

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F´C=280 KG/CM² AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

JHENIFER THAJANA CARHUANAMBO VILLANUEVA

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva
DNI: 71067942
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesor(a):
Dr. Miguel Angel Mosquera Moreno
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"Variación de la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar diferentes tipos de cemento y a las edades de 7, 14 y 28 días"
6. Fecha de evaluación: 22 de mayo de 2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 25%
9. Código Documento: 3117:461547374
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 23 de mayo de 2025

Firma y/o Sello
Emissor Constancia



Dr. Miguel Angel Mosquera Moreno
DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2024 by
JHENIFER THAJANA CARHUANAMBO VILLANUEVA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 090-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

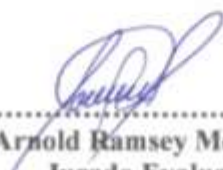
Siendo las 17:00 horas, del día 16 de Diciembre de dos mil veinticuatro, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M. CS. ARNOLD RAMSEY MENDO RODRIGUEZ, M. CS. RONALD JESÚS SALAS BERROSPI**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **"VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS"**, presentada por la bachiller en Ingeniería Civil **Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de 16 (DIECISEIS) la mencionada Tesis; en tal virtud, la bachiller en Ingeniería Civil, **Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva**, se encuentra apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en Ingeniería Y Gerencia de la Construcción.

Siendo las 18:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Asesor


.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador


.....
M. CS. Arnold Ramsey Mendo Rodriguez
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. Ronald Jesús Salas Berrospi
Jurado Evaluador

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Creador por todas sus bendiciones en mi vida y por permitirme cumplir una vez más mi meta profesional, igualmente a mi familia por su continuo apoyo.

Y mi profundo agradecimiento a mi asesor el Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno por brindarme sus amplios conocimientos, valores y paciencia conmigo a lo largo del desarrollo de esta investigación.

Finalmente agradezco a todos mis docentes y compañeros por el vínculo fraternal que logramos formar durante estos años de estudio.

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mi amada hija Sophie por comprender que le dediqué tiempo valioso a mis estudios dejando corto nuestro tiempo juntas; igualmente a mi esposo David por su paciencia y aliento para superarme como profesional.

A mis queridos padres Marcela y Víctor por enseñarme a luchar por mis objetivos desde pequeña, a mi adorado abuelo Filadelfio quien siempre está orgulloso de mis logros.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación e Importancia	5
1.3 Delimitación de la investigación	6
1.4 Limitaciones	6
1.5 Objetivos	6
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial	8
2.2 Marco Doctrinal	12
2.3 Marco Conceptual	28
2.4 Definición de Términos Básicos	28
CAPITULO III	30
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
3.1 Hipótesis	30
3.2 Variables	30
CAPITULO IV	31
MARCO METODOLÓGICO	31
4.1 Ubicación Geográfica	31

4.2	Diseño De La Investigación	32
4.3	Métodos de Investigación	33
4.4	Población, Muestra, Unidad de Análisis y Unidad de Observación	33
4.5	Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información.....	34
4.6	Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información	34
4.7	Equipos, Materiales e Insumos.....	34
CAPITULO V.....		35
RESULTADOS Y DISCUSION		35
5.1	Presentación de resultados	35
5.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	57
CAPITULO VI.....		59
CONCLUSIONES		59
RECOMENACIONES Y/O SUGERENCIAS		62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		63
APENDICES		68
ANEXOS.....		93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tamices y su abertura en mm18	
Tabla 2.	Categorías y clases de exposición.....	23
Tabla 3.	Requisitos para el concreto según la clase de exposición	24
Tabla 4.	Ubicación del Proyecto	31
Tabla 5.	Coordenadas UTM.....	31
Tabla 6.	Muestra	33
Tabla 7.	Materiales, equipos e insumos empleados.	34
Tabla 8.	Características del agregado grueso.....	35
Tabla 9.	Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura del agregado grueso.....	37
Tabla 10.	Características del agregado fino de río	37
Tabla 11.	Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura del agregado fino	38
Tabla 12.	Diseño de mezclas	39
Tabla 13.	Slump de probetas elaboradas	39
Tabla 14.	Método de análisis.....	40
Tabla 15.	Información del factor	40
Tabla 16.	Análisis de Varianza	40
Tabla 17.	Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.....	41
Tabla 18.	Método de análisis.	45
Tabla 19.	Información del factor	45
Tabla 20.	Análisis de varianza.....	46
Tabla 21.	Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.....	46
Tabla 22.	Método de análisis.....	51
Tabla 23.	Información del factor	51
Tabla 24.	Análisis de varianza.....	51
Tabla 25.	Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.....	52

Tabla 26. Resistencia a la Compresión Uniaxial del Concreto Elaborado con Diferentes Tipos de Cemento.....	56
Tabla 27. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días.....	69
Tabla 28. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días.....	71
Tabla 29. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días.....	72
Tabla 30. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días	74
Tabla 31. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 14 días	75
Tabla 32. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días	77
Tabla 33. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días	78
Tabla 34. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad	80
Tabla 35. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días.....	81
Tabla 36. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 7 días.....	83
Tabla 37. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 14 días ...	84
Tabla 38. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 28 días..	86
Tabla 39. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 7 días	87
Tabla 40. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 14 días.....	89
Tabla 41. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 28 días	90
Tabla 42. Cuadro resumen.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cemento Portland Tipo I.....	13
Figura 2.	Cemento Portland Tipo MS	14
Figura 3.	Cemento Portland Tipo V.....	15
Figura 4.	Cemento Nacional Tipo HS	16
Figura 5.	Cemento Nacional Tipo HS	17
Figura 6.	Esquema de Patrones de tipo de Fracturas	21
Figura 7.	Ubicación del Proyecto.....	31
Figura 8.	Métodos de Investigación.....	33
Figura 9.	Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso	36
Figura 10.	Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino	38
Figura 11.	Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días.....	42
Figura 12.	Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días	43
Figura 13.	Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días	44
Figura 14.	Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días	47
Figura 15.	Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días	48
Figura 16.	Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días.	49
Figura 17.	Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días.....	53
Figura 18.	Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días	54

Figura 19.	Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días.....	55
Figura 20.	Resistencia a la compresión promedio por cada tipo de cemento empleado.....	57
Figura 21.	Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los tipos de cemento a la edad de 7 días.....	68
Figura 22.	Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los 5 tipos de cemento a la edad de 14 días.....	68
Figura 23.	Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los 5 tipos de cemento a la edad de 28 días.....	69
Figura 24.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días.....	70
Figura 25.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días.....	70
Figura 26.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días	71
Figura 27.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días.....	72
Figura 28.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días	73
Figura 29.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días.....	73
Figura 30.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días	74
Figura 31.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días	75
Figura 32.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la	76
Figura 33.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 14 días	76
Figura 34.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días.....	77
Figura 35.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días	78
Figura 36.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días	79

Figura 37.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días	79
Figura 38.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 14 días.....	80
Figura 39.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 14 días	81
Figura 40.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días.....	82
Figura 41.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días.....	82
Figura 42.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 7 días	83
Figura 43.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 7 días.....	84
Figura 44.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 14 días.....	85
Figura 45.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 14 días.....	85
Figura 46.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 28 días	86
Figura 47.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 28 días.....	87
Figura 48.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 7 días ...	88
Figura 49.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo V a la edad de 7 días	88
Figura 50.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 14 días .	89
Figura 51.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo V a la edad de 14 días	90
Figura 52.	Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 28 días .	91
Figura 53.	Porcentaje del $f'c$ con Cemento Tipo V a la edad de 28 días	91
Figura 54.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V.	103
Figura 55.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V. Requisitos normalizados.	104
Figura 56.	Ficha técnica de cemento Nacional tipo HS.....	105
Figura 57.	Ficha técnica de cemento Nacional tipo HS. Requisitos normalizados.	106

Figura 58.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo ICo	107
Figura 59.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo ICo. Requisitos normalizados.	108
Figura 60.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo MS.....	109
Figura 61.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo MS. Requisitos normalizados.	110
Figura 62.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I.....	111
Figura 63.	Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I. Requisitos normalizados.....	112
Figura 64.	Ensayo de Contenido de Humedad	113
Figura 65.	Ensayo de Peso Específico	113
Figura 66.	Ensayo de Peso Unitario.....	114
Figura 67.	Ensayo de Análisis Granulométrico	114
Figura 68.	Cemento Tipo I	115
Figura 69.	Cemento Tipo MS	115
Figura 70.	Elaboración de especímenes de concreto con cemento Tipo I y Tipo MS.....	116
Figura 71.	Prueba del Slump	116
Figura 72.	Vaciado de concreto a las probetas cilíndricas.....	117
Figura 73.	Primer ensayo de Resistencia a la Compresión, posterior a 7 días.....	117
Figura 74.	Cemento Tipo V Pacasmayo.....	118
Figura 75.	Ensayo de Resistencia a la Compresión con cemento Tipo V	118
Figura 76.	Falla Tipo 2.....	119
Figura 77.	Probetas de concreto en la balanza, preliminar al ensayo de resistencia mecánica a compresión.	119

RESUMEN

Las estructuras que incluyen puentes de gran longitud, embalses, instalaciones de tratamiento de aguas residuales y otras deben cumplir especificaciones de diseño fundamentales basadas en el uso de la infraestructura, la ubicación, la calidad del material, las resistencias mínimas de diseño y otros factores, en este estudio se determinó la resistencia a la compresión del hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando diversos cementos a los 7, 14 y 28 días para calcular la variación porcentual de esta resistencia y comparar los mejores y peores cementos para hormigones de alta resistencia. Para esta investigación, se prepararon 60 probetas cilíndricas de hormigón utilizando cemento Portland tipo I, cemento Portland tipo V, cemento ICO, cemento Portland HS y cemento Portland MS, y se evaluó su resistencia a la compresión. Finalmente, a los 28 días, el cemento tipo V presentó la mayor resistencia a la compresión y se recomendó para hormigón de alta resistencia. El cemento tipo I presentó una resistencia de $339,09 \text{ kg/cm}^2$, el cemento tipo MS de $293,53$, el cemento tipo HS de $290,35$, el cemento tipo ICO de $295,53$ y el cemento tipo V de $353,35 \text{ kg/cm}^2$, en suma, esta investigación descubrió que los cinco tipos de cemento varían en resistencia a la compresión en más de un 3%, lo que brinda un margen considerable al momento de diseñar y ejecutar proyectos que requieran concretos de alta resistencia y cumplimiento de requisitos de durabilidad.

PALABRAS CLAVE: Resistencia a compresión, Concreto, Cemento.

ABSTRACT

Structures including long-span bridges, reservoirs, wastewater treatment facilities, and others must meet fundamental design specifications based on infrastructure use, location, material grade, minimum design strengths, and other factors. In this study, the compressive strength of concrete $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ was determined using various cements at 7, 14, and 28 days to calculate the percentage change in this strength and compare the best and worst cements for high-strength concrete. For this research, 60 cylindrical concrete specimens were prepared using Portland cement type I, Portland cement type V, ICO cement, Portland cement HS, and Portland cement MS, and their compressive strength was evaluated. Finally, at 28 days, type V cement showed the highest compressive strength and was recommended for high-strength concrete. Type I cement had a compressive strength of 339.09 kg/cm^2 , Type MS cement 293.53 kg/cm^2 , Type HS cement 290.35 kg/cm^2 , Type ICO cement 295.53 kg/cm^2 , and Type V cement 353.35 kg/cm^2 . In total, this research found that the five types of cement vary in compressive strength by more than 3%, which provides considerable leeway when designing and executing projects where high-strength concrete and durability requirements are needed.

KEY WORD: Compressive strength, Concreto, Cement

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

El mortero y el hormigón se elaboran a partir del cemento, una materia prima popular. En proyectos de ingeniería, el mortero de cemento se forma mezclando cemento, arena, aditivos (si se desea) y suficiente agua para formar una mezcla moldeable. (Douglas, et al., 1996, como se cita en Neira Zúñiga, 2020)

El hormigón se compone de cemento, áridos inertes (grava y/o arena) y agua. Dado que se puede moldear en diversas formas y tamaños y resiste el agua sin deteriorarse, es el material de construcción más utilizado. Su bajo costo y su disponibilidad en obra resultan atractivos para los ingenieros civiles. (Mehta y Monteiro, 1998, como se cita en Neira Zúñiga, 2020).

Existe una correlación entre el avance de indicadores como la seguridad, la infraestructura, la educación, el empleo y el acceso a la vivienda, y el desarrollo humano, social y general de una nación. En este último caso, la vivienda asequible puede mejorar considerablemente las condiciones de vida de un gran número de residentes, además de impulsar el desarrollo económico del país y estimular la economía en su conjunto. (Garita Duran y Anglin Fonseca, 2024)

Los componentes modernos de hormigón colado se distinguen notablemente de los materiales de construcción convencionales por su infinidad de aplicaciones, formas, texturas y colores. Gracias a su gran adaptabilidad, el hormigón se produce para componentes prefabricados, como bloques comunes, ladrillos, adoquines, postes, tejas, muros de contención segmentados y cualquier otra

especialidad. Actualmente, todos estos productos son de excelente calidad y a precios mucho más económicos que otros materiales utilizados habitualmente en el sector de la construcción. (Mattey, Robayo, E., & Delvato Silvio, 2015)

Según Pereira Da Costa (2015), errores de diseño, mala ejecución, uso, cambios ambientales, materiales o una combinación de estos pueden causar síntomas patológicos en edificios de hormigón. Muchos de estos síntomas se deben a fallos de diseño o ejecución, como el desprecio por el entorno en el que se ubicará el edificio, la negligencia o el desconocimiento de los procesos degenerativos, según los investigadores. Los residentes construyen para mejorar sus condiciones de vida y satisfacer una demanda, por lo que esperan estructuras útiles, de alta calidad y duraderas. Debido a problemas de durabilidad, muchos edificios dejan de ser funcionales o eficientes y no alcanzan su vida útil prevista. Estos problemas van más allá del diseño y la construcción y afectan las operaciones, generando costos y pérdidas económicas para el propietario o inversor debido a reparaciones, reemplazos, renovaciones o mantenimiento periódico. (Hernández & Mendoza, 2006)

Se puede concluir que el hormigón es un material ampliamente utilizado en la construcción de pueblos ubicados en la sierra peruana, como Cajamarca. Esto se debe a que, en 2017, había 83,293 viviendas particulares en Cajamarca con inquilinos y paredes exteriores compuestas principalmente de ladrillo o bloque de cemento, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), en adelante, INEI.

Las bajas temperaturas son comunes en Cajamarca y sus alrededores. Esto puede provocar ciclos de congelación y descongelación en el

hormigón utilizado en la construcción. Estos ciclos pueden provocar la acumulación de microfisuras, lo que puede causar daños macroscópicos al hormigón.

La sede de este estudio, que evalúa la resistencia a la compresión del hormigón, se encuentra en Cajamarca, ciudad ubicada a 2719 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 15,6 °C según el INEI (2017). El clima es muy variable, por lo que es crucial comprender las propiedades de durabilidad, la variación de la resistencia y el comportamiento del hormigón de alta rigidez.

La resistencia a la compresión del hormigón es la característica más importante del hormigón utilizado en la construcción de mampostería. Esto se debe a que es la medida más frecuente que emplean los ingenieros al diseñar edificios y otras estructuras. National Ready Mixed Concrete Association (2020), en adelante NRMCA.

