength of glass fiber reinforced reactive powder concrete exposed to elevated temperatures. *SN Applied Sciences*, 2(9). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03412-8>
- Rivva López, E. (2013). *Diseño de Mezcla* (2nd ed.). IMPRENTA WILLIAMS E.I.R.L.
- Santiago Vásquez, M. K. (2022). *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $F_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero luego de exponer al fuego - Huánuco-2021*. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7746>
- Solís Carcaño, R. G., & Alcocer Fraga, M. Á. (2019). Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(4), 1–13. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039>
- Vicuña Estrella, A. M. (2018). *Análisis De La Variación De La Resistencia A La Compresión En Relación De Agua/Cemento En La Ciudad De Chaupimarca-Pasco –2018*.
- Yap, Z. S., A. Khalid, N. H., Haron, Z., Khu, W. H., Yeak, S. H., & Amran, M. (2022). Rock wool-reinforced concrete: Physico-mechanical properties and predictive

modelling. *Journal of Building Engineering*, 59, 105128.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105128>

Yap, Z. S., Khalid, N. H. A., Haron, Z., Mohamed, A., Tahir, M. M., Hasyim, S., & Saggaff, A. (2021a). Waste mineral wool and its opportunities—a review. *Materials*, 14(19), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma14195777>

Yap, Z. S., Khalid, N. H. A., Haron, Z., Mohamed, A., Tahir, M. M., Hasyim, S., & Saggaff, A. (2021b). Waste mineral wool and its opportunities—a review. *Materials*, 14(19), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma14195777>

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. ANEXOS

7.1.1. ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO TIPO I



Planta: Pacasmayo

11 de agosto de 2023

Cemento Tipo I Tipo I - Cemento Portland de Uso General

Periodo de despacho 01 de julio de 2023 - 31 de julio de 2023

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.0
SO ₃ (%)	3.00 máx.	2.77
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	2.8
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7
Álcalis Equivalentes (%)	A	0.8

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3940
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.09
Densidad (g/cm ³)	A	3.09
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	A	14.7
3 días	12.0 mín.	28.2
7 días	19.0 mín.	34.3
28 días *	28.0 mín.	41.5
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	125
Final	375 máx.	250
Expansión de la barra de mortero 14 días (%)	0.020 máx.	0.005

A No especifica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de junio del 2023

El (la) Expansión barra de mortero a 14 días corresponde al mes de junio del 2023

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2022.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

7.1.2. ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO TIPO I

CEMENTO TIPO I

“ESTRUCTURAL”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

USOS

- Cemento de uso general.

ATRIBUTOS

Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas

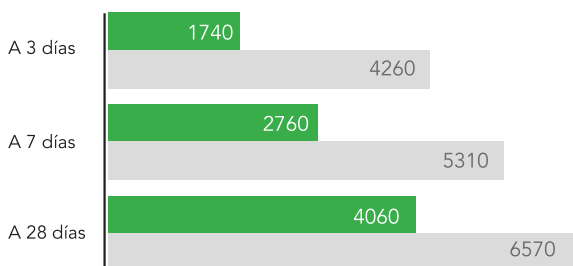


Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



*Requisito opcional.

Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150

Cemento Tipo I Estructural

Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

**7.1.3. ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE LA LANA DE ROCA
PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE**

POWER-TEK LW STD



Abril 2020

RANGO DE APLICACIÓN

DESCRIPCIÓN



Power-teK LW STD es borra de lana mineral exenta de ligante. Es incombustible, con excelentes propiedades térmicas y acústicas. Ideal para ser utilizada como relleno aislante de cavidades de difícil acceso.

PRESTACIONES

Temperatura máxima de servicio	660 °C (EN 14706)
Reacción al fuego	A1 (EN 13501-1)
Declaración de Prestaciones	http://dopki.com/T4305XP

* Para obtener información más detallada acerca de la DoP, puede consultar la etiqueta del producto

Denominación	Signo	Descripción / datos							Unidad	Norma
Conductividad térmica según temperatura	θ	50	100	200	300	400	500	600	°C	EN 12667
	λ	0.041	0.049	0.067	0.090	0.120	0.156	0.205	W/(mK)	
Contenido de iones cloruro solubles en agua (Calidad AS)	-	≤ 10							ppm	EN 13468
Absorción de agua	W _p	≤ 1							kg/m ²	EN 1609
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua	μ	1							-	EN 14303
Sin sílicona	-	Sin emisiones por sustancias químicas que eviten la adherencia de pintura							-	-
Punto de fusión de las fibras	θ	≥ 1000							°C	DIN 4102-17
Capacidad térmica específica	C _p	1030							J/(kgK)	EN ISO 10456

Las propiedades técnicas declaradas de los materiales se obtienen durante el proceso de producción y se garantizan mediante el control de producción en fábrica de acuerdo con las normas Europeas en el momento de la fabricación. Siguiendo las instrucciones de la guía de almacenamiento y manipulación mantendrán las prestaciones de los productos dentro de las tolerancias declaradas.

CERTIFICADOS



challenge.
create.
care.



INFORMACIÓN ADICIONAL

Aplicación

Hornos, Relleno de cavidades de difícil acceso, Silenciadores de escape, Colchonetas, Equipos de instalaciones industriales
El producto está recomendado para el aislamiento térmico, acústico y protección a fuego para las aplicaciones definidas dentro del aislamiento técnico.

Manipulación

Los productos Knauf Insulation son fáciles de manipular y de instalar. Se suministran protegidos mediante embalajes reciclables, guardando el equilibrio entre la protección durante su transporte, manipulación y la sostenibilidad. El embalaje no está diseñado para su almacenamiento a largo plazo o para su exposición a condiciones climáticas adversas. Encontrará información más detallada sobre los productos en cada paquete.

Almacenaje

Para una protección in situ a largo plazo, se recomienda almacenar el producto en espacios interiores o bajo cubierta y no almacenar en contacto directo con el suelo, durante un período máximo de 6 meses a partir de la fecha de entrega. Si el almacenamiento bajo cubierta no fuera posible, los productos se pueden almacenar en el exterior manteniendo el embalaje original y por un período máximo de un mes. No se recomienda almacenar al aire libre durante los meses particularmente húmedos o con grandes fluctuaciones de temperatura.

Dimensiones estándar *

Bolsa	10 kg
Bolsas/palet	40

* Disponibles otros formatos bajo demanda.

NORMAS ISO

Los productos de Knauf Insulation son fabricados conforme a cuatro de las Normas internacionales más importantes para la gestión de la sostenibilidad ISO 9001 (Gestión de calidad), ISO 14001 (Gestión Medioambiental), ISO 50001 (Gestión de energía) y ISO 45001 (Gestión de salud y seguridad), todas certificadas por Tuv Nord.

Knauf Insulation d.o.o

Varaždinska 140
42220 Novi Marof
Croacia

Todos los derechos reservados, incluidos los de la reproducción fotomecánica y el almacenamiento en medios electrónicos. Queda prohibido el uso comercial de los procesos y actividades presentados en este documento. La recopilación de la información, los textos y las ilustraciones que figuran en este documento se ha llevado a cabo con extremo cuidado. No obstante, no es posible descartar por completo los errores. La editorial y los editores no pueden asumir ninguna responsabilidad jurídica ni civil por la información incorrecta y sus consecuencias. La editorial y los editores agradecerán cualquier sugerencia de mejora y cualquier notificación de errores detectados.