NRMCA (2020) menciona que conocer la resistencia a la compresión del hormigón es fundamental. Esto se debe a que los resultados de la prueba pueden utilizarse para el control de calidad, la aceptación del hormigón o para estimar la resistencia del hormigón en estructuras, con el fin de evaluar la idoneidad del curado y la protección que se proporciona a la estructura. Además, la variedad de cemento utilizado en la mezcla influye en la durabilidad del hormigón.

Orozco (2018) reveló que el subfactor, diseño de la mezcla, se consideró el más importante para el componente de materiales, representando el 20,8 % de la calidad del hormigón. En los casos investigados, el control de calidad del hormigón concluyó que la mala calidad de los materiales fue la causa principal de

los fallos.

1.1.2. Descripción del Problema

Según la Norma E.060 (2009) para hormigón armado y el Instituto Americano del Concreto, en inglés, American Concrete Institute ACI (2019), se debe considerar una $f'_c = 28 \text{ Mpa}$ ($285,52 \text{ kg/cm}^2$) para el hormigón estructural utilizado en proyectos de construcción de ingeniería civil. Estos proyectos incluyen puentes, embalses, presas y hormigón con baja permeabilidad al agua, entre otros. Además, se deben cumplir ciertos requisitos de exposición climática.

Dado que los proyectos de construcción son, sin duda, uno de los pilares del crecimiento de una nación, la construcción de viviendas y otras estructuras de hormigón armado, especialmente en las localidades costeras del Perú, se lleva a cabo en suelos y entornos particularmente hostiles. El ataque se lleva a cabo con frecuencia tanto en hormigón visible como en estructuras de hormigón enterradas, como sótanos, cimientos, depósitos y otras estructuras similares. (Apaza Hito, 2018)

El hormigón de construcción debe adaptarse a las necesidades del usuario en función de la ubicación, la resistencia mínima y la vida útil. La expansión interna y las fisuras causadas por cloruros y sulfatos degradan el hormigón. Esto disminuye la unión entre el agregado y la pasta, la resistencia mecánica y la consistencia de la pasta de cemento. El hormigón se degrada en las esquinas, provocando fracturas y volviéndose frío y blando. (Rimarachín, 2013)

Los expedientes técnicos de proyectos de construcción nacionales y locales suelen especificar cemento Tipo I para la producción de hormigón, el cual es inadecuado debido al agua, los sulfatos, la congelación, etc. Debido a la

durabilidad y a los criterios del ACI y la Norma E.060, se recomiendan varios cementos para diversos climas y altas resistencias mecánicas. Como profesionales de la construcción, debemos considerar estos requisitos de durabilidad, ya que el cambio climático expone los edificios a condiciones ambientales cada vez más severas, lo que acelera el deterioro de los materiales y reduce la resistencia, la funcionalidad y la vida útil de la estructura.

La resistencia a la compresión es una propiedad esencial que debe considerarse y compararse en el hormigón endurecido. Por lo tanto, en este estudio, se analizó la variación de la resistencia a la compresión utilizando diversos tipos de cemento disponibles en Cajamarca a diferentes edades. Además, se obtuvieron áridos de la cantera del río Chonta. Esto se debió a que Salazar Roncal (2017) menciona en su investigación que la cantera del río Chonta se considera de calidad media en la ciudad de Cajamarca (cumple con los requisitos básicos de granulometría de la Norma Técnica Peruana). Asimismo, el American Concrete Institute (2019) examinó las resistencias mínimas de durabilidad a diferentes exposiciones.

1.1.3. Formulación del Problema

¿Cuánto varía la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ utilizando distintos tipos de cemento, a las edades de 7, 14 y 28 días?

1.2 Justificación e Importancia

a) Justificación Científica

La presente investigación contribuye a la evaluación de la resistencia a la compresión del hormigón de alta resistencia al reducir la tasa de degradación y

aumentar la longevidad del material. Esto se logra mediante la preparación del hormigón con diversos cementos.

b) Justificación Técnica-Práctica

El estudio se justifica porque ayuda a mejorar la resistencia mecánica del hormigón ($f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$) mediante el uso de diversos tipos de cemento. Esto, a su vez, contribuye a la resolución de problemas de construcción relacionados con la calidad del hormigón, su longevidad y el uso más eficaz de los tipos de cemento. Además, se basará en estudios experimentales sobre la resistencia estructural del hormigón a diferentes edades a lo largo de su vida útil.

1.3 Delimitación de la investigación

Para esta investigación, se utilizaron los siguientes cementos: tipo I, tipo ICO, tipo V, tipo HS y tipo MS. Cabe destacar que el cemento tipo HS es de la marca "Nacional", mientras que los demás cementos son de la marca "Pacasmayo". El árido utilizado provino de la cantera del río Chonta-Tartar Chico, específicamente de Cajamarca. El diseño del concreto requiere una resistencia a la compresión de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

1.4 Limitaciones

Este trabajo de investigación no presentó limitación alguna para su realización.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General:

Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ al utilizar distintos tipos de cemento, a las edades de 7, 14 y 28 días.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- a) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento tipo I a las edades de 7, 14 y 28 días, este diseño será considerado como la muestra patrón.
- b) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento tipo ICO a las edades de 7, 14 y 28 días.
- c) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento tipo V a las edades de 7, 14 y 28 días.
- d) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento tipo HS a las edades de 7, 14 y 28 días.
- e) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento tipo MS a las edades de 7, 14 y 28 días.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial

2.1.1. A Nivel Internacional

Bedoya Montoya (2017) utilizó cemento Portland tipo I en su artículo de investigación titulado "Incidencia del contenido de agua en la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la durabilidad del hormigón". Utilizó este tipo de cemento para determinar el impacto de la presencia de agua en ciertas características del hormigón. También empleó una relación agua-cemento de 0,50 para crear sesenta probetas cilíndricas, lo que resultó en una resistencia a la compresión de 159,08 kg/cm² a los siete días y de 239,74 kg/cm² a los 28 días. Los hallazgos de Bedoya Montoya se publicaron en 2017.

Castañeda, Howland, Corvo, y Marrero (2017) utilizando 12 probetas cilíndricas de hormigón con relaciones agua/cemento de 0,4, 0,5 y 0,6, descubrieron valores de resistencia a la compresión superiores a 20 MPa para las tres relaciones. Según CyTeD, programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, la durabilidad es deficiente si los resultados de la prueba de resistencia a la compresión son inferiores a 20 MPa (203 943 kg/cm²). La norma cubana NC 250 (2005) exige que el hormigón armado con una resistencia a la compresión mínima de 30 MPa (305 914 kg/cm²) sea duradero en atmósferas costeras con una agresividad corrosiva de alta (C4) a muy alta (C5).

Jiménez Vásquez (2018) concluye en su investigación que las muestras expuestas a sulfatos y cloruros, además de sulfatos, presentan una disminución de la resistencia a los 28 días. Esto indica que los sulfatos pueden influir en la pasta de cemento durante el proceso de curado, lo que resulta en una disminución de la resistencia de aproximadamente el 11 % en comparación con la muestra de hormigón no expuesta a

sulfatos.

En su investigación, Delgado Castro, Muñoz Umaña y Rodríguez Rojas (2020) examinaron tres tipos distintos de cemento modificados para mejorar su resistencia a la compresión. El primer tipo de cemento estaba compuesto principalmente de clínker, mientras que el segundo, de puzolana y caliza. El tercer tipo de cemento, compuesto principalmente de clínker y puzolana, presentó una alta resistencia inicial. Se obtuvieron como resultados 348,74 kg/cm² para el hormigón elaborado con el primer tipo de cemento, 292,66 kg/cm² para el hormigón preparado con el segundo tipo de cemento y 385,96 kg/cm² para el hormigón fabricado con el tercer tipo de cemento, en promedio, tras 28 días de envejecimiento.

Para su trabajo de investigación, Jaramillo, Torres y Abellán (2020) construyeron probetas de UHPC (Hormigón de Ultra Alto Rendimiento) utilizando humo de sílice, carbonato de calcio, polvo de vidrio y arena de sílice. Compararon los resultados de su experimento con los de su muestra estándar, elaborada con una dosis de control de cemento. Esta muestra de control alcanzó una resistencia de 167 MPa (1702,93 kg/cm²) a los 28 días de su fabricación, antes de ser ensayada. Los autores afirman que se ha cumplido el requisito mínimo de resistencia para este tipo de hormigón, que es de 150 MPa, equivalente a 1529,57 kg/cm².

2.1.2. A Nivel Nacional

En su artículo de investigación, Coronel, Sócrates y Rodríguez (2021) incluyeron ceniza de bagazo de caña de azúcar en dosis de 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cemento. Utilizaron esta solución para preparar especímenes cilíndricos de concreto con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm². Los resultados del ensayo de resistencia mecánica a la compresión mostraron que la muestra sin sustitución de cemento presentó

un valor de 292,66 kg/cm², mientras que las muestras con 5% de sustitución presentaron un valor de 291,22 kg/cm². Esto los llevó a la conclusión de que el 5% es el porcentaje más adecuado si se desea que la resistencia mínima a la compresión del concreto sea $f'_c=280$ kg/cm².

Ahumada Ponce (2020) examinó la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con tres tipos diferentes de cemento a los 7, 14 y 28 días de su fabricación. Tras siete días, los resultados mostraron que el cemento Tipo I tenía una densidad de 317,99 kg/cm², el Tipo V, de 313,95 kg/cm², y el Tipo IP, de 288,63 kg/cm². Además, se descubrió que los resultados siguieron el siguiente patrón tras 28 días: 409,15 kg/cm² para el cemento Tipo I, 442,45 kg/cm² para el Tipo V y 378,08 kg/cm² para el Tipo IP.

Catanzaro y Zapana (2019) utilizaron cemento Portland tipo I para diseñar y evaluar un concreto de alta resistencia con $f'_c = 280$ kg/ cm² utilizando aguas residuales domésticas tratadas. Obtuvieron resultados de resistencia a la compresión que mostraron que las muestras del grupo de control alcanzaron un valor promedio de 387 kg/cm² después de 28 días, lo que indica que el diseño de la mezcla cumple con las especificaciones preliminares de un f'_c de 364 kg/cm con base en los resultados de la evaluación. Por el contrario, el concreto que se produjo utilizando agua que había sido tratada con lodos activados exhibió desviaciones de -3.1%, -6.3% y -4.6% en comparación con el grupo de control a las edades de 7, 14 y 28 días, respectivamente. A los siete, catorce y veintiocho días, el concreto que se produjo utilizando agua que había sido tratada por medio de humedales artificiales exhibió desviaciones de 2%, 3.8% y 10.9% en comparación con el grupo de control, respectivamente. Ambas variedades de agua cumplen con los criterios de resistencia del grupo control, que es del 90 %, después de siete días. Sin embargo, a los 28 días, esta varianza es mucho mayor en el caso de las zonas de humedales creadas.

Granda, Vela y Borja (2014) realizaron un estudio con una muestra de 35 viviendas, revelando hallazgos preocupantes, ya que ninguna de las muestras extraídas de las viviendas alcanzó la resistencia a la compresión mínima exigida por la norma técnica. La resistencia a la compresión promedio a los 28 días fue de 94,81 kg/cm² para las probetas curadas y de tan solo 64,01 kg/cm² para las probetas sin curar.

2.1.3. A Nivel Local

Durante su investigación, Centurión, M. (2022) preparó 72 probetas con áridos reciclados. A los 28 días de edad, obtuvo una resistencia un 3 % superior a la de las probetas fabricadas con áridos naturales. Sin embargo, a los 14 días de edad, el resultado no superó la resistencia a la compresión de las probetas fabricadas con áridos naturales.

En un estudio realizado por Mosqueira (2019), se evaluó la resistencia a la compresión del hormigón con un valor f'_c de 210 kg/cm² frente a la exposición al dióxido de carbono (CO₂). Los resultados mostraron que el hormigón, tanto con o sin aditivo, presentó un efecto de tendencia ascendente inicial de hasta un 13 %. este efecto se observó en relación con la resistencia de la muestra estándar (o diseño). Posteriormente, el hormigón se sometió a CO₂ durante períodos más prolongados, lo que provocó una disminución del pH y su acidificación.

Bernal (2017) para la prueba de resistencia a la compresión, utilizó tres marcas diferentes de cemento: Cemento Sol, Cemento Andino y Cemento Pacasmayo. Los resultados mostraron que el uso de cemento Pacasmayo sin aditivos (GC2) produjo la mayor resistencia a la compresión en las tres edades evaluadas: 7 días (229,72 kg/cm²), 14 días (270,80 kg/cm²) y 28 días (331,24 kg/cm²). El tamaño de la muestra para este estudio fue de 120 especímenes.

Utilizando tres tipos de aditivos superplastificantes, Bernal (2017), en su estudio de posgrado, maximizó la resistencia a la compresión de un hormigón con una $f'c = 280$ kg/cm². Obtuvo una resistencia superior a la declarada tanto en las muestras del grupo de control como en los grupos tratados con aditivos. Además, las muestras fabricadas con el aditivo Sika Plast 1000 presentaron una resistencia un 24,80 % superior a la de diseño.

2.2 Marco Doctrinal

2.2.1 El concreto

El concreto, material conocido como hormigón, o como hormigón hidráulico, es una mezcla compuesta de cemento, agua, arena, grava y, ocasionalmente, aditivos. Es un tipo de roca artificial que se desarrolla y construye según especificaciones predeterminadas para las funciones y aplicaciones necesarias para un proyecto específico. Entre sus características se incluyen: fraguado rápido, facilidad de colocación, economía y una apariencia adecuada para el propósito para el que fue diseñado. El hormigón, al igual que la piedra natural, presenta una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente el 10 % de su resistencia a la compresión). Por lo tanto, para soportar estas fuerzas, el hormigón se refuerza con varillas de acero, lo que se conoce como hormigón armado. (Gutiérrez de López, 2003)

2.2.2 Cemento Portland

Producto que se forma triturando clínker de cemento Portland, combinado con la adición ocasional de sulfato de calcio. Si la norma pertinente demuestra que la inclusión de productos adicionales no afecta la calidad del cemento producido, se permite la adición de dichos productos, pero la cantidad total de estos no puede superar el uno por ciento en peso. (Norma E.060, 2020)

2.2.3 Tipos de Cemento

En nuestro país, nos adherimos a la NTP (Norma Técnica Peruana) NTP 334.009 (Cemento Portland. Requisitos), la cual está fundada en la norma ASTM C 150 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), incluyendo cinco variedades de cemento:

Cemento Tipo I: Uso general. Adecuado para todas las aplicaciones donde no se requieren las características distintivas de otros cementos. Sus usos en hormigón incluyen pavimentos, suelos, puentes, tanques, depósitos, tuberías, unidades de mampostería y productos prefabricados de hormigón, entre otros. (Cemex, 2019)

Figura 1. Cemento Portland Tipo I



Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com/soluciones?type=6&prod=3>

Cemento Portland Tipo MS (MH): Para emplearse en obras que requieran moderada resistencia a los sulfatos. Recomendado para edificaciones de hormigón sometidas a condiciones húmedo-salinas y para suelos y estructuras en contacto con agua salada.

Figura 2. Cemento Portland Tipo MS



Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com/soluciones?type=6&prod=2>

El cemento anti salitre MS, también conocido como cemento Portland MS, cumple con los criterios de las normas técnicas NTP334.082 y ASTM C 1157. Presenta una resistencia moderada a los sulfatos y una hidratación térmica moderada. Además, previene la corrosión del hormigón causada por el salitre y el hierro. Además, su diseño, con un calor de hidratación moderado, lo hace adecuado para su uso en zonas con temperaturas más altas, reduciendo así la probabilidad de formación de grietas. (Pacasmayo, 2022)

Cemento Tipo V: Alta resistencia a sulfatos, ideal para obras en contacto excesivo con sulfatos. En regiones donde el suelo y las aguas subterráneas contienen cantidades significativas de sulfato, se utiliza en hormigones expuestos a altos niveles de sulfato. Esta es la principal aplicación de esta sustancia. La baja concentración de aluminato tricálcico de este cemento, que no supera el 5%, es responsable de su buena resistencia a los sulfatos, otra ventaja de su uso. (Cemex, 2019)

Genera resistencia mecánica, lo que significa que al séptimo día supera en más del cincuenta por ciento, en promedio, el requisito estándar de veintiocho días. Esto significa que es posible retirarlo del encofrado con seguridad en esa fecha, lo que permite que la obra continúe avanzando de forma continua. (Pacasmayo, 2022)

Figura 3. Cemento Portland Tipo V



Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com/soluciones?type=6&prod=4>

Cemento Tipo HS: Para cumplir con los requisitos de alta resistencia a los sulfatos, este cemento Portland en particular está desarrollado específicamente para su uso en todo tipo de construcción y estructuras en general. Su composición incluye clínker, yeso y aditivos específicos en las cantidades necesarias; materias primas que cumplen con los más estrictos controles de calidad para generar un producto final de alta calidad que cumple con los estándares establecidos por NTP 334.082 y ASTM C-1157. (Construproductos, 2022)

Ventajas según Unión Andina de Cementos, UNACEM (2012):

- Resistente a la humedad y al salitre.
- Alto desempeño con agregados álcali reactivos.
- Contiene adiciones impermeabilizantes.
- Alta resistencia y durabilidad en el tiempo.
- Excelente trabajabilidad.
- Ponderado calor de hidratación, ideal para climas calurosos.

Figura 4. Cemento Nacional Tipo HS



Fuente: <https://konstrutecnia.com/p/cemento-nacional-tipo-hs-proteccion-antisalitre-y-antihumedad-943>

Cemento Tipo ICo- Extra Forte: Óptimo desarrollo de resistencias y excelente trabajabilidad, diseñado para todo tipo de usos.

- Perfecto para la realización de obras estructurales.
- Componentes de concreto que no requieran cualidades únicas.
- Reformas, arreglos y diversas aplicaciones domésticas.
- Nivelación, producción de morteros para piso, lechadas y emboquillados. Producción de elementos prefabricados de pequeño y mediano tamaño.
- Diseñado con adiciones minerales que otorgan resistencias mecánicas para uso general. Diseño supera los requisitos de la NTP 334.090. (Pacasmayo, 2022)

Figura 5. Cemento Nacional Tipo HS



Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com/soluciones?type=6&prod=1>

2.2.4 El Agregado

Conjunto de partículas inorgánicas, manufacturadas o naturales, con tamaños que cumplen con las especificaciones de la Norma NTP 400.011. Los áridos constituyen la fase intermedia del hormigón, se incrustan en la pasta y ocupan entre el 62 % y el 78 % del volumen cúbico del hormigón.

Clasificación del agregado:

El árido se clasifica en grueso, fino y hormigón, este último denominado árido completo. El árido fino se define como partículas de roca que pasan por un filtro de 9,5 mm y quedan retenidas en un tamiz N°200, ya sea de origen natural o de producción intencionada. La arena es el árido fino predominante en la construcción.

La sustancia recogida en el tamiz N°4 se denomina árido grueso. A menudo se clasifica en piedra triturada y grava. La grava es el árido grueso producido por la erosión y la fragmentación natural de los recursos pétreos. El hormigón es un material compuesto creado a partir de una mezcla de arena y grava. (Rivva, 2010)

2.2.5 Granulometría

Se encarga de determinar la calidad de los materiales que ya se utilizan como áridos o que se proponen para su uso. Los resultados se utilizan para determinar si la distribución granulométrica cumple con los criterios establecidos. Además, los hallazgos se utilizan para proporcionar información esencial para la gestión de la fabricación de diversos áridos y combinaciones que los incorporan, así como información sobre la porosidad y el empaquetamiento.

Una muestra de árido seco de masa conocida se pasa a través de una serie de tamices con aberturas cada vez más pequeñas para completar el ensayo. El objetivo del ensayo es determinar el tamaño de las partículas del árido. (American Society for Testing and Materials, 2016).

Para este ensayo se emplean tamices de malla cuadrada cuya abertura de cada tamiz se visualiza en la Tabla 1 con sus respectivas unidades:

Tabla 1. Tamices y su abertura en mm

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
4	4,760
8	2,360
16	1,100
30	0,590
50	0,297
100	0,149
200	0,075

Fuente: (American Society for Testing and Materials, 2016)

2.2.6 Peso Unitario

Ya sea suelto o compactado, el peso unitario del árido es el peso obtenido por una unidad de volumen específica. Generalmente, se expresa en kilos por metro cúbico de material. El peso unitario se ve influenciado por el contenido de humedad; en el árido grueso, un mayor contenido de humedad aumenta el peso unitario. En el árido fino, un aumento por encima del nivel de saturación superficialmente seca puede reducir el peso unitario. (Rivva, 2010).

2.2.7 Porcentaje de Absorción

Cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua durante un tiempo suficiente para satisfacer el potencial de absorción, se utilizan los valores de absorción para calcular la variación de masa del árido resultante de la absorción de agua en los poros de sus partículas constituyentes. Esto se compara con la condición seca. (Universidad Centroamericana, 2022).

2.2.8 Peso Específico

La densidad es crucial en la construcción cuando el hormigón debe cumplir con las limitaciones de peso; también sirve como indicador de calidad: los valores elevados significan materiales de alto rendimiento, mientras que los pesos específicos más bajos generalmente indican agregados absorbentes e inferiores. (Rivva, 2010).

2.2.9 Contenido de Humedad

Las características físicas del suelo se determinan fácilmente, ya que el comportamiento y la resiliencia de los suelos en la construcción dependen de su contenido de agua. La relación entre el peso del agua (W_w) en la muestra y el peso de su fase sólida (W_s) establece el contenido de humedad del suelo. Se representa como un porcentaje (Juárez y Rico, 2005). El porcentaje de contenido de humedad se expresa en la ecuación (1):

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

Fuente: ASTM C566-97(2004)

Donde:

Peso del agua contenida en la muestra: W_w

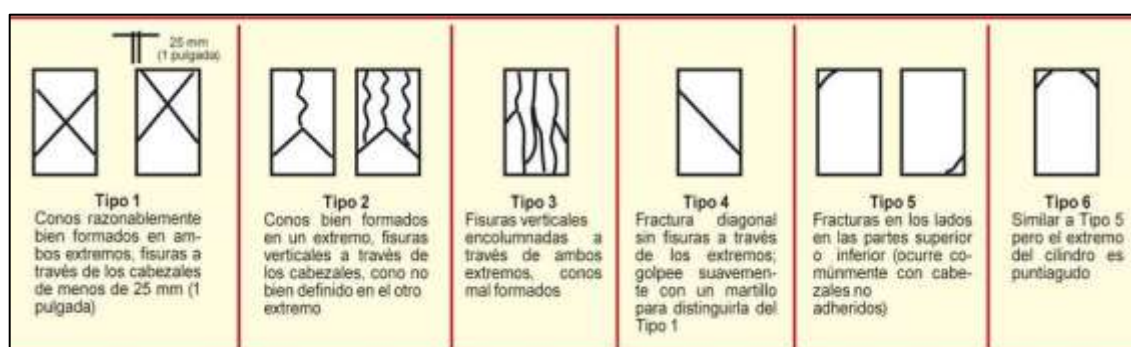
Peso de su fase sólida: W_s

2.2.10 Resistencia a la Compresión

La Prueba de Compresión del Hormigón (ASTM C39M, 2014) establece que las mezclas de hormigón pueden diseñarse para poseer diversas características mecánicas y de durabilidad que satisfagan las especificaciones de diseño pertinentes de la construcción. Las muestras cilíndricas de hormigón se someten a fractura en un comprobador de compresión para obtener mediciones de resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión se cuantifica en megapascuales (MPa) en el Sistema Internacional de Medidas o en libras-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en valores habituales en EE. UU. El cálculo consiste en dividir la carga última entre el área de la sección transversal portante. La resistencia a la compresión del hormigón postensado (hormigón estructural) debe incluirse en los planos de diseño; además, no debe tesarse hasta que el hormigón alcance una resistencia a la compresión de al menos 28 MPa para cordones multialambre. (Norma E.060, 2009)

La Figura 6 ilustra los patrones de tipo de fractura de las muestras de hormigón durante la prueba de resistencia a la compresión, identificando hasta seis tipos distintos de fractura.

Figura 6. Esquema de Patrones de tipo de Fracturas



Fuente: (NTP 339.034, 2013)

2.2.11 Resistencia Mínima del Concreto Estructural.

Se requiere que la resistencia a la compresión del hormigón estructural sea de al menos 17 MPa, lo que equivale a 173,35 kg/cm², con excepción del hormigón estructural básico. (Norma E.060 de 2020). El mínimo indispensable. Tras un período de 28 días, la resistencia requerida del hormigón básico destinado a aplicaciones estructurales no debe ser inferior a 14 MPa.

En la producción de hormigón básico, todos los componentes empleados (cemento, agua, aditivos, etc.) deben cumplir las mismas normas que las del hormigón armado. La dosificación, el ensayo de probetas cilíndricas, el encofrado, la colocación, el curado, la evaluación y la aceptación del hormigón son componentes que se incluyen en este criterio (Norma E.060, 2020)

2.2.12 Trabajabilidad del Concreto

La NTP 339.035 (1999), estableció la metodología para determinar el asentamiento del hormigón nuevo, tanto en laboratorio como en campo. El objetivo de esta prueba es verter con éxito tres capas de hormigón nuevo en un molde metálico cónico, mientras se pisan simultáneamente las aletas del molde. Para comprimir cada capa, se coloca la barra compactadora uniformemente en toda el área y se aplican 25 golpes a cada

pieza. Una vez completado, se utiliza una placa metálica para nivelarla. Se realiza una elevación vertical del molde. Posteriormente, se examina el asentamiento y se utiliza la diferencia entre la altura del molde y la cara superior del cono deformado para medir su gravedad. La diferencia de altura entre estos dos individuos puede expresarse en centímetros o pulgadas.

2.2.13 Requisitos de Durabilidad del Concreto.

La resistencia del hormigón a la penetración de fluidos, la proporción agua-cemento y la composición de los materiales cementantes influyen en su durabilidad. Cuando se utiliza junto con una proporción determinada de agua-cemento, la incorporación de cenizas volantes, cemento de escoria, humo de sílice o cualquier combinación de estos componentes suele aumentar la resistencia del hormigón a la penetración de fluidos y mejorar su longevidad. La relación agua-cemento, también conocida como relación a/c, se enfatiza en la norma ACI 318S-14 para lograr la baja permeabilidad necesaria para cumplir con los criterios de durabilidad.

No es fácil comprobar correctamente la relación agua-cemento del hormigón; por lo tanto, el valor seleccionado para f'_c debe ajustarse a la relación agua-cemento máxima necesaria para la durabilidad. Para garantizar que no se supere el valor máximo de a/c en obra, es necesario seleccionar un f'_c que sea coherente con el valor máximo de a/c requerido para la durabilidad. Esto permite utilizar los resultados de las pruebas de resistencia como sustituto de la relación agua/cemento (A/C), lo que ayuda a garantizar que no se exceda el valor máximo de A/C. Las categorías y clases de exposición del hormigón se muestran en la Tabla 2. Además, la Tabla 3 detalla los criterios para el hormigón según la categoría de exposición considerada. Esto incluye la relación agua/cemento máxima, la relación agua/cemento mínima y los tipos de cemento sugeridos para cada método de exposición.

Tabla 2. Categorías y clases de exposición

Categoría	Clase	Condición
Congelamiento y deshielo (F)	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo.
	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad
	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto frecuente con la humedad.
	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto frecuente con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes
Sulfato (S)	Sulfatos solubles en agua (SO_4^{2-}) en el suelo, % en masa^[1]	
	Sulfato (SO_4^{2-}) disuelto en agua, ppm^[2]	
	S0	$SO_4^{2-} < 0.10$ $SO_4^{2-} < 150$
	S1	$0.10 \leq SO_4^{2-} < 0.20$ $150 \leq SO_4^{2-} < 1500$ o agua marina
	S2	$0.20 \leq SO_4^{2-} < 2.00$ $1500 \leq SO_4^{2-} \leq 10000$ o agua
	S3	$SO_4^{2-} > 2.00$ $SO_4^{2-} > 10000$
En contacto con el agua (W)	W0	Concreto seco en servicio Concreto en contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad
	W1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad
Protección del refuerzo para la corrosión (C)	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad
	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros
	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen

Fuente: (ACI, 2019)

[1] El porcentaje en masa de sulfato en el suelo debe determinarse por medio de la norma ASTM C1580.

[2] La conglomeración de sulfatos diluidos en agua en partes por millón debe determinarse a través de la norma ASTM D516 ó la norma ASTM D4130.

Tabla 3. Requisitos para el concreto según la clase de exposición

Clase de Exposición	Relación	f'c	Requisitos mínimos adicionales			Límites en los materiales cementantes
	a/c	Mínimo				
	$máx^{[1]}$	Mpa	Contenido de aire			
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.55	24	Tabla 19.3.3.1			N/A
F2	0.45	31	Tabla 19.3.3.1			N/A
F3	0.40 ^[2]	35 ^[2]	Tabla 19.3.3.1			26.4.2.2 (b)
Tipos de material cementante ^[3]						Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150M	ASTM C 595M	ASTM C 1157M	
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II ^{[4][5]}	Tipos IP, IS o IT con designación (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V ^[5]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V más puzolanas o cemento de escoria ^[6]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS) más puzolanas o escoria ^[6]	HS más puzolanas o escoria ^[6]	No se permite
W0	N/A	17	Ninguna			
W1	0.50	28	Ninguna			
Contenido máximo de iones de cloruro (Cl ⁻) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de <i>cemento</i> ^[7]						Requisitos adicionales
			Concreto no preesforzado	Concreto preesforzado		
C0	N/A	17	1	0.06	Ninguno	
C1	N/A	17	0.30	0.06		
C2	0.40	35	0.15	0.06	Recubrimiento de concreto ^[8]	

Fuente: (ACI, 2019)

- [1] Para el hormigón ligero, las relaciones peso-cemento máximas que se indican en la Tabla 3 no son aplicables.
- [2] La relación agua-cemento (a/c) máxima para el hormigón simple es de 0,45 y la resistencia a la compresión (f_c) mínima será de 31 MPa.
- [3] Otros tipos de cemento Portland que incluyen aluminato tricálcico (C3A) hasta en un 10 % son adecuados para su uso en situaciones de exposición al agua salada, siempre que la relación peso-cemento no supere 0,40.
- [4] Cuando el contenido de C3A es inferior al 8 % en la clase de exposición S1 o inferior al 5 % en la clase de exposición S2, se permiten otros tipos de cemento utilizables, como el Tipo I o el Tipo III, en las clases de exposición S1 o S2. Este es el caso si el contenido de C3A es inferior al 8 % en la clase de exposición S1.
- [5] Para mejorar la resistencia a los sulfatos en el hormigón que incorpora cemento Tipo V, la cantidad de puzolanas o cemento de escoria que se utilizará de la fuente específica debe ser al menos igual a la cantidad indicada en el registro de servicio.
- [6] El contenido de iones de cloruro solubles en agua que aportan los componentes como agua, áridos, materiales cementantes y aditivos incluidos en la mezcla de hormigón debe caracterizarse según la norma ASTM C1218M a una edad de entre 28 y 42 días.