7.1.4. ANEXO 4: ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C136/C136M – 14

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
1 1/2"	37,50	796,08	796,08	0	0,00	0,00	100,0
1"	25,00	478,92	691,44	212,52	8,02	8,02	92,0
3/4"	19,00	485,49	2325,42	1839,93	69,43	77,45	22,5
1/2"	12,50	527,33	1124,84	597,51	22,55	100,00	0,0
3/8"	9,50	792,00	792,00	0	0,00	100,00	0,0
Nº 4	4,75	711,04	711,04	0	0,00	100,00	0,0
BC	0,00	483,71	483,71	0	0,00	100,00	0,0
TOTAL				2649,96	100,00		

Tamaño Máximo Nominal 3/4"

Tamaño Máximo 1"

TABLA 2: REQUERIMIENTOS DE TAMIZADO EN AGREGADOS GRUESOS

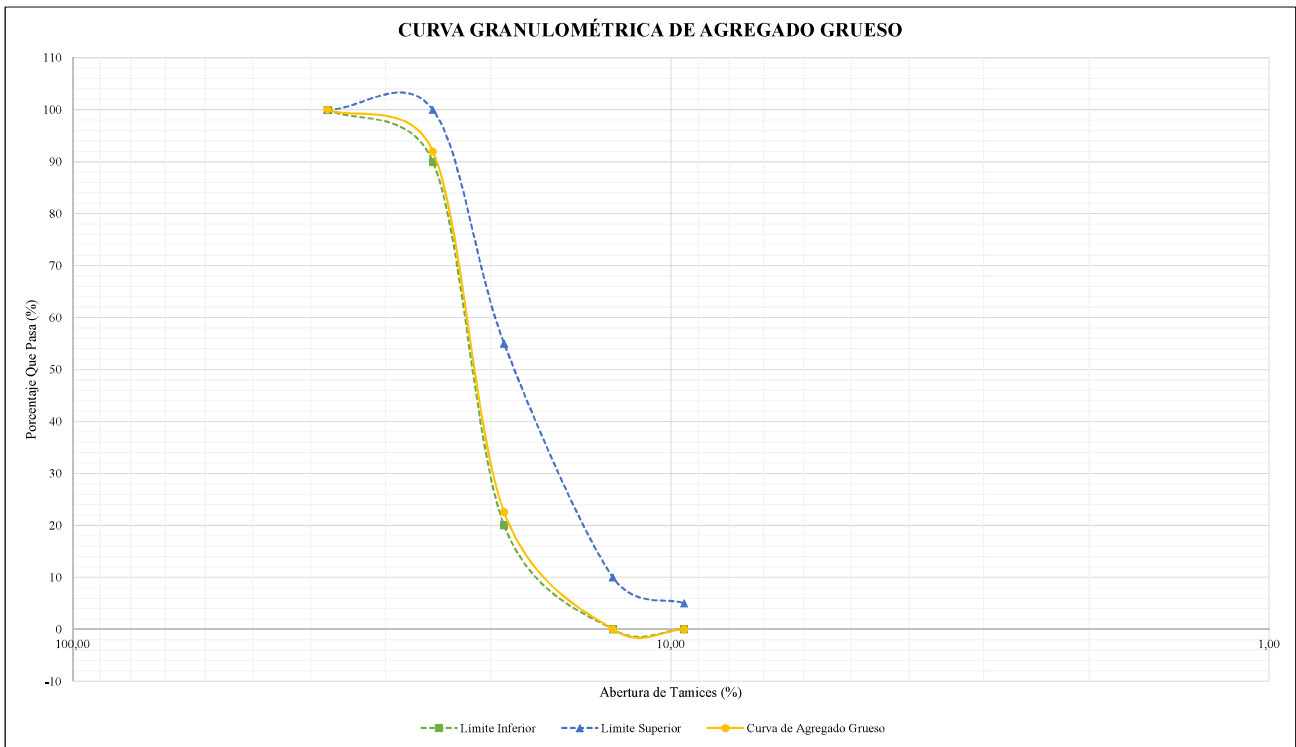
Cantidades más finas que Cada Tamiz de Laboratorio (Abertura Cuadrada).

Número De Tamizado	Tamaño Nominal (Tamiz con abertura cuadrada)	Porcentaje Masa														
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 5/8 pulg)	75 mm (3 pulg)	60 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)		
1	90 a 37,5 mm	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37,5 mm	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4,75 mm	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 a 19 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 a 4,75 mm	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 12,5 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25 a 9,5 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25 a 4,75 mm	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19 a 9,5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19 a 4,75 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 a 4,75 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 a 2,36 mm	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5	...

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33

HUSO 5

TAMIZ	Limite Inferior (%)	% Que Pasa	Limite Superior (%)
1 1/2"	37,50	100,00	100
1"	25,00	91,98	100
3/4"	19,00	22,55	55
1/2"	12,50	0	10
3/8"	9,50	0,00	5
Nº 4	4,75	0,00	0



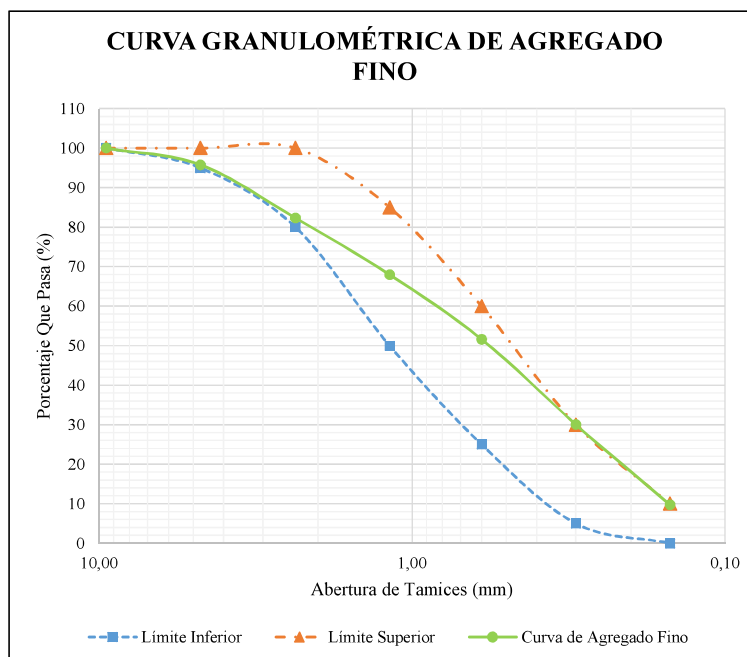
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO ASTM C136/C136M – 14

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
3/8"	9,50	791,97	791,97	0,00	0,00	0,00	100,00
Nº 4	4,75	710,83	751,85	41,02	4,21	4,21	95,79
Nº 8	2,36	650,31	781,17	130,86	13,45	17,66	82,34
Nº 16	1,18	584,11	724,1	139,99	14,38	32,04	67,96
Nº 30	0,60	368,81	527,57	158,76	16,31	48,36	51,64
Nº 50	0,30	549,76	759,9	210,14	21,59	69,95	30,05
Nº 100	0,15	308,82	506,68	197,86	20,33	90,28	9,72
BC	0,00	483,58	578,21	94,63	9,72	100,00	0,00
TOTAL				973,26	100,00		

Módulo de Finura	2,62
-------------------------	-------------

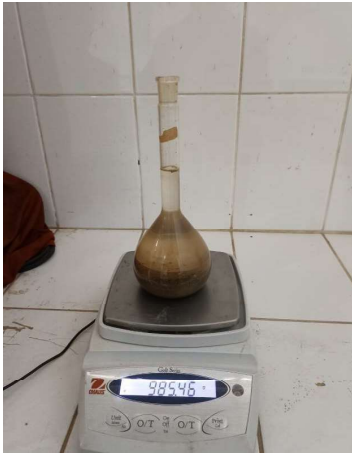
Según ASTM C136
2.3 < MF < 3.1


AG.Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Pulg.	mm			
3/8"	9,50	100	100	100
Nº 4	4,75	95	96	100
Nº 8	2,36	80	82	100
Nº 16	1,18	50	68	85
Nº 30	0,60	25	52	60
Nº 50	0,30	5	30	30
Nº 100	0,15	0	10	10



7.1.5. ANEXO 5: ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS


PESO ESPECIFICO NOMINAL Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO				
NORMA		ASTM C-128/ AASHTO T 84		
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca		gr	500.36
C	Peso de fiola Aforado + Muestra Saturada Superficialmente Seca +Agua		gr	985.46
A	Peso al aire de la muestra desecada		gr	491.92
B	Peso de fiola Aforado Lleno de Agua		gr	670.64
Peso Especifico Nominal		(A)/(B+S-C)	gr/cm3	2.78
Absorción		((S-A)/A)X100	%	1.72