2.2.14 Ciclos de congelación y descongelación del concreto

Como afirman Luo et al., (2022), estos ciclos son un proceso en el que el hormigón experimenta periodos alternos de temperaturas superiores e inferiores al punto de congelación del agua. Según esta teoría, cuando la temperatura desciende a un determinado grado, el agua contenida en los poros del hormigón se transforma en hielo y tiende a expandirse, generando presión. Si la presión supera su resistencia, aparecen

microfisuras en el hormigón. La acumulación de estas fisuras puede causar graves daños al hormigón a nivel macroscópico. Es especialmente importante considerar este fenómeno en zonas con climas fríos o en edificios expuestos a cambios de humedad y temperatura.

2.2.15 Penetración de sulfatos en el concreto

Los iones de sulfato presentes en el suelo o el agua pueden penetrar en la matriz del hormigón mediante un proceso conocido como penetración de iones de sulfato. Este proceso puede provocar daños o deterioro del material. Uno de los fenómenos que reduce la durabilidad del hormigón es la degradación que se produce cuando se expone a los sulfatos del ambiente. Según Ikumi y Segura (2019), este proceso incluye reacciones químicas que provocan expansión, disolución de componentes de calcio y degradación estructural. Como consecuencia, puede provocar fracturas, pérdida de resistencia y fallos mecánicos. Además, los sulfatos pueden corroer el acero de refuerzo del hormigón, lo que reduce la integridad estructural general de la construcción.

2.2.16 Procesamiento estadístico de los resultados obtenidos en laboratorio.

El ANOVA comprende un conjunto de técnicas estadísticas extremadamente eficaces y adaptables. Esto resulta ventajoso al comparar múltiples grupos, al tomar mediciones en varias ocasiones, cuando los sujetos presentan variabilidad en las características que influyen en el resultado y que requieren ajuste, o al analizar simultáneamente los efectos de múltiples tratamientos. Dagnino, 2014.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) unidireccional para analizar los datos cuantitativos de esta investigación. Este enfoque estadístico examina la disparidad en las medias de los cinco tratamientos (muestras de los cinco tipos de cemento) investigados. Se utilizó la prueba de rango de Tukey y se analizaron los gráficos de datos. El

procesamiento de datos se realizó con Minitab 18 (Minitab 18 Support, 2022). Esta estrategia es más eficaz en grupos de muestra con amplios conjuntos de datos, ya que esta investigación evaluará solo cuatro tipos de muestra por grupo de tipo de cemento. La técnica de Tukey genera intervalos de confianza para cada divergencia pareada entre las medias de los niveles de los factores, a la vez que evalúa la tasa de error por familia en un nivel específico. Considerar la tasa de error a nivel de familia es crucial al realizar numerosas similitudes, ya que la probabilidad de cometer un error de Tipo I en una serie de comparaciones supera la tasa de error individual máxima. El sistema modifica el nivel de confianza para cada período específico para garantizar que el nivel de confianza concurrente resultante coincida con el valor especificado.

- Diagrama de cajas

El diagrama muestra una descripción visual de la distribución de cada muestra, lo que permite comparar las muestras en términos de forma, tendencia central y variabilidad de forma sencilla y directa. Además, detecta posibles valores atípicos. (Soporte para Minitab, año 18, 2022)

El rendimiento de los diagramas de caja es óptimo cuando el tamaño de la muestra es superior a veinte. En esta investigación en particular, se crearon sesenta muestras utilizando cinco tipos distintos de cemento: tipo I, tipo HS, tipo Ms, tipo Ico y tipo V. Cada grupo constó de cuatro muestras a lo largo de todo el experimento.

2.3 Marco Conceptual

Utilizando diversos tipos de cemento, se investiga la resistencia a la compresión del hormigón con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Las variables independientes son las edades del hormigón: 7 días, 14 días y 28 días, y los tipos de cemento: Tipo I, Tipo ICO, Tipo V, Tipo Hs y Tipo MS.

Este estudio sugiere que la edad del hormigón y los tipos de cemento influyen en su resistencia a la compresión.

2.4 Definición de Términos Básicos

2.4.1 F'_c

Resistencia especificada a la compresión del concreto, se expresa en megapascuales, MPa. (Norma E.060, 2020).

2.4.2 Resistencia a la compresión

El procedimiento para medir la resistencia a la compresión consiste en romper probetas cilíndricas de hormigón en un equipo de ensayos de compresión. Esto da como resultado la medición de la resistencia a la compresión. En Estados Unidos, se mide en megapascuales (MPa), pero en el sistema internacional (SI) se mide en libras-fuerza por pulgada cuadrada (psi). El cálculo de la resistencia a la compresión consiste en dividir la carga última entre el área de la sección transversal del material necesaria para soportarla. (National Ready Mixed Concrete Association, 2020)

2.4.3 Fraguado del cemento

Esto se refiere a cómo aumenta la resistencia de una pasta fraguada. El tiempo transcurrido entre la adición de agua y el punto en que la pasta pierde su viscosidad

y aumenta su temperatura se denomina "fraguado inicial". Este tiempo indica que la pasta es semisólida y está parcialmente hidratada. Posteriormente, la pasta continúa endureciéndose hasta que ya no puede ser modificada con tensiones mínimas, se vuelve rígida y alcanza la temperatura mínima. El tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta alcanzar la etapa descrita anteriormente se denomina "fraguado final". Este tiempo indica que el cemento se ha hidratado aún más (aunque no del todo) y que la pasta ya se ha solidificado. A partir de este punto, comienza el proceso de endurecimiento y la pasta fraguada empieza a adquirir resistencia. (Gutiérrez de López, 2003)

2.4.4 Durabilidad

La capacidad del hormigón para conservar su forma, calidad y características de servicio originales a lo largo del tiempo y ante las inclemencias del tiempo, las agresiones químicas o cualquier otro proceso de degradación se denomina durabilidad. Esta propiedad permite que el hormigón conserve su forma, calidad y características de servicio originales. (Gutiérrez de López, 2003)

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

La resistencia a compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento tipo I varía en más del 3% con respecto a la resistencia obtenida al utilizar los cementos: tipo ICO, tipo V, tipo HS y tipo MS a las edades de 7, 14 y 28 días.

3.2 Variables

- Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$
- Independientes: Edades del concreto, tipos de cemento.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Ubicación Geográfica.

La Tabla 4 detalla la información sobre la ubicación donde se realizó la presente investigación, así mismo, la Tabla 5 muestra sus coordenadas UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator).

En la Figura 7 se observa de manera gráfica el distrito de Cajamarca en el cual se realizó la presente investigación.

Tabla 4. Ubicación del Proyecto

Departamento	Cajamarca
Región	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Cajamarca

Tabla 5. Coordenadas UTM

Norte	Este
9216108.9751	767980.0169

Figura 7. Ubicación del Proyecto



Fuente: Arcgis, 2021

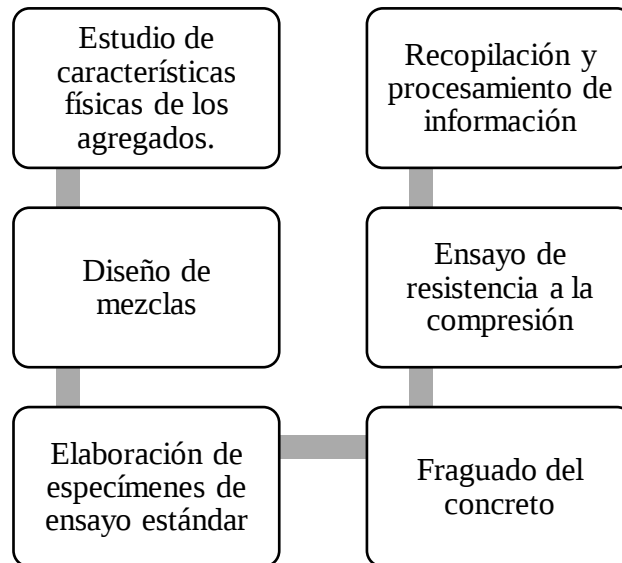
4.2 Diseño De La Investigación

- a) Luego de determinar la muestra de estudio se empezó a elaborar fichas de registro para los ensayos de propiedades físicas del agregado grueso y fino, además de fichas de registro para las probetas que se van a ensayar, y también el formato de toma de datos para las probetas de los diferentes tipos de cemento.
- b) Aprobación de los formatos para el registro y toma de datos.
- c) Se realizó la compra y traslado del agregado, así mismo de los tipos de cemento.
- d) Realización de ensayos de propiedades físicas: peso unitario, peso específico, peso específico aparente, absorción, contenido de humedad y módulo de finura.
- e) De acuerdo a las propiedades de los agregados, se hizo un solo diseño de mezclas con relación $a/c=0.45$ para todos los tipos de cemento.
- f) Se elaboró las 60 probetas de acuerdo al diseño de mezclas establecido, siendo 12 probetas para cada ejemplar de cemento (tipo I, tipo HS, tipo MS, tipo ICO y tipo V), de las cuales se examinaron 4 probetas para las edades de 7, 14 y 28 días por cada tipo.
- g) Cuando las probetas fraguaron, luego de desencofrar, se realizó el curado de las mismas.
- h) Al cumplirse los 7, 14 y 28 días de edad del concreto se realizó el test de resistencia a la compresión de cada probeta de concreto para determinar la máxima resistencia de cada espécimen con la toma de datos paralelamente.
- i) Finalmente se procesa la información y se comprueba la hipótesis sobre la alteración de la resistencia a la compresión y analizar el cumplimiento de los requerimientos para el concreto de acuerdo a la clase de exposición conforme a la Tabla 3.

4.3 Métodos de Investigación

Para esta investigación se consideró minuciosamente la metodología que se muestra en la Figura 8 la cual se empleó para mantener un orden y resultados confiables.

Figura 8. Métodos de Investigación



4.4 Población, Muestra, Unidad de Análisis y Unidad de Observación

- La muestra es no probabilística (muestreo según criterio), debido a que la población es infinita.
- Población: Especímenes de concreto (probetas cilíndricas)

La Tabla 6 detalla la muestra de esta investigación que se tomó en cuenta para las diferentes edades del concreto y para cada variedad de cemento.

Tabla 6. Muestra

Edad del concreto	7 días	14 días	28 días
Cemento Tipo I	4	4	4
Cemento Tipo ICo	4	4	4
Cemento Tipo V	4	4	4
Cemento Tipo HS	4	4	4
Cemento Tipo MS	4	4	4
Total	60 probetas		

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información

- Técnicas: Experimentación y observación directa.
- Instrumentos: Fichas de recolección de información elaborada para materiales a utilizar, edad del concreto y tipo de cemento.

4.6 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información

Para procesar los datos se transcribirá los datos obtenidos en las fichas de recolección de datos a unas hojas de cálculo en la computadora y se utilizó los softwares Microsoft Excel y Minitab.

4.7 Equipos, Materiales e Insumos.

Para esta investigación se empleó diversos materiales, equipos e insumos los cuales se especifican en la Tabla 7:

Tabla 7. Materiales, equipos e insumos empleados.

MATERIALES	EQUIPOS	INSUMOS
Probetas cilíndricas de acero	Máquina de ensayo para materiales de alta resistencia a la compresión.	Agregado fino
Regla	Horno eléctrico digital	Agregado grueso
Balanza		Agua
Fiola		
Taras		
Tamices	Mixer	Cemento
Varilla de Acero		
Badilejo		
Cono de Abrams		
Varilla de Acero		
Libreta de anotaciones		

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Presentación de resultados

5.1.1 Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados y la normativa empleada en la realización de los ensayos se muestran en la Tabla 8 para el agregado grueso y en la Tabla 10 para el agregado fino de río respectivamente.

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

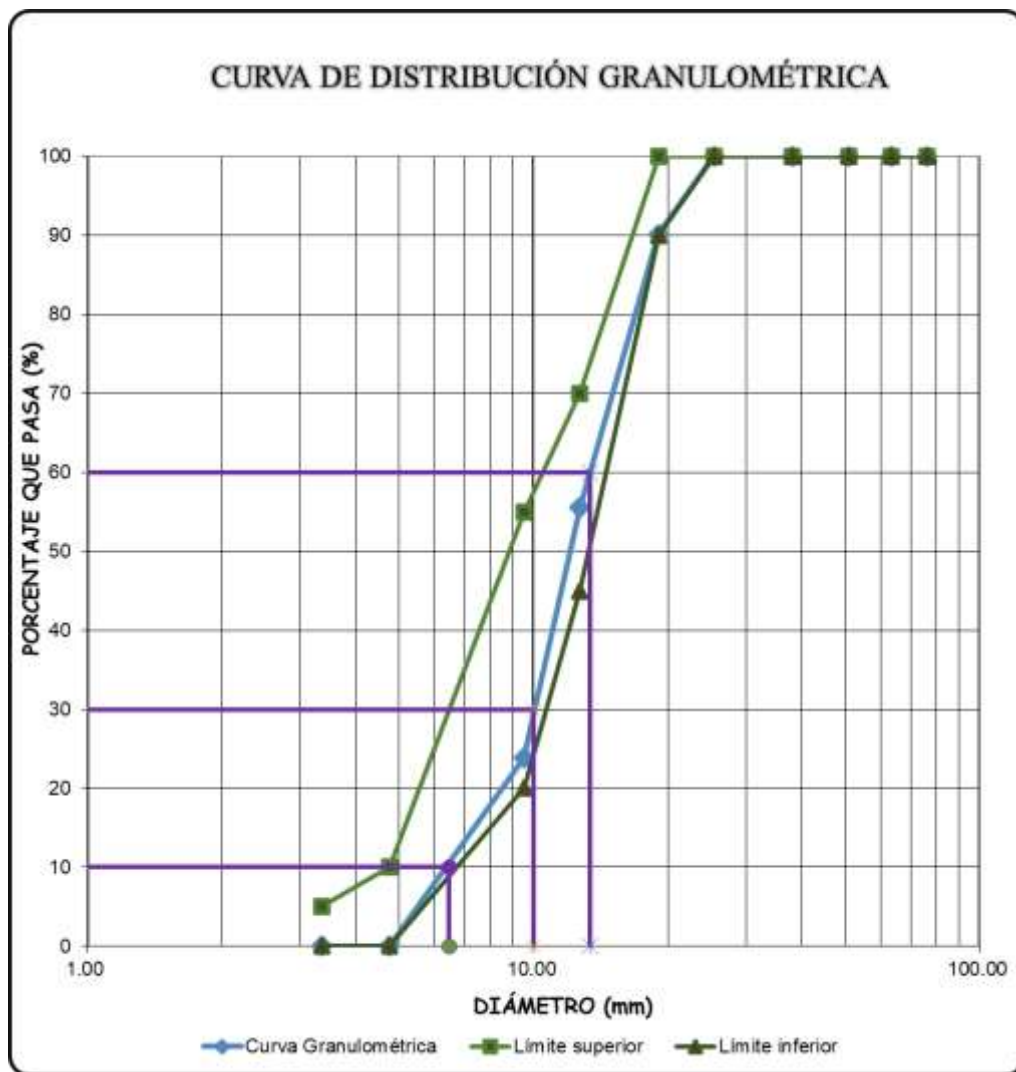
Tabla 8. Características del agregado grueso.