PESO ESPECIFICO NOMINAL Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO				
NORMA		ASTM C-127/ AASHTO T 85		
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca		gr	3646.14
C	Peso Sumergido en agua, de la muestra saturada		gr	2381.00
A	Peso en el aire de la muestra Seca		gr	3640.87
Peso Especifico Nominal		$A/(A-C)$	gr/cm ³	2.89
Absorción		$((B-A)/A) \times 100$	%	0.14


**7.1.6. ANEXO 6: ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS
AGREGADOS**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO								
NORMA		ASTM D 2216-10						
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"						
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	CODIGO DE MUESTRA				
				A	B	C	D	
Mr(1)	Peso de la tara		gr	27.270	27.111	26.926	27.618	
Mrmh (2)	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	83.854	99.448	102.648	114.652	
Mrms(3)	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	83.223	98.647	101.836	113.723	
W%	Contenido de Humedad Total Evaporable	$100 \times ((2-3)/(3-1))$	%	1.128	1.120	1.084	1.079	
Contenido de Humedad Total Evaporable Promedio del Agregado Fino				1.10%				

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO								
NORMA		ASTM D 2216-10						
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"						
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	CODIGO DE MUESTRA				
				A	B	C	D	
Mr(1)	Peso de la tara		gr	27.057	27.210	27.026	27.075	
Mrmh (2)	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	108.456	92.288	123.863	117.862	
Mrms(3)	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	108.310	92.186	123.492	117.646	
W%	Contenido de Humedad Total Evaporable	$100 \times ((2-3)/(3-1))$	%	0.180	0.157	0.385	0.238	
Contenido de Humedad Total Evaporable Promedio del Agregado Grueso				0.24%				


**7.1.7. ANEXO 7: ENSAYO PESO UNITARIO SUELTO Y
COMPACTADO DE LOS AGREGADOS**


AGREGADO FINO SECADO AL HORNO

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO FINO						
NORMA		ASTM C- 29				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"				
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm3	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9015.00	9035.00	9010.00
	Peso Unitario Seco Suelto	$((C-A)/B) \times 1000$	kg/m3	1583.87	1590.93	1582.10
Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino			kg/m3	1585.63		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO						
NORMA		ASTM C- 29				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"				
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm3	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9660.00	9600.00	9620.00
	Peso Unitario Seco Compactado	$((C-A)/B) \times 1000$	kg/m3	1811.65	1790.46	1797.52
Peso Unitario Seco compactado del agregado fino			kg/m3	1799.87		

AGREGADO GRUESO SECADO AL HORNO

PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO						
NORMA		ASTM C- 29				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"				
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm3	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	8535.00	8460.00	8410.00
	Peso Unitario Seco Compactado	$((C-A)/B) \times 1000$	kg/m3	1414.35	1387.87	1370.21
Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso			kg/m3	1390.81		

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO						
NORMA		ASTM C- 29				
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA		Cantera "La Sorpresa"				
CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm3	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9035.00	9000.00	9075.00
	Peso Unitario Seco Compactado	$((C-A)/B) \times 1000$	kg/m3	1590.93	1578.57	1605.05
Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso			kg/m3	1591.52		

7.1.8. ANEXO 8: ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO ACI
211

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Método de Diseño del Comité 211 del ACI



I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia Mínima de Diseño a los 28 días es de 210 Kg/cm^2 , se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Tipo I.

Peso Específico 3.09 gr/cm^3

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa (Cantera La Sorpresa)

Peso Específico Nominal 2.78 gr/cm^3

Absorción 1.72%

Contenido de Humedad 1.10%

Módulo de Fineza 2.62

Peso Unitario Suelto 1586 Kg/m^3

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Chancada (Cantera la Sorpresa)

Tamaño Máximo Nominal $3/4''$

Peso Seco Varillado 1592 Kg/m^3

Peso Específico Nominal 2.89 gr/cm^3

Absorción 0.14%

Contenido de Humedad 0.24%

Peso Unitario Suelto 1391 Kg/m^3

1.2.4. Agua:

Agua Potable de la zona.

II. SECUENCIA DE DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia ($f'cr$):

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se tiene que:

$$f'cr = f'c + 84 \text{ Kg/cm}^2$$

Entonces: $f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$

2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de $3/4''$

2.3. Selección del Asentamiento:

El presente diseño se hizo para una mezcla plástica con un asentamiento de $3''$ a $4''$.

2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de $3''$ a $4''$ de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de

$3/4''$, el volumen unitario de agua es de 205 Lt/m^3 .

**2.5. Contenido de Aire:**

Se considera 2.00 % de aire atrapado en relación al tamaño Máximo Nominal

2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño $f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$ sin aire incorporado,
la relación agua - cemento es de 0.55 por Resistencia

2.7. Factor Cemento:

$$205.00 / 0.55 = 372.73 \text{ Kg/m}^3 = 8.77 \text{ Bls/m}^3.$$

2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de finza de 2.62 y un tamaño máximo nominal de
3/4" le corresponde un volumen unitario de 0.64 m^3 de agregado
grueso varillado por unidad de volumen de concreto.

$$\text{Peso del Agregado Grueso} = 0.64 \times 1592 = 1018.57 \text{ Kg/m}^3$$

2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	$372.73 / (3.09 \times 1000) =$	0.121 m^3
Agua	$205.00 / (1.00 \times 1000) =$	0.205 m^3
Aire Atrapado	2.00 % =	0.020 m^3
Agregado Grueso	$1018.57 / (2.89 \times 1000) =$	0.352 m^3
Total	=	0.698 m^3

2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &: 1.00 - 0.698 = 0.302 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} &: 0.302 \times 2.78 \times 1000 = 839.36 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2.11 Valores de Diseño:

Cemento	372.73 Kg/m^3
Agua de Diseño	205.00 Lt/m^3
Agregado Fino Seco	839.36 Kg/m^3
Agregado Grueso Seco	1018.57 Kg/m^3

**2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:**

Agregado Fino	$839.36 \times 1.0110 =$	848.60	Kg/m^3
Agregado Grueso	$1018.57 \times 1.0024 =$	1021.02	Kg/m^3

Humedad Superficial de:

Agregado Fino	$1.10 - 1.72 =$	-0.62	%
Agregado Grueso	$0.24 - 0.14 =$	0.10	%

Aporte de Humedad de los Agregados:

Agregado Fino	$839.36 \times (-0.0062) =$	-5.20	Lt/m^3
Agregado Grueso	$1018.57 \times (0.0010) =$	1.02	Lt/m^3
Total	$=$	-4.19	Lt/m^3

$$\text{Agua Efectiva} \quad 205.00 - (-4.19) = 209.19 \text{ Lt/m}^3$$

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

Cemento	372.73 Kg/m^3
Agua Efectiva	209.19 Lt/m^3
Agregado Fino Húmedo	848.60 Kg/m^3
Agregado Grueso Húmedo	1021.02 Kg/m^3

C AF AG A

2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$$372.73 / 372.73 : 848.60 / 372.73 : 1021.02 / 372.73 \quad \mathbf{1 : 2.28 : 2.74 / 0.56}$$

2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	$1.00 \times 42.5 =$	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	$0.56 \times 42.5 =$	23.85	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	$2.28 \times 42.5 =$	96.76	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	$2.74 \times 42.5 =$	116.42	Kg/saco

2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	$848.60 \times 35.31 / 1586 =$	18.90	Kg/pie^3
Agregado Grueso Húmedo	$1021.02 \times 35.31 / 1391 =$	25.92	Kg/pie^3

2.16 Dosificación en Volumen (Agregados en estado Suelto):

Cemento	$8.77 / 8.77 =$	1.00	pie^3
Agregado Fino Húmedo	$18.90 / 8.77 =$	2.15	pie^3
Agregado Grueso Húmedo	$25.92 / 8.77 =$	2.96	pie^3
Agua de Mezcla	$209.19 / 8.77 =$	23.85	Lt/bolsa

SE RECOMIENDA USAR : 1: 2.15 : 2,96 / 23,85 Lt/bl

7.1.9. ANEXO 9: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE PROBETAS PATRÓN

ICCSA INGENIEROS SAC

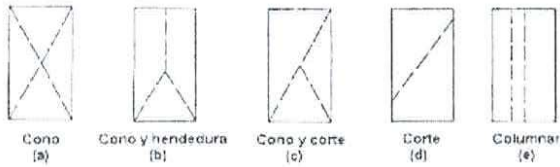
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 11 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 0%LR - 7D	04/09/2023	11/09/2023	7	44000	181.55	210	242.35	115.41	D
2	T02 - 0%LR - 7D	04/09/2023	11/09/2023	7	42520	181.39	210	234.42	111.63	C



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536

ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.