Peso unitario suelto	1 402 Kg/m³	NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205
Peso unitario compactado	1 535 Kg/m³	NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205
Peso Específico de Masa	2.620 g/cm³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650 g/cm³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Peso Específico Aparente	2.700 g/cm³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Absorción (%)	1.100 %	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Contenido de Humedad (W%)	0.34 %	A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	0.40 %	A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202
Abrasión % Desgaste Promedio	29.00 %	NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207
Módulo de Finura	6.860	A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202

Las características del agregado grueso que muestra la Tabla 8 fueron necesarias para la realización del diseño de mezclas del concreto ya que son requerimientos para considerar en la corrección por vacíos de la mezcla, masa mínima de muestra en peso, peso específico de masa para el diseño, etc. Garantizando la trabajabilidad, calidad y

control de uniformidad en los agregados de la mezcla. Cada ensayo se realizó de acuerdo a las normativas presentadas, y cada valor obtenido se encuentra en los estándares requeridos, así como el valor de abrasión que cumple con la NTP 400.019 (2014), ya que el valor no supera el 50% requerido por ésta.

Figura 9. Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso



La curva granulométrica del agregado grueso que se presenta en la Figura 9 cumple el huso granulométrico N°67 de la norma ASTM. C 33M-16. Las líneas que intersecan la curva granulométrica se emplearon para hallar el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura los cuales se exponen en la Tabla 9:

Tabla 9. Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura del agregado grueso

$$C_u = 2.02 \quad C_c = 1.19$$

Si el C_u es inferior a 5, los agregados corresponden a suelos uniformes y los inferiores a 2.5 corresponden a suelos muy uniformes. Además, el C_c indica el equilibrio entre los intervalos del tamaño de las partículas, y debe estar entre los valores de 1 a 3 para ser un suelo bien graduado. Por lo tanto, ambos valores cumplen con la A.S.T.M. C 136.

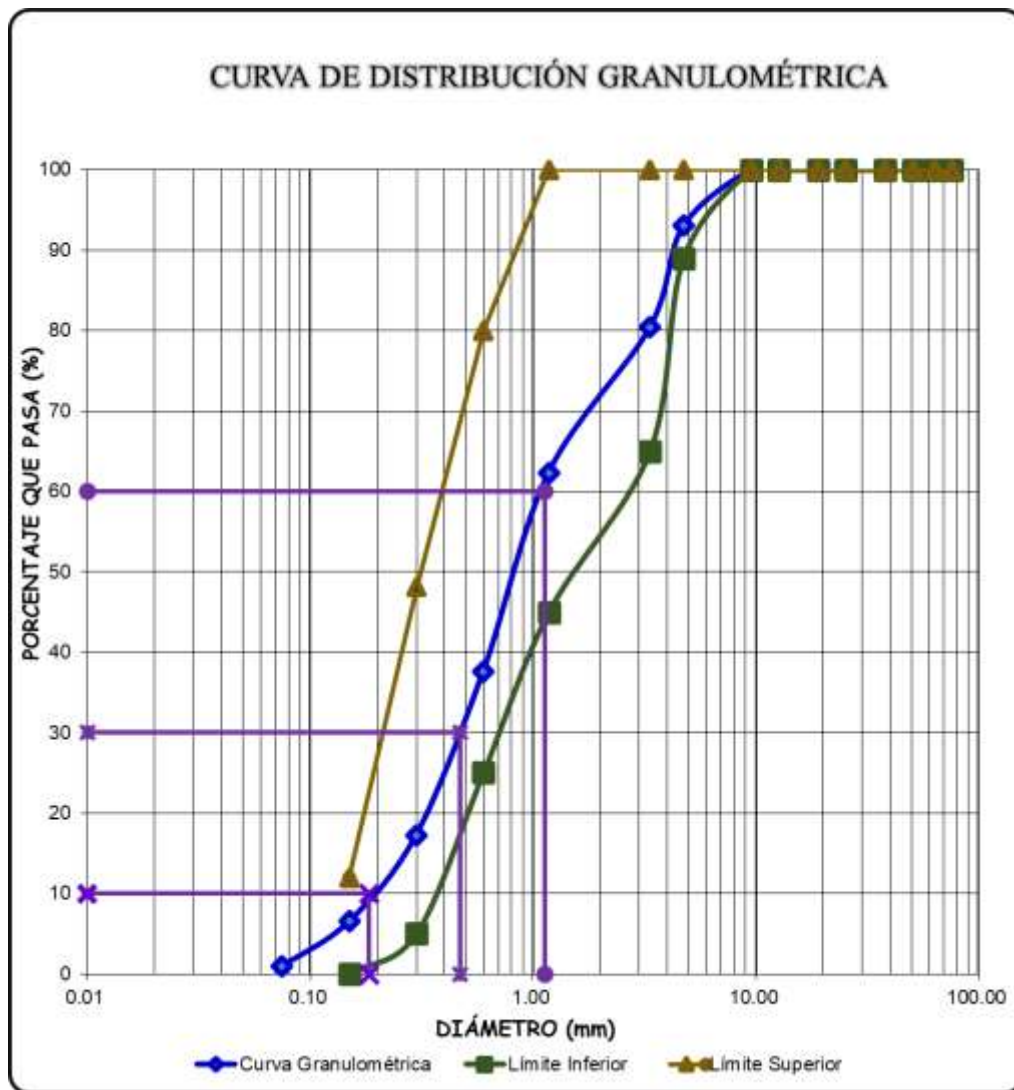
MATERIAL: AGREGADO FINO DE RIO

Tabla 10. Características del agregado fino de río

Peso unitario suelto	1 601 Kg/m³	NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C - 29 / MTC E 205
Peso unitario compactado	1 717 Kg/m ³	NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205
Peso Específico de Masa	2.620 g/cm ³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.650 g/cm ³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Peso Específico Aparente	2.710 g/cm ³	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Absorción (%)	1.300 %	ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021
Contenido de Humedad (W%)	4.76 %	A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	2.60 %	A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202
Módulo de Finura	3.029	A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202

Según la Tabla 10, el porcentaje que pasa el tamiz N°200 es de 2.60% se encuentra entre los valores de 0% a 3.0 %, por lo tanto, cumple con los requisitos de granulometría que menciona la NTP 400.037 (2018). Además, el módulo de fineza del agregado es 3.029 y también cumple con la NTP 400.012 (2018) la cual indica que este valor debe estar entre 2.3 y 3.1.

Figura 10. Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino



La curva granulométrica que se observa del agregado fino presentada en la Figura 10 cumple el huso granulométrico "M" de la norma NTP. 400.037-ASTM-33. Los valores que intersecan la curva granulométrica se emplearon para hallar el coeficiente de curvatura (C_c) y coeficiente de uniformidad (C_u) del agregado fino que se evidencian en la Tabla 11.

Tabla 11. Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura del agregado fino

$$C_u = 6.17 \quad C_c = 1.07$$

5.1.2 Diseño de Mezclas.

Tabla 12. Diseño de mezclas

Para 0.0267		m ³
4 muestras		
CEMENTO	9790	gr
AGUA EFECTIVA	4889	ml
AGREGADO FINO HUMEDO	22960	gr
AGREGADO GRUESO HUMEDO	23973	gr

La Tabla 12 muestra el diseño de mezclas para todas las probetas cilíndricas elaboradas con una relación a/c=0.45, teniendo en cuenta un volumen de 0.0267 m³ por cada tanda para 4 probetas.

5.1.3 Análisis ANOVA.

Se realizó un análisis estadístico ANOVA de un solo factor: Resistencia a compresión (kg/cm²) vs. Tratamiento a la edad de 7 días.

Tabla 13. Slump de probetas elaboradas

Probetas de concreto elaborado con diferentes tipos de cemento	Slump (cm)
Cemento portland tipo I	8.53
Cemento portland tipo HS	8.20
Cemento portland tipo ICo	9.15
Cemento portland tipo MS	8.96
Cemento portland tipo V	8.53

La Tabla 13 muestra los resultados de la prueba de Slump para las probetas elaboradas con los diferentes tipos de cemento in situ, se visualiza que el concreto producido con cemento tipo ICo posee mejor trabajabilidad.

- Método

Tabla 14. Método de análisis

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis. En la Tabla 14 se muestra el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que significa que la tiene un 95% de confiabilidad.

Tabla 15. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	HS - 7D, ICO - 7D, MS - 7D, T1 - 7D, TV - 7D

En la Tabla 15 se visualiza valores para el tratamiento estadístico, en este caso dichos valores son los tipos de cemento empleado, por lo tanto, hay 5 niveles de tratamiento.

Tabla 16. Análisis de Varianza

Fuente	GL	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	1952.59	63.01	0.000
Error	15	30.99		
Total	19			

- Si ($0.01 < P < 0.05$) hay notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P < 0.01$) hay una falta de notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P > 0.05$) no hay distinción estadística en el ANOVA.
- GL (grados de libertad).
- MC (Media de los cuadrados).
- Valor F (F calculado).
- Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 16 Análisis de varianza, muestra el valor de $P=0.000$, lo cual se interpreta como la existencia de una prominente notoriedad estadística, por tanto, se acepta la hipótesis alterna. Lo que quiere decir que los métodos tuvieron efecto en la resistencia a compresión a los **7 días**.

- Medias

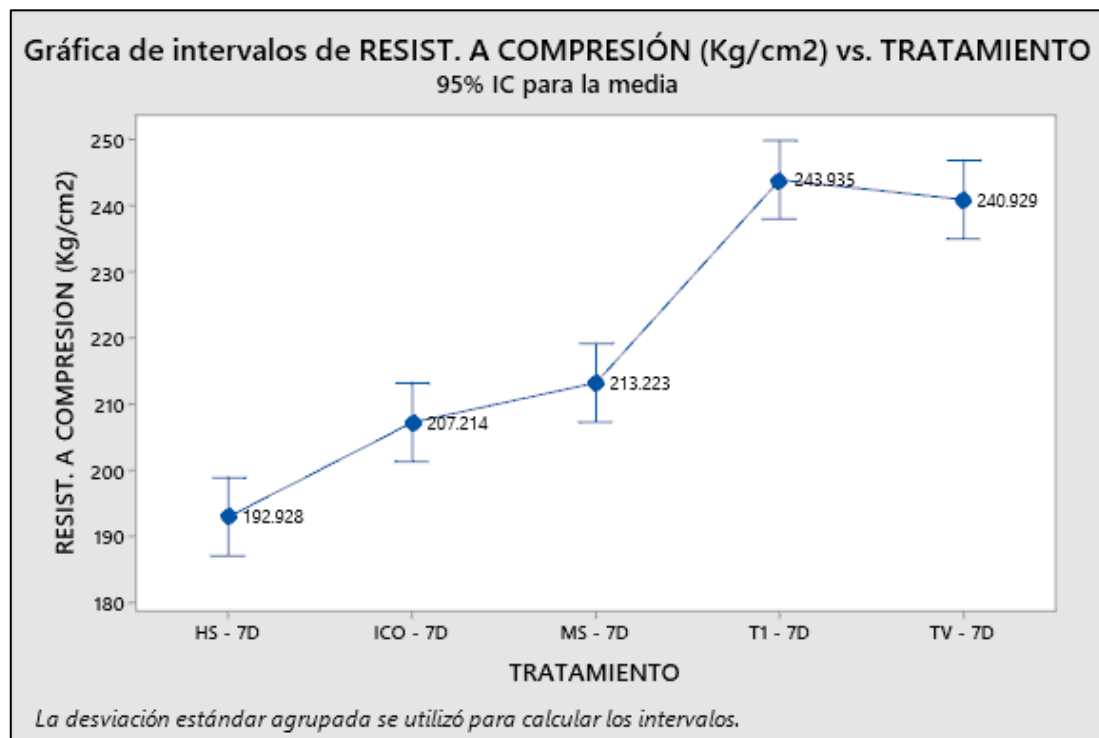
Tabla 17. Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
HS - 7D	4	192.93	4.88	(186.99, 198.86)
ICO - 7D	4	207.21	2.25	(201.28, 213.15)
MS - 7D	4	213.22	4.49	(207.29, 219.16)
T1 - 7D	4	243.94	6.39	(238.00, 249.87)
TV - 7D	4	240.93	8.06	(235.00, 246.86)

$$\text{Desv.Est. agrupada} = 5.56694$$

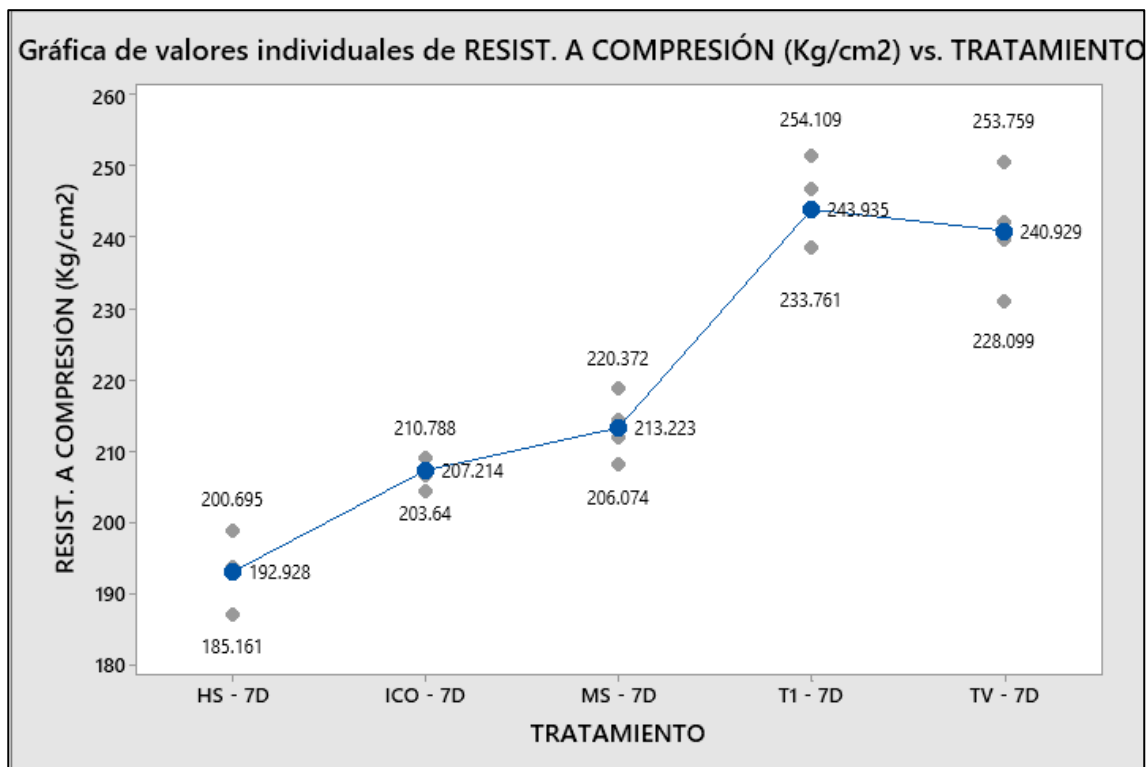
La Tabla 17 muestra la media, índice de confiabilidad (IC) y desviación estándar para cada tipo de cemento, evidenciando valores de la desviación estándar menores a 10, por lo tanto, son valores aceptables de dispersión.

Figura 11. Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días



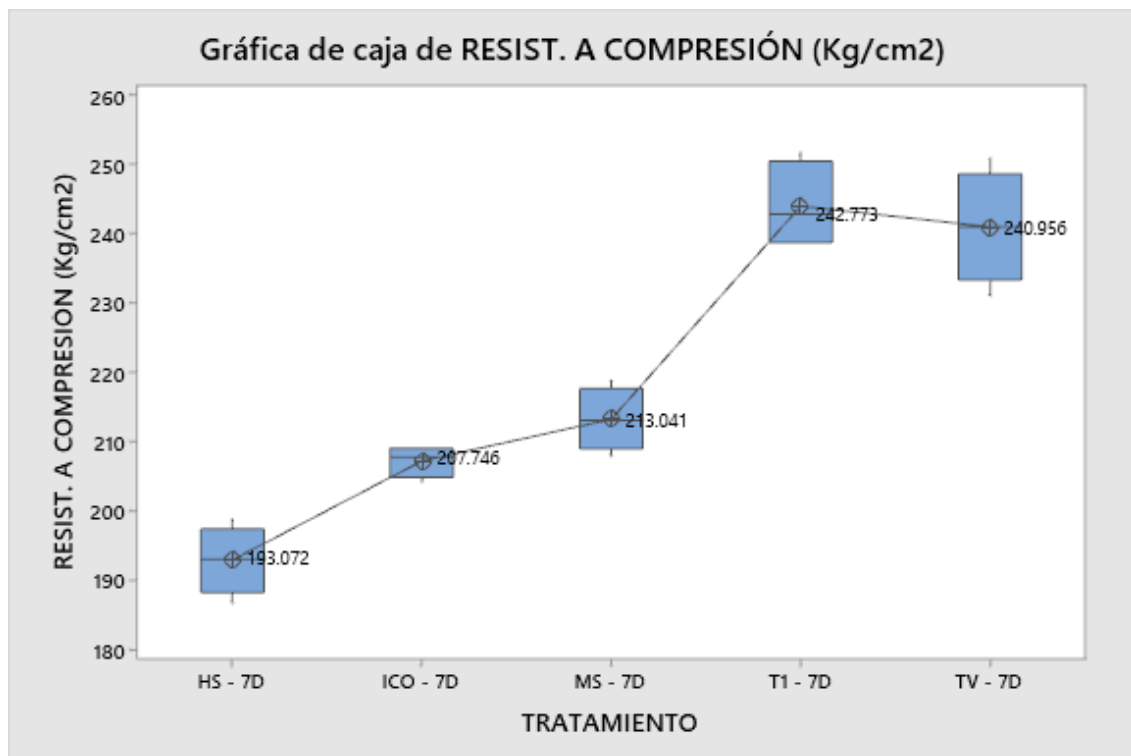
La Figura 11 muestra los intervalos de resistencia a la compresión para los 5 tipos de cemento a la edad de 7 días, evidenciando una resistencia mínima de 192.93 kg/cm² para el concreto con cemento tipo HS y una resistencia máxima de 243.94 kg/cm² para el concreto elaborado con cemento tipo I.

Figura 12. Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días



La Figura 12 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión para los 5 tipos de cemento a la edad de 7 días, evidenciando una dispersión mínima de datos para concreto elaborado con cemento tipo ICO y una mayor dispersión de datos para el concreto fabricado con cemento tipo V.

Figura 13. Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 7 días



Al confrontar la Figura 11. Intervalos de resistencia a la compresión y la Figura 13. Gráfica de caja de resistencia a la compresión en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

- HS – 7D: como la media $192.928 < \text{mediana } 193.072$, la distribución es asimétrica adversa.
- ICO – 7D: como la media es $207.214 < \text{mediana } 207.746$, la distribución es asimétrica adversa.
- MS – 7D: como la media es $213.223 > \text{mediana } 213.041$, la distribución es asimétrica positiva.
- T1 – 7D: como la media es $243.935 > \text{mediana } 242.773$, la distribución es asimétrica positiva.
- TV – 7D: como la media es $240.929 < \text{mediana } 240.956$, la distribución es asimétrica adversa.

Posteriormente, se elige los dos tratamientos con mejores respuestas:

- Al tener ICO – 7D distribución asimétrica, se estiman parámetros de rango intercuartil 4.149 y mediana 207.746, no manifiesta datos atípicos.
- Al tener MS -7D distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 8.642 y mediana 213.041, no manifiesta datos atípicos.
- Los dos tratamientos tienen respuestas similares, aunque el diseño del concreto con cemento tipo **MS** al tener una mediana mayor y un rango intercuartil inferior a los demás diseños, se deduce que el diseño es preferible al ser representativo.

ANOVA de un solo factor: RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm²) vs.
TRATAMIENTO A LA EDAD DE 14 DÍAS

- Método

Tabla 18. Método de análisis.

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis. En la Tabla 18 se muestra el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que evidencia que tiene un 95% de confiabilidad.

Tabla 19. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	HS - 14D, ICO - 14D, MS - 14D, T1 - 14D, TV - 14D

Tabla 20. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	20854.8	5213.69	439.60	0.000
Error	15	177.9	11.86		
Total	19	21032.7			

- Si ($0.01 < P < 0.05$) hay notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P < 0.01$) hay una falta de notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P > 0.05$) no hay diferencia estadística en el ANOVA.
- GL (grados de libertad).
- MC (Media de los cuadrados).
- Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 20. Análisis de varianza, muestra el valor de $P=0.000$, lo cual se interpreta como la existencia de una superior notoriedad estadística, por tanto, se acepta la hipótesis alterna. Lo que quiere decir que los métodos tuvieron resultado en la resistencia a compresión a los **14 días**.

▪ Medias

Tabla 21. Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.

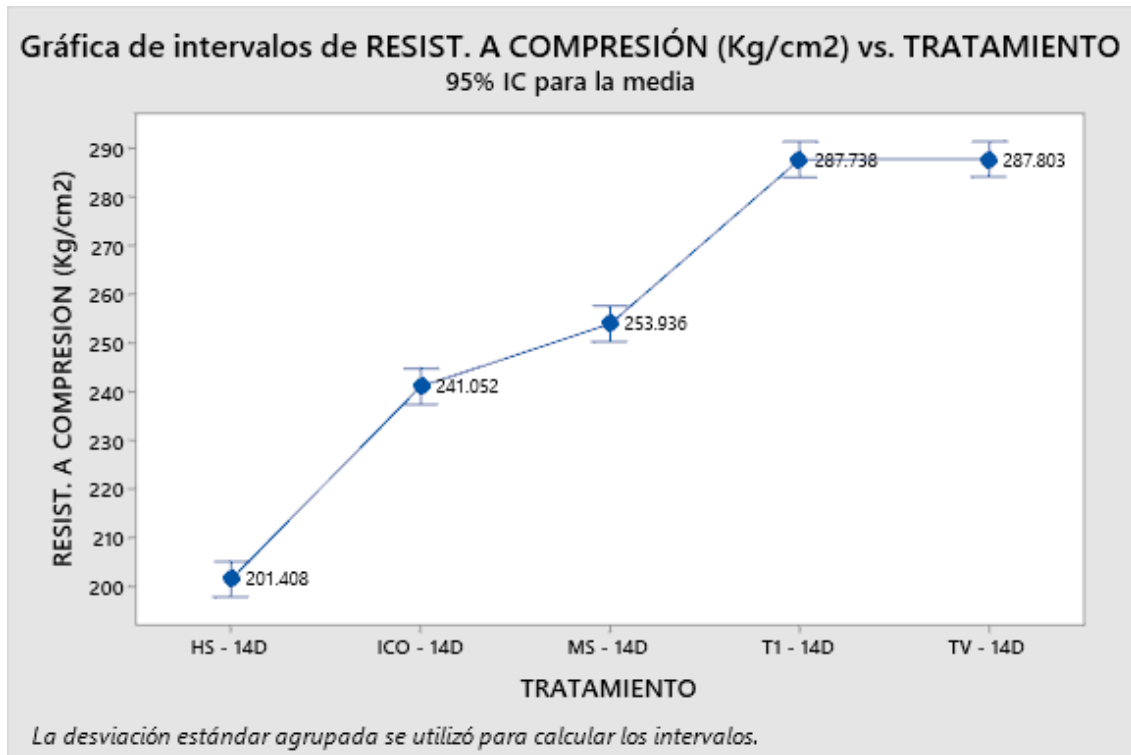
TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
HS - 14D	4	201.408	1.289	(197.738, 205.078)
ICO - 14D	4	241.05	3.42	(237.38, 244.72)
MS - 14D	4	253.936	1.358	(250.266, 257.607)
T1 - 14D	4	287.74	2.87	(284.07, 291.41)
TV - 14D	4	287.80	5.99	(284.13, 291.47)

$$\text{Desv.Est. agrupada} = 3.44385$$

La Tabla 21 muestra la media, el índice de confiabilidad (IC) y la desviación estándar para cada tratamiento, evidenciando valores de la desviación estándar menores

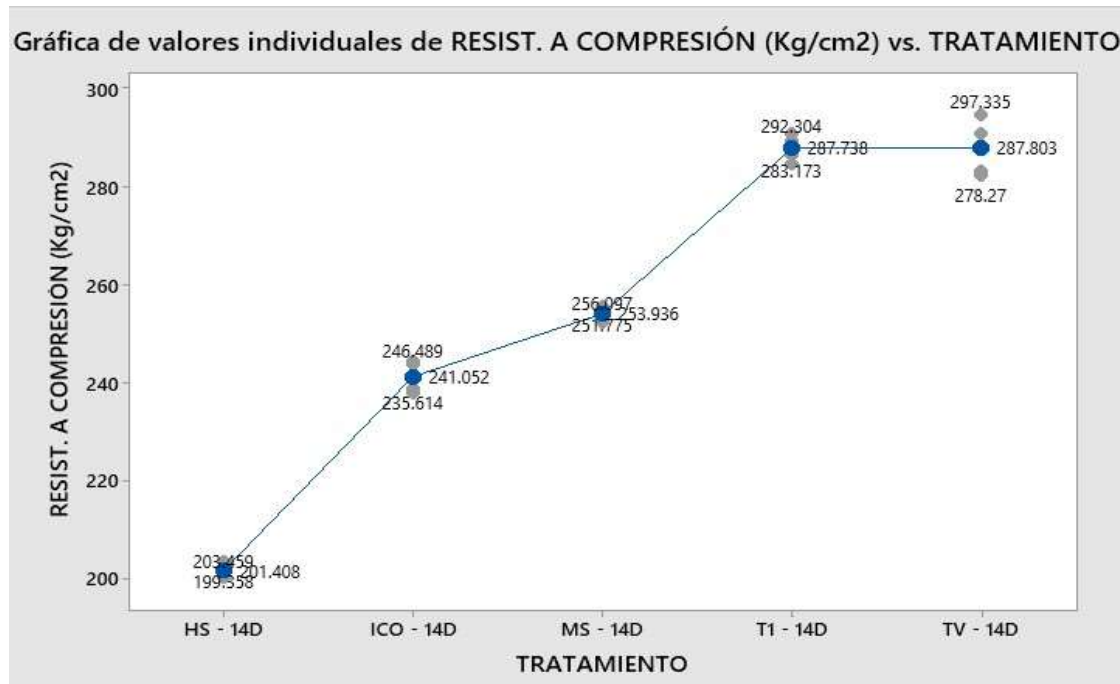
a 10, por lo tanto, son valores aceptables de dispersión.

Figura 14. Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días



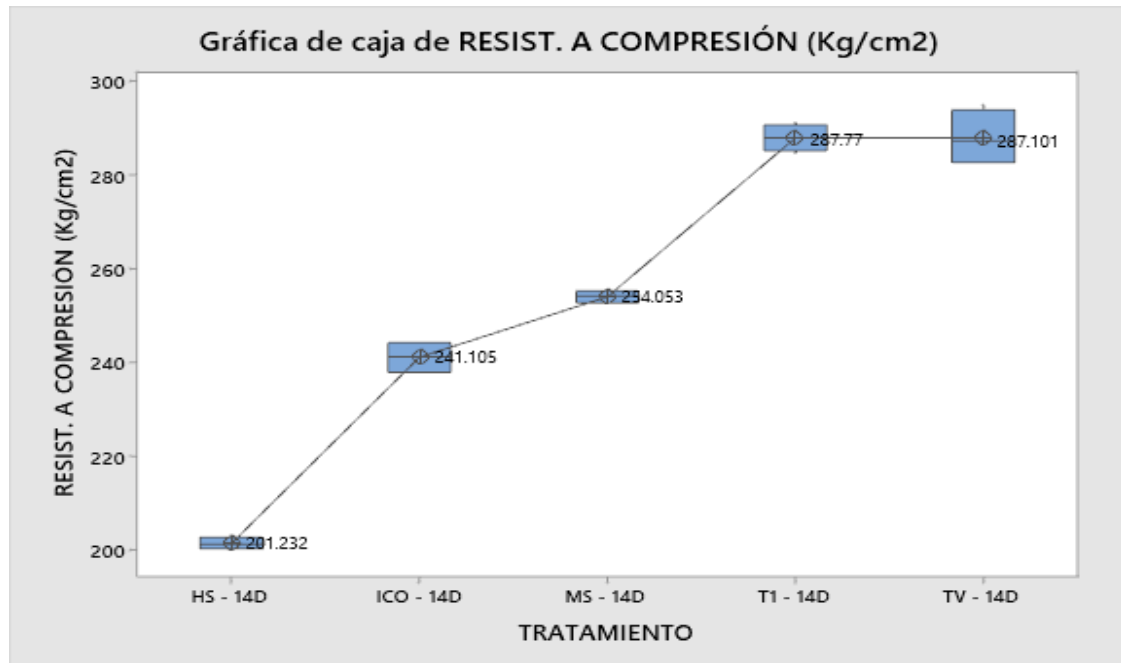
La Figura 14 muestra los intervalos de resistencia a la compresión para las 5 variedades de cemento a la edad de 14 días, evidenciando una resistencia mínima de 201.41 kg/cm² para el concreto realizado con cemento tipo HS y una resistencia máxima de 287.80 kg/cm² para el concreto elaborado con cemento tipo V.

Figura 15. Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días



La Figura 15 presenta los valores individuales de resistencia a la compresión para los 5 tipos de cemento a la edad de 14 días, evidenciando una dispersión menor de información para concreto elaborado con cemento tipo MS y una mayor dispersión de datos para el concreto con cemento tipo V.

Figura 16. Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 14 días.



Al comprar la Figura 14. Intervalos de resistencia a compresión y la Figura 16. Gráfica de caja de resistencia a compresión en paralelo, de los métodos o tratamientos se tiene:

- HS – 14D: como la media 201.408 > mediana 201.232, la distribución es asimétrica positiva.
- ICO – 14D: como la media es 241.052 < mediana 241.105, la distribución es asimétrica negativa.
- MS – 14D: como la media es 253.926 < mediana 254.053, la distribución es asimétrica negativa.
- T1 – 14D: como la media es 287.738 > mediana 287.77, la distribución es asimétrica positiva.
- TV – 14D: como la media es 287.803 > mediana 287.101, la distribución es asimétrica positiva.