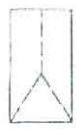
FECHA : 15 DE SEPTIEMBRE DEL 2023

SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 0%LR - 14D	04/09/2023	18/09/2023	14	47490	179.36	210	264.77	126.08	D
2	T02 - 0%LR - 14D	04/09/2023	18/09/2023	14	50640	181.53	210	278.96	132.84	D



Cono (a)



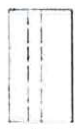
Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
RIVASPLATA VÁSQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 0%LR - 21D	04/09/2023	25/09/2023	21	52620	179.36	210	293.37	139.70	e
2	T02 - 0%LR - 21D	04/09/2023	25/09/2023	21	51640	181.46	210	284.58	135.52	e



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

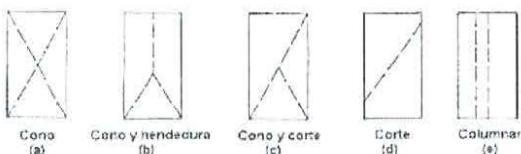
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
FECHA : 2 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 0%LR - 28D	04/09/2023	02/10/2023	28	55180	180.51	210	305.70	145.57	e
2	T02 - 0%LR - 28D	04/09/2023	02/10/2023	28	52070	181.22	210	287.33	136.82	e



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAJIDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata Vasquez Victor Octavio
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



**7.1.10. ANEXO 10: RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN
DE PROBETAS CON ADICIÓN DE LANA DE ROCA**

ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

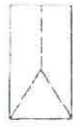
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 13 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 2%LR - 7D	06/09/2023	13/09/2023	7	45850	179.08	210	256.03	121.92	C
2	T02 - 2%LR - 7D	06/09/2023	13/09/2023	7	44660	179.08	210	249.39	118.76	E



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata Vasquez Victor Octavio
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

NR PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 2%LR - 14D	06/09/2023	20/09/2023	14	45740	177.90	210	257.12	122.44	b
2	T02 - 2%LR - 14D	06/09/2023	20/09/2023	14	45880	177.19	210	258.94	123.30	e



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

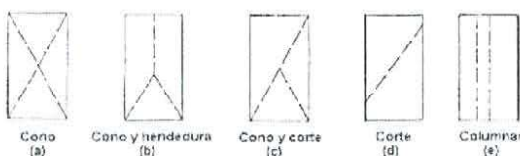
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
 FECHA : 27 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 2%LR - 21D	06/09/2023	27/09/2023	21	54240	179.08	210	302.88	144.23	e
2	T02 - 2%LR - 21D	06/09/2023	27/09/2023	21	52480	180.56	210	290.64	138.40	e



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAIDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata Vasquez
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 04 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 2%LR - 28D	06/09/2023	04/10/2023	28	55360	181.58	210	304.88	145.18	e
2	T02 - 2%LR - 28D	06/09/2023	04/10/2023	28	54840	180.15	210	304.42	144.96	c



Cono
(a)



Cono y hendidura
(b)



Cono y corte
(c)



Corte
(d)



Columnar
(e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAJIDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

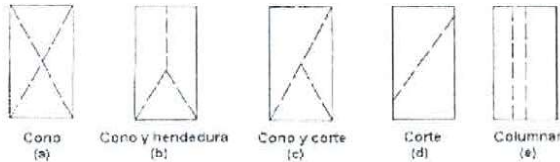
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 12 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 4%LR - 7D	05/09/2023	12/09/2023	7	46800	179.08	210	261.34	124.45	E
2	T02 - 4%LR - 7D	05/09/2023	12/09/2023	7	46110	179.08	210	257.48	122.61	E



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

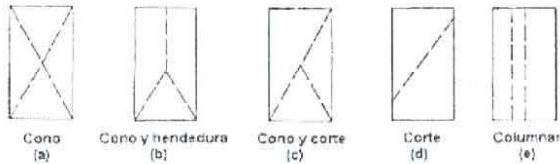
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 4%LR - 14D	05/09/2023	19/09/2023	14	48900	176.72	210	276.72	131.77	d
2	T02 - 4%LR - 14D	05/09/2023	19/09/2023	14	46800	176.95	210	264.48	125.94	e



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata Vasquez Victor Octavio
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

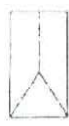
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
FECHA : 26 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 4%LR - 21D	05/09/2023	26/09/2023	21	53430	176.72	210	302.35	143.98	b
2	T02 - 4%LR - 21D	05/09/2023	26/09/2023	21	51080	181.46	210	281.50	134.05	c



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Acceptado
RIVASPLATA YASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

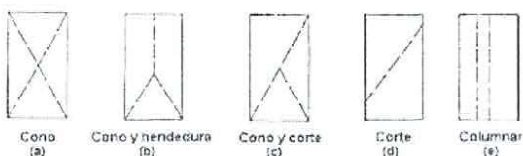
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 03 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 4%LR - 28D	05/09/2023	03/10/2023	28	58260	181.70	210	320.64	152.69	d
2	T02 - 4%LR - 28D	05/09/2023	03/10/2023	28	57280	181.22	210	315.97	150.46	b



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata V.
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

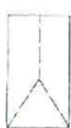
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 6%LR - 7D	08/09/2023	15/09/2023	7	48160	181.21	210	265.77	126.56	e
2	T02 - 6%LR - 7D	08/09/2023	15/09/2023	7	48410	181.65	210	266.50	126.91	c



Cono
(a)



Cono y hendadura
(b)



Cono y corte
(c)



Corte
(d)



Columnar
(e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata Vasquez
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

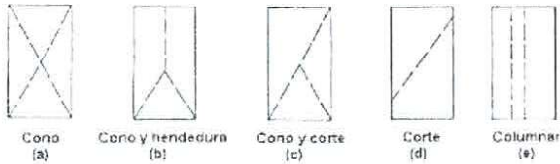
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 6%LR - 14D	08/09/2023	22/09/2023	14	48090	177.42	210	271.05	129.07	c
2	T02 - 6%LR - 14D	08/09/2023	22/09/2023	14	48870	181.84	210	268.75	127.98	d



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 6%LR - 21D	08/09/2023	29/09/2023	21	48860	179.82	210	271.72	129.39	e
2	T02 - 6%LR - 21D	08/09/2023	29/09/2023	21	50390	181.65	210	277.40	132.10	D



Cono (a)



Cono y hendadura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Computal
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 06 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 6%LR - 28D	08/09/2023	06/10/2023	28	53310	176.72	210	301.67	143.65	b
2	T02 - 6%LR - 28D	08/09/2023	06/10/2023	28	54220	179.08	210	302.77	144.18	b



Cono
(a)



Corte y fendecura
(b)



Cono y corte
(c)



Corte
(d)



Columnar
(e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAJIDOS POR EL SOLICITANTE

ICCSA INGENIEROS SAC

auspitu.
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

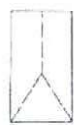
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 8%LR - 7D	07/09/2023	14/09/2023	7	46140	181.46	210	254.27	121.08	e
2	T02 - 8%LR - 7D	07/09/2023	14/09/2023	7	48100	182.61	210	263.41	125.43	d



Cono (a)



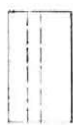
Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata Vasquez Victor Octavio
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

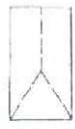
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 15 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
2	T01 - 8%LR - 14D	07/09/2023	21/09/2023	14	48090	177.66	210	270.69	128.90	e
2	T02 - 8%LR - 14D	07/09/2023	21/09/2023	14	50790	181.12	210	280.41	133.53	d



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata V.
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

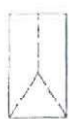
ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 28 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
2	T01 - 8%LR - 21D	07/09/2023	28/09/2023	21	50660	179.32	210	282.52	134.53	d
2	T02 - 8%LR - 21D	07/09/2023	28/09/2023	21	52090	181.21	210	287.46	136.89	e



Cono
(a)



Cono y hendidura
(b)



Cono y corte
(c)



Corte
(d)



Columnar
(e)

(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata V.
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

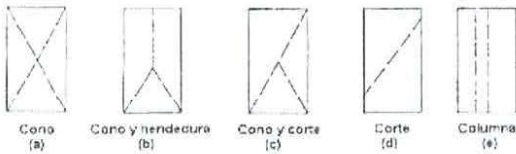
PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
FECHA : 05 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 8%LR - 28D	07/09/2023	05/10/2023	28	51080	177.66	210	287.52	136.91	e
12	T02 - 8%LR - 28D	07/09/2023	05/10/2023	28	53720	179.08	210	299.98	142.85	e



(*)LOS TESTIGOS FUERON ELABORADOS Y TRAÍDOS POR EL SOLICITANTE



ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



**7.1.11. ANEXO 11: RESULTADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE
PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN Y CON ADICIÓN DE LANA DE ROCA,
SOMETIDAS A ALTA TEMPERATURA**

ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE
GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICIÓN DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA,
EN CHIMBOTE

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
FECHA : 08 DE OCTUBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTEN CIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01 - 0%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	12579	181.46	210	69.32	33.01	e
2	T02 - 0%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	11395	179.51	210	63.48	30.23	e
3	T01 - 2%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	12327	180.72	210	68.21	32.48	b
4	T02 - 2%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	11898	180.55	210	65.90	31.38	b
5	T01 - 4%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	13709	183.37	210	74.76	35.60	d
6	T02 - 4%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	12339	182.10	210	67.76	32.27	b
7	T01 - 6%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	12292	181.67	210	67.66	32.22	d
8	T02 - 6%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	11641	179.65	210	64.80	30.86	d
9	T01 - 8%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	11822	179.74	210	65.77	31.32	e
10	T02 - 8%LR - 28D (°C)	10/09/2023	08/10/2023	28	11366	183.37	210	61.98	29.52	e



Cono
(a)



Corte y hendidura
(b)



Cono y corte
(c)



Corte
(d)



Columnar
(e)

ICCSA INGENIEROS SAC
Rivasplata
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



**7.1.12. ANEXO 12: RESULTADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE
PROBETAS DE CONCRETO CON ADICIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE
LANA DE ROCA SOMETIDAS A ALTA TEMPERATURA**

ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICION DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE.

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 08 DE DICIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN.
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL.

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T01- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12590	181.36	210	69.42	33.06	b
2	T02- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	11383	180.89	210	62.93	29.97	d
3	T03- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12306	181.12	210	67.94	32.35	b
4	T04- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12718	180.62	210	70.41	33.53	b
5	T05- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	13398	179.93	210	74.46	35.46	e
6	T06- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	13104	182.63	210	71.75	34.17	e
7	T07- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12978	180.17	210	72.03	34.30	b
8	T08- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	13528	178.89	210	75.62	36.01	b
9	T09- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12549	181.03	210	69.32	33.01	e
10	T10- % OPT - 28D (°C)	10/11/2023	08/12/2023	28	12738	179.79	210	70.85	33.74	e



Cono (a)



Cono y mandadura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

ICCSA INGENIEROS SAC
computel.
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICION DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE.

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
 FECHA : 09 DE DICIEMBRE DEL 2023
 SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN.
 BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL.

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'c %	FALLA
1	T11- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	13472	181.36	210	74.28	35.37	c
2	T12- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	11870	180.89	210	65.62	31.25	c
3	T13- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	11829	181.12	210	65.31	31.10	b
4	T14- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	13583	180.62	210	75.20	35.81	c
5	T15- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	12093	179.93	210	67.21	32.00	e
6	T16- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	12172	182.63	210	66.65	31.74	e
7	T17- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	12902	180.17	210	71.61	34.10	e
8	T18- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	13198	178.89	210	73.78	35.13	b
9	T19- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	12466	181.03	210	68.86	32.79	b
10	T20- % OPT - 28D (°C)	11/11/2023	09/12/2023	28	13163	179.79	210	73.21	34.86	b



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

ICCSA INGENIEROS SAC

Rivasplata Vasquez
 RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICION DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE.

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE ,SANTA - ANCASH.
FECHA : 10 DE DICIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS , ROGEL LEODAN.
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL.

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T21- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	12870	181.36	210	70.96	33.79	b
2	T22- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	14661	180.89	210	81.05	38.60	b
3	T23- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	13476	181.12	210	74.40	35.43	b
4	T24- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	13323	180.62	210	73.76	35.12	c
5	T25- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	13448	179.93	210	74.74	35.59	c
6	T26- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	13453	182.63	210	73.66	35.08	b
7	T27- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	12617	180.17	210	70.03	33.35	b
8	T28- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	12719	178.89	210	71.10	33.86	b
9	T29- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	12516	181.03	210	69.14	32.92	e
10	T30- % OPT - 28D (°C)	12/11/2023	10/12/2023	28	12681	179.79	210	70.53	33.59	e



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

ICCSA INGENIEROS SAC

Victor Octavio
RIVAS PLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA - ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

ADICION DE LANA DE ROCA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG/CM2 EXPUESTO A ALTA TEMPERATURA, EN CHIMBOTE.

LUGAR : NUEVO CHIMBOTE, SANTA - ANCASH.
FECHA : 11 DE DICIEMBRE DEL 2023
SOLICITA : BACH. TERRONES CABOS, ROGEL LEODAN.
BACH. QUIROZ VIERA, CESAR MANUEL.

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESITENCIA ESPERADA KG/CM2	RESITENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	T31- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	13089	181.36	210	72.17	34.37	e
2	T32- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	13386	180.89	210	74.00	35.24	e
3	T33- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	12518	181.12	210	69.11	32.91	d
4	T34- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	12761	180.62	210	70.65	33.64	c
5	T35- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	12457	179.93	210	69.23	32.97	c
6	T36- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	12081	182.63	210	66.15	31.50	b
7	T37- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	13162	180.17	210	73.05	34.79	b
8	T38- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	13737	178.89	210	76.79	36.57	e
9	T39- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	13633	181.03	210	75.31	35.86	c
10	T40- % OPT - 28D (°C)	13/11/2023	11/12/2023	28	12807	179.79	210	71.23	33.92	c



Cono (a)



Cono y hendidura (b)



Cono y corte (c)



Corte (d)



Columnar (e)

ICCSA INGENIEROS SAC

Victor Octavio
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536



7.1.13. ANEXO 13: PRUEBA DE HIPÓTESIS

1. PRUEBA DE HIPÓTESIS RELATIVA A UNA MEDIA

1.1. PLANTEAMIENTO

Observamos que el concreto patrón al ser sometido a 700 °C de temperatura, se obtuvo una resistencia promedio a compresión de 66.40 kg/cm². De acuerdo con esta observación, se desea probar la hipótesis con un 5% de significancia de que si se adiciona un 4% de lana de roca respecto al peso del cemento de la mezcla de concreto patrón se obtendrá una media poblacional (μ) mayor de 66.40 kg/cm² de resistencia a compresión después de ser sometido a 700 °C de temperatura.