Posteriormente, se escoge los dos tratamientos con mejores respuestas:

- Teniendo HS – 14D distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 2.372 y mediana 201.232, no exhibe datos atípicos.
- Teniendo MS -14D distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 2.611 y mediana 254.053, no exhibe datos atípicos.
- Los dos tratamientos tienen resultados análogos, no obstante, el diseño del concreto con cemento tipo **MS** al tener una mediana mayor y un rango intercuartil inferior a los demás diseños, se infiere que el diseño es preferible al ser representativo.

ANOVA de un solo factor: RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm²) vs.
TRATAMIENTO A LA EDAD DE 28 DÍAS

- Método

Tabla 22. Método de análisis

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis. En la Tabla 22 se muestra el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que denota que posee un 95% de confiabilidad.

Tabla 23. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	HS - 28D, ICO - 28D, MS - 28D, T1 - 28D, TV - 28D

Tabla 24. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	13986.9	3496.73	144.91	0.000
Error	15	362.0	24.13		
Total	19	14348.9			

- Si ($0.01 < P < 0.05$) hay notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P < 0.01$) hay una ausencia de notoriedad estadística en el ANOVA.
- Si ($P > 0.05$) no hay distinción estadística en el ANOVA.
- GL (grados de libertad).
- MC (Media de los cuadrados).
- Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 24 Análisis de varianza, muestra el valor de $P=0.000$, lo cual se interpreta como la existencia de una prominente significación estadística, por tanto, se acepta la hipótesis alterna. Lo que quiere decir que los tratamientos impactaron en la resistencia a compresión a los **28 días**.

- Medias

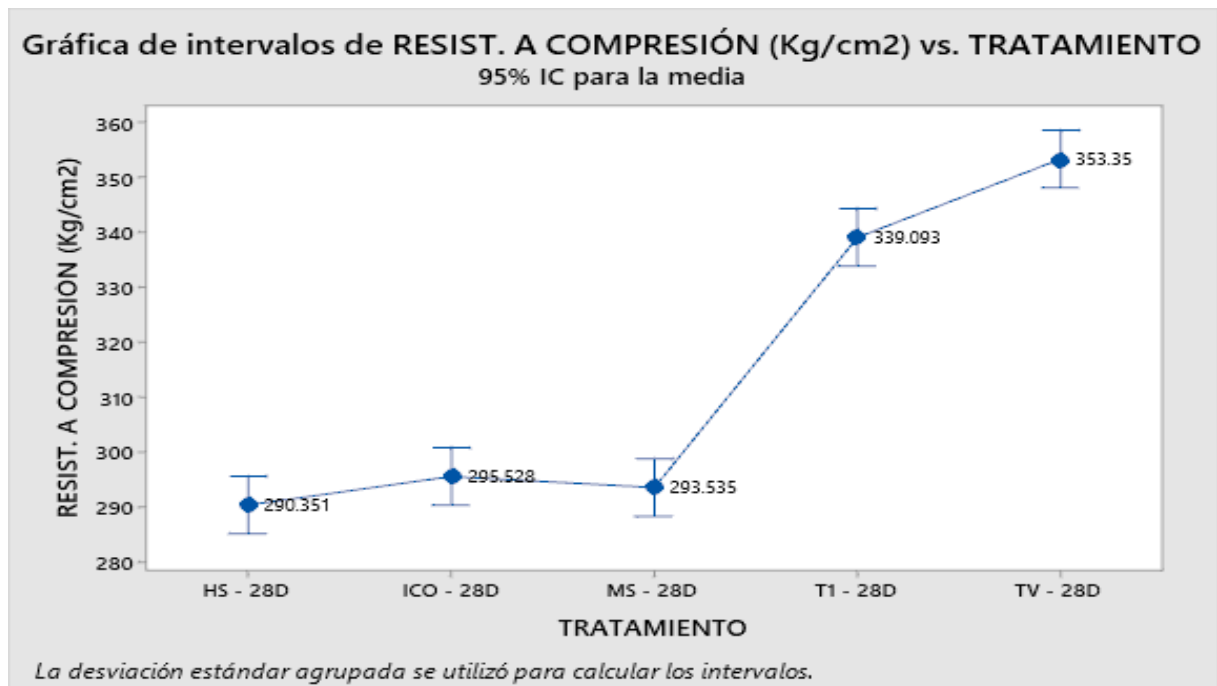
Tabla 25. Medias de las probetas con diferentes tipos de cemento.

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
HS - 28D	4	290.35	4.20	(285.12, 295.59)
ICO - 28D	4	295.53	2.33	(290.29, 300.76)
MS - 28D	4	293.53	7.76	(288.30, 298.77)
T1 - 28D	4	339.09	5.47	(333.86, 344.33)
TV - 28D	4	353.35	2.74	(348.12, 358.59)

$$\text{Desv.Est. agrupada} = 4.91226$$

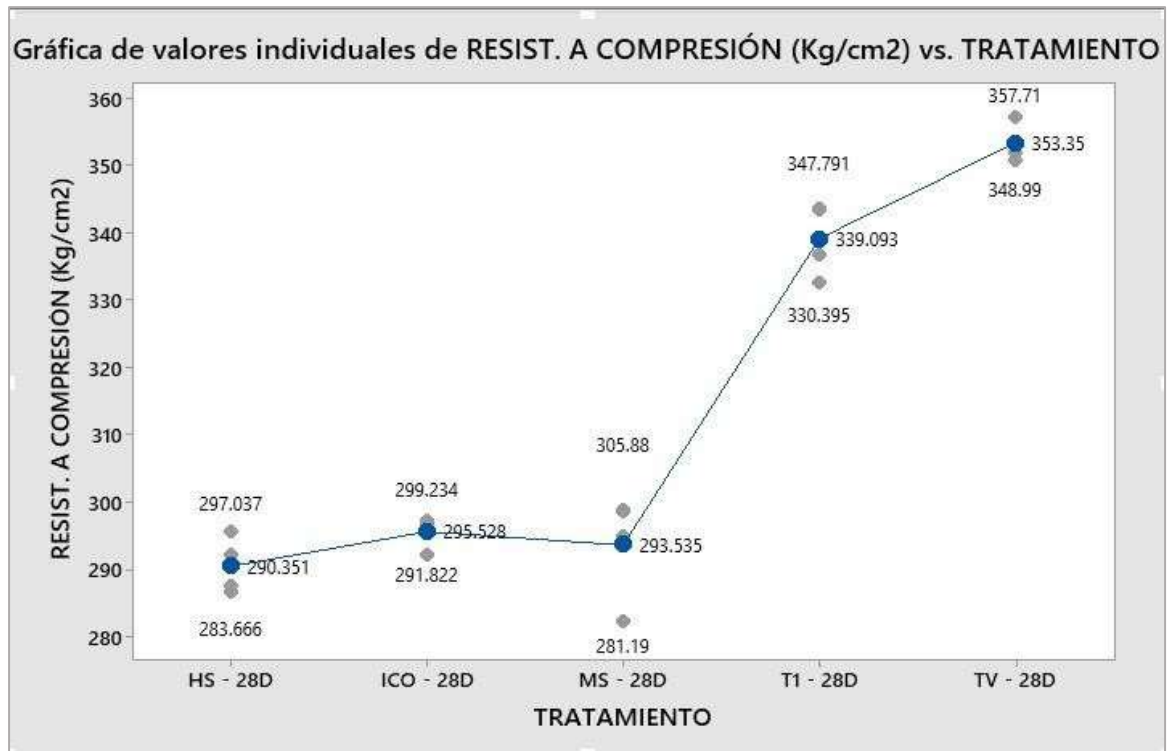
La Tabla 25 muestra la media, el índice de confiabilidad (IC) y la desviación estándar para cada tratamiento, evidenciando valores de la desviación estándar menores a 10, por lo tanto, son valores aceptables de dispersión.

Figura 17. Intervalos de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días



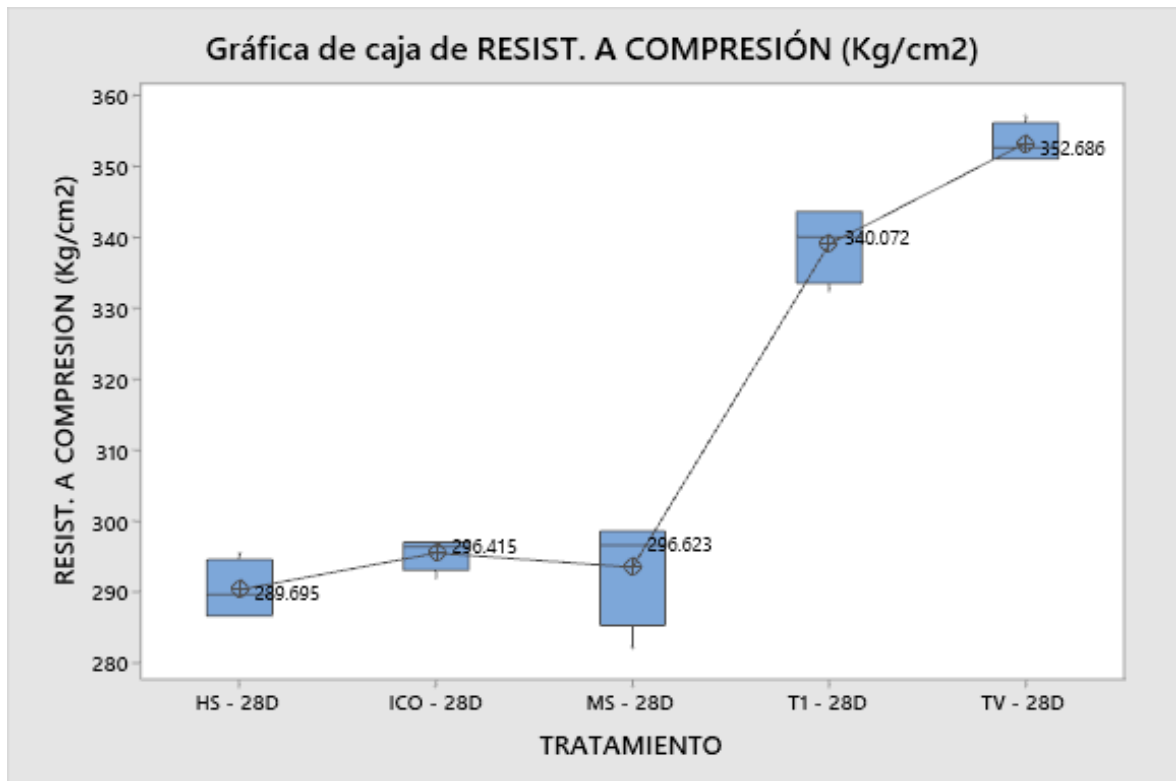
La Figura 17 revela los intervalos de resistencia a la compresión para los 5 tipos de cemento luego de 28 días, evidenciando una resistencia mínima de 290.35 kg/cm² para el concreto elaborado con cemento del tipo HS y una resistencia máxima de 353.35 kg/cm² para el concreto elaborado con cemento tipo V.

Figura 18. Valores individuales de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días



La Figura 18 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión para los 5 tipos de cemento a la edad de 28 días, evidenciando un menor agrupamiento de información para concreto elaborado con cemento tipo ICO y una mayor dispersión de información para el concreto producido con cemento tipo MS.

Figura 19. Gráfica de caja de Resistencia a Compresión VS Tipo de cemento a la edad de 28 días



Al comprar la Figura 17. Intervalos de resistencia a la compresión y la Figura 19. Gráfica de caja de resistencia a compresión en paralelo, del manejo de datos se tiene:

- HS – 28D: como la media $290.351 >$ mediana 289.695 , la distribución es asimétrica positiva.
- ICO – 28D: como la media es $295.528 <$ mediana 296.415 , la distribución es asimétrica negativa.
- MS – 28D: como la media es $293.535 <$ mediana 296.623 , la distribución es asimétrica negativa.
- T1 – 28D: como la media es $339.093 >$ mediana 320.072 , la distribución es asimétrica positiva.
- TV – 28D: como la media es $353.35 >$ mediana 352.686 , la distribución es asimétrica positiva.

Seguidamente, se elige los dos tratamientos con resultados favorables:

- Teniendo ICo– 28D distribución asimétrica, se estiman parámetros de rango intercuartil 3.943 y mediana 296.415, no manifiesta datos atípicos.
- Teniendo TV -28D distribución asimétrica, se estiman parámetros de rango intercuartil 5.078 y mediana 352.686, no manifiesta datos atípicos.
- Los dos tratamientos tienen resultados semejantes, no obstante, el diseño del concreto con cemento **tipo V** al tener una mediana mayor y un rango intercuartil inferior a los demás diseños, se infiere que el diseño es preferible al ser representativo.

5.1.4 Ensayo de Resistencia a la compresión Uniaxial de Especímenes de Concreto (ASTM C39M, 2021)

Tabla 26. Resistencia a la Compresión Uniaxial del Concreto Elaborado con Diferentes
Tipos de Cemento

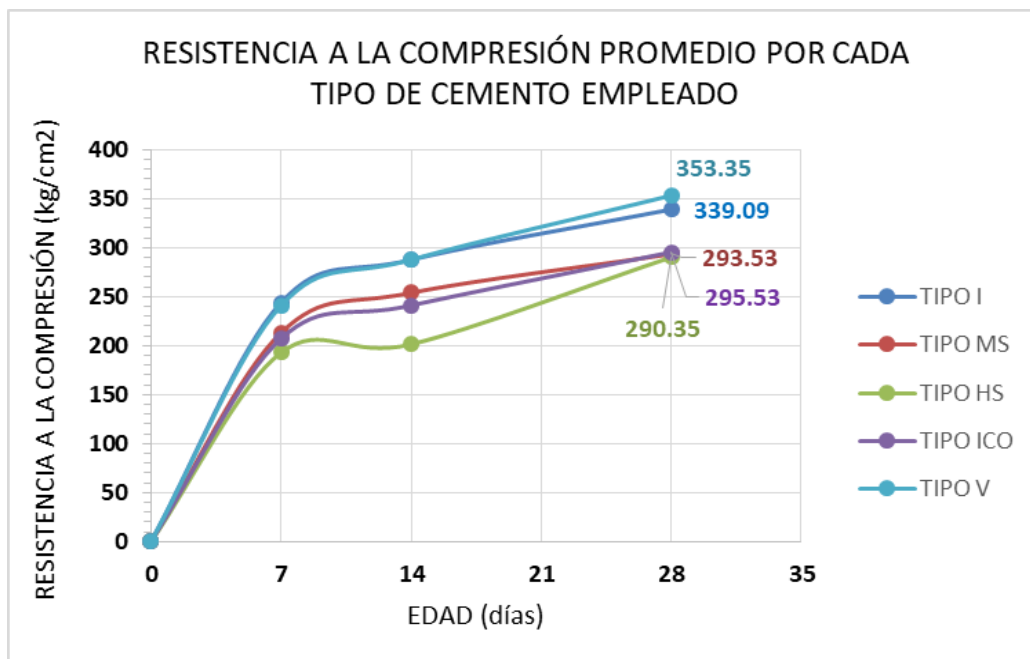
CUADRO RESUMEN						
TIPO DE CEMENTO	EDAD					
	7 días (kg/cm ²)	%	14 días (kg/cm ²)	%	28 días (kg/cm ²)	%
CEMENTO TIPO I	243.94	87.12	287.74	102.76	339.09	121.10
CEMENTO TIPO MS	213.22	76.15	253.94	90.69	293.53	104.83
CEMENTO TIPO HS	192.93	68.90	201.41	71.93	290.35	103.70
CEMENTO ICO	207.21	74.01	241.05	86.09	295.53	105.55
CEMENTO TIPO V	240.93	86.05	287.80	102.79	353.35	126.20

La Tabla 26 permite identificar un resumen de la resistencia promedio alcanzada para los concretos elaborados con las diversas clases de cemento para las edades de 7, 14 y 28 días, así mismo, muestra el % del f'_c que alcanzó dichos resultados con respecto al $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

5.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

- Se observa en la Tabla 26 que la diferencia entre el porcentaje de la resistencia a compresión del concreto producido con los diferentes tipos de concreto es más del 3% con respecto a la muestra patrón el cual es el concreto producido con cemento tipo I.