Para probar esta hipótesis se elaboró una muestra (n) de 40 probetas con adición del 4% de lana de roca, obteniéndose una resistencia media muestral (\bar{x}) de 71.34 kg/cm y una desviación estándar muestral (s) de 3.56 kg/cm²; como se muestra en siguiente cuadro:

Código	N° de Muestra	$x = f'c: \text{Kg/cm}^2$	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
T01- % OPT - 28D (°C)	1	69,42	-1,92	3,678724
T02- % OPT - 28D (°C)	2	62,93	-8,408	70,694464
T03- % OPT - 28D (°C)	3	67,94	-3,398	11,546404
T04- % OPT - 28D (°C)	4	70,41	-0,928	0,861184
T05- % OPT - 28D (°C)	5	74,46	3,122	9,746884
T06- % OPT - 28D (°C)	6	71,75	0,412	0,169744
T07- % OPT - 28D (°C)	7	72,03	0,692	0,478864
T08- % OPT - 28D (°C)	8	75,62	4,282	18,335524
T09- % OPT - 28D (°C)	9	69,32	-2,018	4,072324
T10- % OPT - 28D (°C)	10	70,85	-0,488	0,238144
T11- % OPT - 28D (°C)	11	74,28	2,942	8,655364

Código	N° de Muestra	$x = f_c: \text{Kg/cm}^2$	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$
T12- % OPT - 28D (°C)	12	65,62	-5,718	32,695524
T13- % OPT - 28D (°C)	13	65,31	-6,028	36,336784
T14- % OPT - 28D (°C)	14	75,20	3,862	14,915044
T15- % OPT - 28D (°C)	15	67,21	-4,128	17,040384
T16- % OPT - 28D (°C)	16	66,65	-4,688	21,977344
T17- % OPT - 28D (°C)	17	71,61	0,272	0,073984
T18- % OPT - 28D (°C)	18	73,78	2,442	5,963364
T19- % OPT - 28D (°C)	19	68,86	-2,478	6,140484
T20- % OPT - 28D (°C)	20	73,21	1,872	3,504384
T21- % OPT - 28D (°C)	21	70,96	-0,378	0,142884
T22- % OPT - 28D (°C)	22	81,05	9,712	94,322944
T23- % OPT - 28D (°C)	23	74,40	3,062	9,375844
T24- % OPT - 28D (°C)	24	73,76	2,422	5,866084
T25- % OPT - 28D (°C)	25	74,74	3,402	11,573604
T26- % OPT - 28D (°C)	26	73,66	2,322	5,391684
T27- % OPT - 28D (°C)	27	70,03	-1,308	1,710864
T28- % OPT - 28D (°C)	28	71,10	-0,238	0,056644
T29- % OPT - 28D (°C)	29	69,14	-2,198	4,831204
T30- % OPT - 28D (°C)	30	70,53	-0,808	0,652864
T31- % OPT - 28D (°C)	31	72,17	0,832	0,692224
T32- % OPT - 28D (°C)	32	74,00	2,662	7,086244
T33- % OPT - 28D (°C)	33	69,11	-2,228	4,963984
T34- % OPT - 28D (°C)	34	70,65	-0,688	0,473344
T35- % OPT - 28D (°C)	35	69,23	-2,108	4,443664
T36- % OPT - 28D (°C)	36	66,15	-5,188	26,915344
T37- % OPT - 28D (°C)	37	73,05	1,712	2,930944

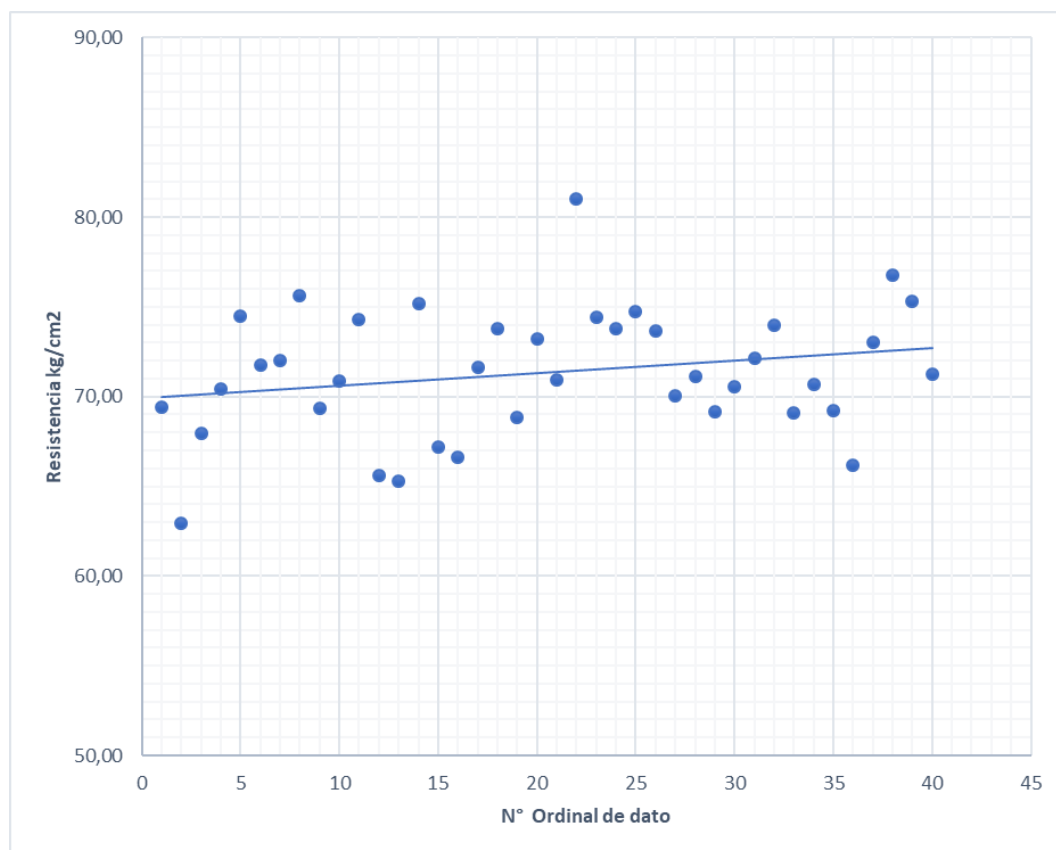
Código	N° de Muestra	$x = f'c: \text{Kg/cm}^2$	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
T38- % OPT - 28D (°C)	38	76,79	5,452	29,724304
T39- % OPT - 28D (°C)	39	75,31	3,972	15,776784
T40- % OPT - 28D (°C)	40	71,23	-0,108	0,011664
	Σ	2853,52		494,06804

Donde:

x : Dato de Resistencia a Compresión del concreto en kg/cm².

\bar{x} : Media aritmética de la muestra.

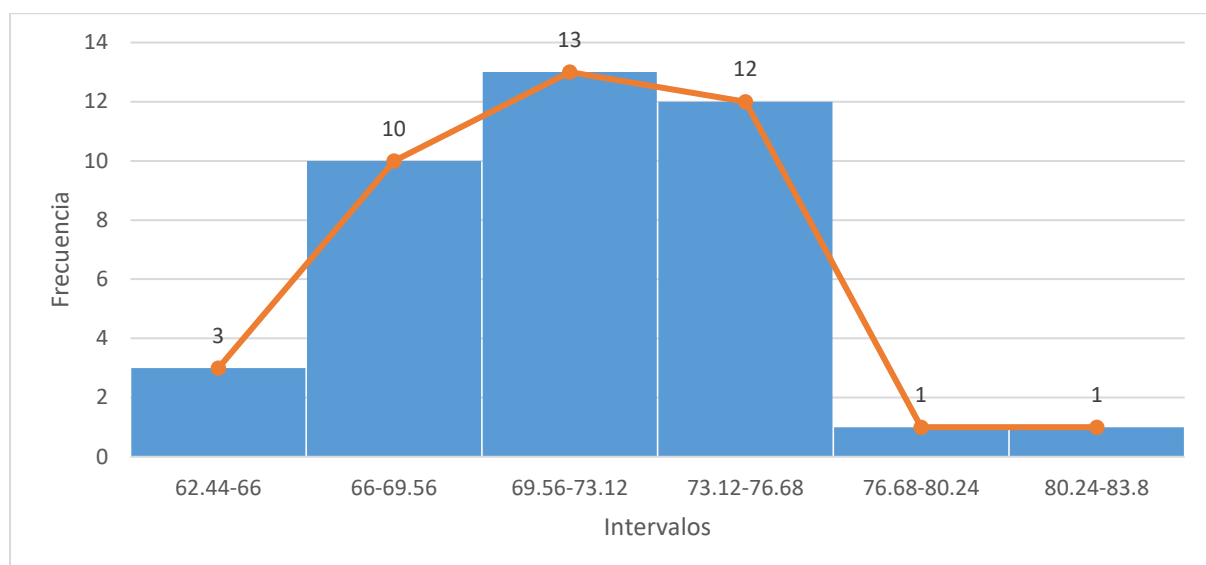
1.2. DISPERSIÓN DE LOS DATOS



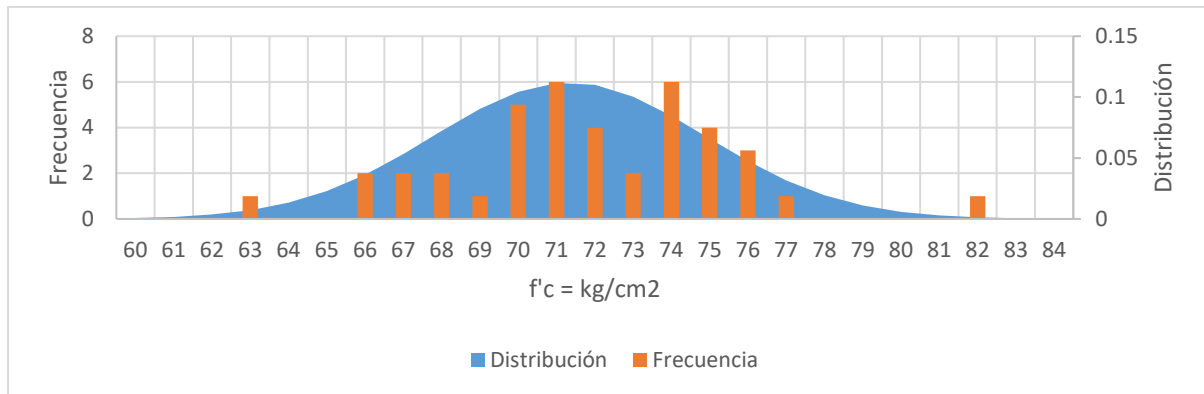
1.3. ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO.

Resumen de Datos Estadísticos	
Numero de Datos (n)	40
Media Aritmética (\bar{x})	71,34
Desviación Estándar (S)	3,56
Coefficiente de Variación (CV)	4,99%
Mínimo	62,93
Máximo	81,05
Rango	18,12

1.4. HISTOGRAMA Y POLIGONO DE FRECUENCIAS CON UN INTERVALO IGUAL A LA DESVIACIÓN ESTANDAR



El grafico muestra la frecuencia de los datos para intervalos iguales a la desviación estándar.



En este grafico se observa frecuencia de los datos para intervalos de una unidad, y la gráfica de distribución normal.

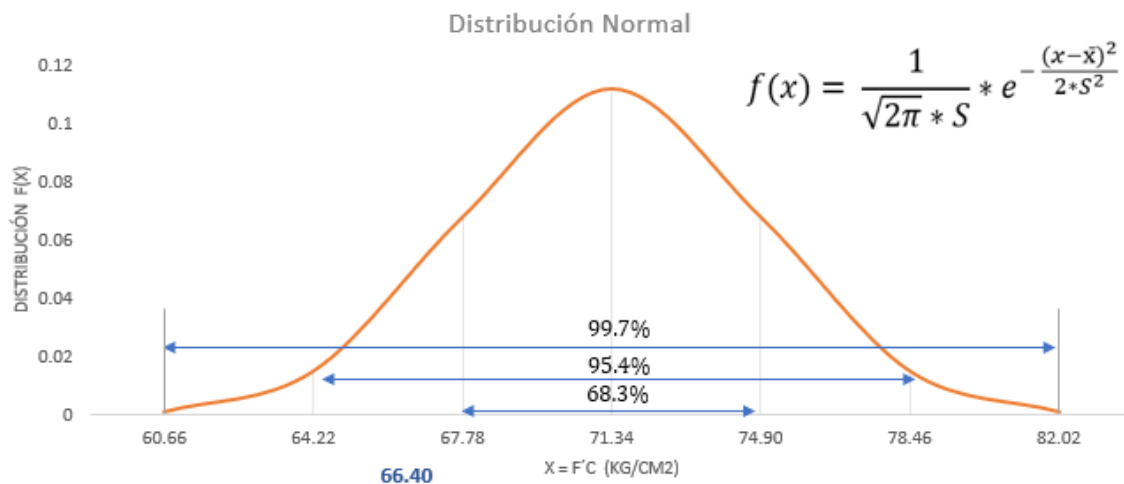
1.5. DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR Y FRECUENCIA

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} * S} * e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2*S^2}}$$

Aplicando la misma ecuación de Gauss, para rangos entre 1,2 y 3 veces la desviación estándar tenemos los siguientes datos:

X	Y: Distribución Normal Estándar
60,66	0,001245156
64,22	0,015169107
67,78	0,067983223
71,34	0,112085385
74,90	0,067983223
78,46	0,015169107
82,02	0,001245156

Con la cual obtenemos el siguiente grafico de distribución normal, en escala X (Valores en kg/cm²)



1.6. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS NULA Y ALTERNATIVA

a) Planteamiento de Hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula: H_0 = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión de 66.40 kg/cm² con un nivel de significancia del 5%. (No mejora la resistencia)

Hipótesis Alternativa: H_1 = Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión mayor a 66.40 kg/cm² con un nivel de confianza del 95%. (Si mejora la resistencia).

Significancia: $\alpha = 5\%$ Significa la probabilidad de rechazar la hipótesis nula que en realidad es verdadera, sea del 5%. Si el nivel de significación es $\alpha = 0.05$, significa que la probabilidad de rechazar una hipótesis cuando es cierta es del 5%. En otras palabras, la probabilidad de hacer

la estimación de un parámetro estadístico y equivocarnos con un error mayor al margen de error es del 5%.

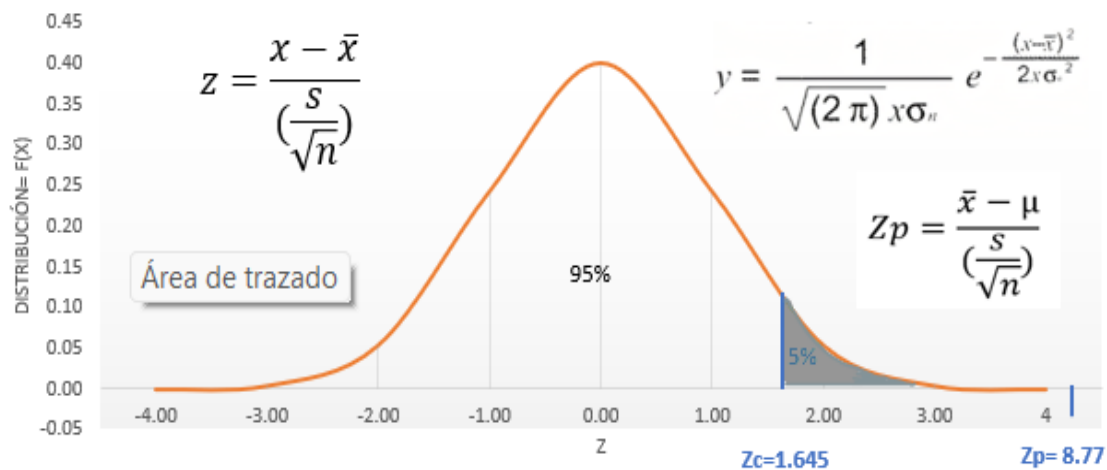
Estadístico de Prueba: Se utilizó el estadístico de Prueba Z, Dado que tenemos una muestra de 40 datos que es mayor a 30 datos requeridos para que la muestra sea considerada de tamaño grande.

En la siguiente tabla se muestran los valores calculados para la prueba de hipótesis.

Significación (α)	5%
Nivel de Confianza ($1-\alpha$)	95%
Z Crítico (Z_c)	1,645
Valor de Prueba (Z_p) También se le llama estadístico de Prueba	8,77
P - Valor (Tabla para $Z=Z_p$)	0

Graficamos la función de distribución normal, es decir con los siguientes datos estadísticos de la siguiente tabla:

Distribución Normal	
Media	0
Desviación estándar	1



Observamos en el gráfico que el valor de prueba Z_p , se encuentra en zona de rechazo (Zona gris correspondiente al 5% de probabilidad), es decir la probabilidad de que al adicionar 4% de lana de roca al concreto no mejore la calidad del concreto cuando es sometido a 700°C es solo del 5%, y la probabilidad de que si mejore es del 95%.

1.7. DECISIÓN

Dado que p-valor (Probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando esta sea verdadera) es menor a 0.05 (Significancia 5%), se rechaza la hipótesis nula.

1.8. CONCLUSIÓN

Al adicionar un 4% de lana de roca al concreto patrón y someterlo a 700°C se obtendrá una resistencia promedio a compresión mayor a 66.40 kg/cm^2 con un nivel de confianza del 95%. Para este estudio se considera como resultado la media obtenida que es de 71.34 kg/cm^2 , dado que existe la suficiente información estadística.

**7.1.14. ANEXO 14: ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CON Y SIN
ADICIÓN DE LANA DE ROCA**

Partida	01		CONCRETO F'C=210 KG/CM2				
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3		746.94	
Indice Unificado	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra						
47	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	27.57	44.11
47	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	21.68	34.69
47	PEON		hh	10.5000	8.4000	19.62	164.81
47	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.4000	28.51	68.42
							312.03
	Materiales						
5	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.8100	55.00	44.55
5	ARENA GRUESA		m3		0.5900	50.00	29.50
21	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		bol		9.6500	33.00	318.45
39	AGUA		m3		0.2300	15.00	3.45
							395.95
	Equipos						
48	MEZCLADORA DE CONCRETO 16HP 9-1'		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
49	VIBRADOR DE CONCRETO 2.0" 4 HP		hm	1.0000	0.8000	10.00	8.00
48	WINCHE ELÉCTRICO DE 2 TAMBORES		hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60
37	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	312.03	9.36
							38.96
Nota: El presente ACU base de referencia fue adaptado de Capeco. (Columnas de f'c= 210 kg/cm2)							

Partida	02		CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON 4% DE ADICION DE LANA DE ROCA				
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3		974.39	
Indice Unificado	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra						
47	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	27.57	44.11
47	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	21.68	34.69
47	PEON		hh	10.5000	8.4000	19.62	164.81
47	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.4000	28.51	68.42
							312.03
	Materiales						
5	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.8100	55.00	44.55
5	ARENA GRUESA		m3		0.5900	50.00	29.50
21	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		bol		9.6500	33.00	318.45
39	AGUA		m3		0.2300	15.00	3.45
21	LANA DE ROCA		Kg		16.4100	13.86	227.44
							623.39
	Equipos						
48	MEZCLADORA DE CONCRETO 16HP 9-1'		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
49	VIBRADOR DE CONCRETO 2.0" 4 HP		hm	1.0000	0.8000	10.00	8.00
48	WINCHE ELÉCTRICO DE 2 TAMBORES		hm	1.0000	0.8000	12.00	9.60
37	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3%	312.03	9.36
							38.96
Nota: El presente ACU base de referencia fue adaptado de Capeco. (Columnas de f'c= 210 kg/cm2)							

Descripción de Partida	Costo Unitari	% Incidencia
Costo Concreto f'c = 210 kg/cm2	746.94	100%
Costo Concreto f'c = 210 kg/cm2 con Adición del 4% de Lana de Roca	974.39	130%

Nota: Costo de materiales sin IGV

7.1.15. ANEXO 15: REGISTRO FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRAFICO

1. EXTRACCION DE MATERIAL DE CANTERA “LA SORPRESA”

Figura 1

Obtención del Agregado Fino desde la Cantera “La Sorpresa”



Figura 2

Obtención del Agregado Grueso desde la Cantera “La Sorpresa”



2. EXTRACCIÓN DE MUESTRA REPRESENTATIVA DE LOS AGREGADO

Figura 3

Reducción de Agregado Grueso por medio de cuarteo manual



Figura 4

Reducción de Agregado Fino por medio de cuarteo manual



3. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

Figura 5

Colocación de muestra en los tamices para determinar el Análisis Granulométrico



Figura 7

Tamizado de Agregado fino (NTP 400.012 y ASTM C 136)



Figura 6

Tamizado de Agregado fino (NTP 400.012 y ASTM C 136). granulométrico de Agregado Grueso



Figura 8

Retenido de agregado fino en la malla N°04, incluido peso del tamiz



Figura 9

Retenido del agregado fino en el tamiz N°8, incluido peso del tamiz



Figura 11

Retenido del agregado fino en el tamiz N°30, incluido el peso del tamiz



Figura 10

Retenido de agregado fino en el tamiz N°16, incluido el peso de la tara



Figura 12

Tamices para Análisis granulométrico del agregado grueso



4. PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS

Figura 13

Secado de agregado fino mediante corriente de aire caliente



Figura 16

Después de 24 horas se agregó agua destilada hasta la marca de enrase



Figura 14

Colocación de agregado fino sobre molde cónico metálico y apisonado



Figura 17

Peso de muestra de agregado fino más la fiola más el agua



Figura 15

Se calentó la fiola con el contenido (500.36 gr) sobre una cocinilla eléctrica



Figura 18

Remoción de muestra para determinación de Peso Específico



Figura 19

Secado de muestra de Agregado Fino al horno para determinación de Peso Específico



Figura 20

Peso del agregado fino seco incluido la tara



Figura 21

Tarado de Canastilla para determinar el peso específico del agregado grueso



5. CONTENIDO DE HUMEDAD DE DOS AGREGADOS

Figura 22

Contenido de Humedad del agregado fino



Figura 25

Contenido de humedad del agregado fino



Figura 23

Contenido de Humedad del agregado fino



Figura 26

Contenido de humedad del agregado grueso



Figura 24

Contenido de Humedad del agregado fino



Figura 27

Contenido de humedad del agregado grueso



Figura 28

Contenido de humedad del agregado grueso



Figura 29

Contenido de humedad del agregado grueso



6. PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS ASTM C2

Figura 30

Determinación de Peso Unitario suelto de Agregado Fino



Figura 32

Determinación de Peso Unitario compactado de Agregado Fino.



Figura 31

Determinación de Peso unitario suelto de Agregado Grueso



Figura 33

Determinación de peso Unitario compactado de Agregado Grueso



7. PREPARACION DE CONCRETO $F'C=210\text{KG/CM}^2$

Figura 34

Agregado Fino (Arena Gruesa)



Figura 37

Agua Potable



Figura 35

Agregado Grueso (Piedra Chancada)



Figura 38

Lana de Roca molida (a usar como aditivo al concreto en la proporción requerida)



Figura 36

Cemento Tipo I



Figura 39

Adición de materiales en mezcladora de concreto (Trompo)



Figura 40

Proceso de mezcla de agregados



Figura 42

Varillado (compactado) para eliminación de burbujas de aires en la muestra



Figura 41

Extracción de muestras previo llenado en probetas



Figura 43

Medición del Slump



Figura 44

Medición del Slump



Figura 45

Desencofrado de probetas



Figura 46

Colocación de muestras en piscina de agua para curado de probetas.



Figura 47

Retiro de muestras del proceso de curado



Figura 48

Se visualiza las 40 probetas elaboradas con 4% de adición de lana de roca



Figura 49

Horno eléctrico con capacidad hasta 1200 °C



Figura 50

Preparación de testigos para ingreso a horno eléctrico



Figura 51

Colocación de primer lote de probetas en horno eléctrico



Figura 52

Colocación de probetas en horno eléctrico



Figura 53

Colocación de probetas en horno eléctrico



Figura 54

Inicio de quemado de manera gradual



Figura 55

Eliminación de agua a los 400°C



Figura 56

Transcurrido las 2 horas con 50 minutos las muestras alcanzan los 700°C



Figura 57

Presencia de fisuras en muestras extraídas del horno, en muestras de concreto patrón



Figura 58

Presencia de fisuras en muestras extraídas del horno, en probetas con adición del 4% de adición de lana de roca



Figura 59

Ensayos de rotura de probetas en laboratorio