Figura 20. Resistencia a la compresión promedio por cada tipo de cemento empleado.



En la Figura 20, se visualiza la curva Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs Edad (días) de los 5 tipos de concreto elaborados, permitiendo identificar gráficamente las resistencias máximas y mínimas a las diferentes edades:

- El mayor porcentaje de resistencia a la compresión obtenido es del cemento tipo V con un valor $353.35 \text{ kg}/\text{cm}^2$, a la edad de 28 días.
- El menor porcentaje de resistencia a la compresión alcanzado es del cemento tipo HS con un valor $290.35 \text{ kg}/\text{cm}^2$, a la edad de 28 días.
- Según la Norma ACI 318S (2019), la resistencia mínima para la exposición tipo F0, S0, W0 y C0 es de 17 MPa lo que equivale a $173.40 \text{ kg}/\text{cm}^2$, por lo tanto, los concretos

elaborados con los variados tipos de cemento: tipo I, tipo Ms, tipo HS, tipo ICo y tipo V cumplen con este requisito.

- Según la Norma ACI 318S (2019) la resistencia mínima para la exposición tipo F1 (concreto expuesto a ciclos de congelamiento) es de 24 MPa lo que equivale a 244.73 kg/cm², por lo tanto, los concretos elaborados con las diversas clases de cemento: tipo I, tipo Ms, tipo HS, tipo ICo y tipo V cumplen con este requisito.
- Según la Norma ACI 318S (2019) la resistencia mínima para la exposición tipo F2 (concreto vulnerable a ciclos de congelamiento y deshielo y frecuentemente expuesto a la humedad), S2 y S3 (exposición a sulfatos) es de 31 MPa lo que equivale a 316.11 kg/cm², por lo tanto, solamente los concretos producidos con los cementos tipo I y tipo V cumplen con este requisito.
- Según la Norma ACI 318S (2019) la resistencia mínima para la exposición tipo S1(concreto expuesto a sulfatos) y W1 (cuando el concreto entra en contacto con el agua es necesaria una permeabilidad limitada) es de 28 MPa lo que corresponde a 285.52 kg/cm², por lo tanto, los concretos elaborados con diversos tipos de cemento: tipo I, tipo Ms, tipo HS, tipo ICo y tipo V cumplen con este requisito.
- Según la Norma ACI 318S (2019) la resistencia mínima para la exposición tipo S1(concreto expuesto a sulfatos) y W1 (concreto en contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad) es de 28 MPa lo que equivale a 285.52 kg/cm², por lo tanto, los concretos elaborados con los variados tipos de cemento: tipo I, tipo Ms, tipo HS, tipo ICo y tipo V cumplen con este requisito.
- Según la Norma ACI 318S (2019) la resistencia mínima para la exposición tipo C2 (concreto expuesto a la humedad y a una fuente exterior de cloruros) es de 35 MPa lo que equivale a 356.90 kg/cm², por lo tanto, según los resultados, ningún concreto elaborado con los varios tipos de cemento cumple dicho requisito.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos empleando una relación $a/c=0.45$, se concluye generalmente que, el mayor valor de resistencia a compresión se alcanzó con el concreto elaborado con cemento Portland tipo V (Pacasmayo) y el menor valor de resistencia a compresión se alcanzó con el concreto elaborado con cemento tipo HS (Nacional), por lo tanto, este último es el tipo y marca menos recomendable para su uso en concretos estructurales.
- A la edad de 7 días, la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ con respecto a la muestra patrón elaborada con cemento tipo I es de: -10.97% comparado con el concreto fabricado con cemento tipo MS, -18.22% contrastado con el concreto fabricado con cemento tipo HS, -13.11% en comparación con el concreto fabricado con cemento tipo ICO y -1.07% contrastado con el concreto elaborado con cemento tipo V.
- A la edad de 14 días, la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ con respecto a la muestra patrón elaborada con cemento tipo I es de: -12.07% contrastado con el concreto elaborado cemento tipo MS, -30.83% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo HS, -16.67% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo ICO y 0.03% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo V.
- A la edad de 28 días, la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ con respecto a la muestra patrón elaborada con cemento tipo I es de: -16.27% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo MS, -17.40% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo HS, -15.55% en comparación con el concreto elaborado cemento tipo ICO y 5.10% en comparación

con el concreto elaborado cemento tipo V.

- La resistencia a la compresión del concreto producido con cemento tipo I en promedio es de 243.94 kg/cm², 287.14 kg/cm² y 339.09 kg/cm² a la edad de 7, 14 y 28 días correspondientemente.
- La resistencia a la compresión del concreto producido con cemento tipo MS en promedio es de 213.22 kg/cm², 253.94 kg/cm² y 293.53 kg/cm² a la edad de 7, 14 y 28 días respectivamente.
- La resistencia a la compresión del concreto producido con cemento tipo HS en promedio es de 192.93 kg/cm², 201.41 kg/cm² y 290.35 kg/cm² a la edad de 7, 14 y 28 días respectivamente.
- La resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo ICO en promedio es de 207.21 kg/cm², 241.05 kg/cm² y 295.53 kg/cm² a la edad de 7, 14 y 28 días respectivamente.
- La resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo V en promedio es de 240.93 kg/cm², 287.80 kg/cm² y 353.35 kg/cm² a la edad de 7, 14 y 28 días respectivamente.
- Tras siete días, las probetas fabricadas con cemento tipo I alcanzaron la mayor resistencia a la compresión, con un resultado de 243.94 kg/cm². Por otro lado, las probetas fabricadas con cemento tipo HS alcanzaron la menor resistencia a la compresión, con un resultado de 192.93 kg/cm². Este análisis se realizó a los siete días de edad.
- A los 14 días, la resistencia a la compresión de las muestras fabricadas con cemento tipo V fue la más alta, con un valor de 287.80 kg/cm². Por otro lado, la resistencia a la compresión de las muestras fabricadas con cemento tipo HS fue la más baja, con un valor de 201.41 kg/cm².

- A los 28 días de edad, las muestras elaboradas con cemento tipo V presentaron la mayor resistencia a la compresión ($353,35 \text{ kg/cm}^2$) y las muestras elaboradas con cemento tipo HS la menor resistencia ($290,35 \text{ kg/cm}^2$).

RECOMENACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Se recomienda utilizar cemento tipo V para proyectos de construcción que requieran una resistencia mínima de 28 MPa (hormigón estructural), ya que las muestras fabricadas con este tipo de cemento presentan una resistencia superior a la de diseño. Esto proporciona a los proyectos una protección adicional contra las tensiones mecánicas y las inclemencias del tiempo.
- Se recomienda realizar estudios futuros para investigar las diferencias en la resistencia a la compresión utilizando agregado de cerro y cambios en el hormigón, como la relación agua/cemento = 0,40 y la relación de vacíos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril, B. (2016). *“Determinación de la Resistencia a Compresión de Hormigón Preparado con Policarbonato, Vidrio Templado y Hormigón Reciclado”*. Universidad Técnica De Ambato, Ambato, Ecuador.
- ACI. (2019). 318s. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Estados Unidos: American Concrete Institute.
- Ahumada Ponce, M. E. (2020). *Evaluación de tres tipos de Cemento para la Fabricación de Concreto Simple Frente a Ataque Químico*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- American Society for Testing and Materials. (2016). C 136-01. El Salvador: Universidad Centro Americana José Simeon Cañas.
- Apaza Hito, D. S. (2018). *“Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento Portland, ante agentes agresivos”*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima.
- ASTM C39M. (2014). Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.
- ASTM C39M. (2021). Standard Test Method For Compressive Strength Of Cylindrical Concrete Specimens. *American Society for Testing and Materials*.
- Bazán, J. (2007). Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas de Albañilería Confinada en la Ciudad de Cajamarca. *Tesis de Maestría*. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.
- Bedoya Montoya, C. M. (2017). Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 9.
- Bernal Díaz, D. (2017). *Optimización de la Resistencia a Compresión del Concreto, Elaborado con Cementos Tipo I y Aditivos Superplastificantes*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bernal, D. (2017). Tesis de Posgrado. *Optimización de la Resistencia a Compresión del Concreto, Elaborado con Cementos Tipo I y Aditivos Superplastificantes*.

Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

- Castañeda, A., Howland, J. J., Corvo, F., & Marrero, R. (2017). Evaluación de la calidad del hormigón antes de construir estructuras sometida a condiciones medioambientales de exposición. *Revista de la construcción*.
- Catanzaro, G., & Zapana, O. (2019). *Diseño y evaluación de concreto estructural de $f'c$ 280 kg/cm² tratadas mediante procesos biológicos como alternativa al uso de agua potable en Lima Metropolitana*. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Lima.
- Cemex. (19 de Junio de 2019). *Hablando de Cementos Portland*. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- Centurión Vargas, M. A. (2022). *Determinación de la Resistencia Del Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ Elaborado con Agregados Reciclados de Vías, en la Ciudad de Cajamarca, 2021*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Construproductos. (07 de 07 de 2022). *Construproductos*. Obtenido de <https://construproductos.com/producto/cemento-nacional-tipo-hs-qIclv>
- Coronel, R., Sócrates, M., & Rodríguez, E. (2021). Efecto de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en las Propiedades del Concreto. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 16.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de Varianza. *División de Anestesiología. Pontificia Universidad Católica de Chile*, 310.
- Delgado Castro, J. A., Muñoz Umaña, F. d., y Rodríguez Rojas, E. (2020). Desarrollo de resistencia a la compresión en concreto con cementos modificados. *Métodos & Materiales*, 8.
- Garita Duran, L., & Anglin Fonseca, R. (2024). Evaluación de sistemas constructivos para vivienda de interés social utilizando la matriz QFD. *Ingeniería*, 14.
- Gaspar, D., & Muñoz, M. (1977). Acción del CO₂ Sobre un cemento Portland: Influencia sobre. *Materiales de Construcción*, 165.
- Gonzales, H., & Dairo, M. (2004). La Importancia del Método en la Selección de Materiales. *Scientia et Technica*, 6.

- Granda, T., Vela, A., & Borja, M. (2014). Evaluación de la Calidad del Hormigón en Viviendas Autoconstruidas en el Distrito De José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque – Perú. En *Rehabend 2014. Congreso Latinoamericano* (pág. 354). España: Gráficas Iguña, S.A.
- Gutiérrez de Lopez, L. (2003). *El Concreto y otros Materiales para la Construcción*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, O. y Mendoza, C. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico.
- Ikumi, T., & Segura, I. (2019). Evaluación numérica del ataque externo de sulfatos en estructuras de hormigón. Una revisión. *Investigación sobre Cemento y Hormigón*, 105.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Cajamarca Compendio Estadístico 2017*. Obtenido de www.inei.gov.pe › Est › Lib1541 › cuadros › dpto06
- Jaramillo, D., Torres, N., & Abellán, J. (2020). *Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concretos de Ultra Altas Prestaciones (UHPC), con Diferentes Materiales Cementantes Suplementarios*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Jiménez Vásquez, K. E. (2018). *Análisis de la Influencia de Sulfatos y Cloruros en el Deterioro de Estructuras en Concreto en Zonas Costeras del Atlántico Colombiano*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Larson, T. D. (1963). *Concretos de Cemento Portland*. Compañía Editorial Continental.
- Luo, S., Tianwen, B., Mingqin, G., Wei, Y., y Ma, W. (2022). Impact of Freeze–Thaw Cycles on the Long-Term Performance of Concrete Pavement and Related Improvement Measures: A Review. *Materials*, 19.
- Mattey, P. E., Robayo, R. A., E., D. J., & Delvato Silvio, M. J. (diciembre de 2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro- industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, pág. 10.

- Mosqueira, C. P. (2019). *Efecto del Tiempo de Exposición al CO₂, del Concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, en la Profundidad de Carbonatación y en la Resistencia a Compresión*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- National Ready Mixed Concrete Association. (2020). Cip-35 Prueba de Resistencia a la Compresión del Concreto. *El Concreto en la Práctica ¿Qué?, ¿Por qué? y ¿Cómo?*, 2.
- NC 250:2005. (2005). *Requisitos de Durabilidad para el Diseño y Construcción de Edificaciones y Obras Civiles de Hormigón Estructural*. Cuba: Cuban National Bureau of Standards.
- Neira Zúñiga, M. P. (2020). La Huella del Cemento. 42.
- Norma E.060. (2009). Concreto Armado. En C. y. Ministerio de Vivienda. Lima. Norma E.060. (2020). Concreto Armado. En R. N. Edificaciones. Lima.
- NTP 339.034. (2013). Norma Técnica Peruana. Lima.
- NTP 339.035. (1999). *Norma Técnica Peruana*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.012. (2018). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado grueso fino y global. *Norma Técnica Peruana*, 22.
- NTP 400.019. (2014). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. *Norma Técnica Peruana*, 16.
- NTP.037. (2018). AGREGADOS. Agregados para el concreto. *Norma Técnica Peruana*, 28.
- Orozco, M. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, 12.
- Pacasmayo. (07 de Julio de 2022). *Pacasmayo Profesional*. Obtenido de <https://pacasmayoprofesional.com/soluciones?type=6&prod=4>
- Pereira Da Costa, F. B. (2015). *Análise da Durabilidade de Compósitos Cimentícios de Elevada* *Análise da Durabilidade de Compósitos Cimentícios de Elevada*. Porto

Alegre: Análise da Durabilidade de Compósitos Cimentícios de Elevada.

Pérez Caldentey, A. (1996). *Comportamiento en Servicio Del Hormigón Estructural. Estudio Teórico y Experimental*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Rimarachín, L. H. (2013). *Corrosión del Mortero de Cemento con Armadura, por Ataque del Cloruro de Sodio*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Rivva, E. (2010). *CONCRETO Diseño de mezclas*. Lima: Fondo Editorial ICG. Salazar Roncal, A. J. (2017). “*Propiedades Físico - Mecánicas de un Concreto Rodillado de $F'c = 250\text{kg/Cm}^2$ con Agregados de la Cantera del Río Chonta - Cajamarca*”. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Soporte Minitab 18. (2022).

Triola, M. F. (2009). *Estadística*. México: Pearson.

UNACEM. (2012). *Cemento Portland Tipo HS*. Obtenido de <https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Cemento-Andino-TIPO-ULTRA.pdf>

Universidad Centroamericana. (2022). *Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino*. Obtenido de <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/Densidad%20gravedad%20especifica%20y%20absorcion%20de%20agregados%20finos.pdf>

APENDICES

Figura 21. Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los tipos de cemento a la edad de 7 días.

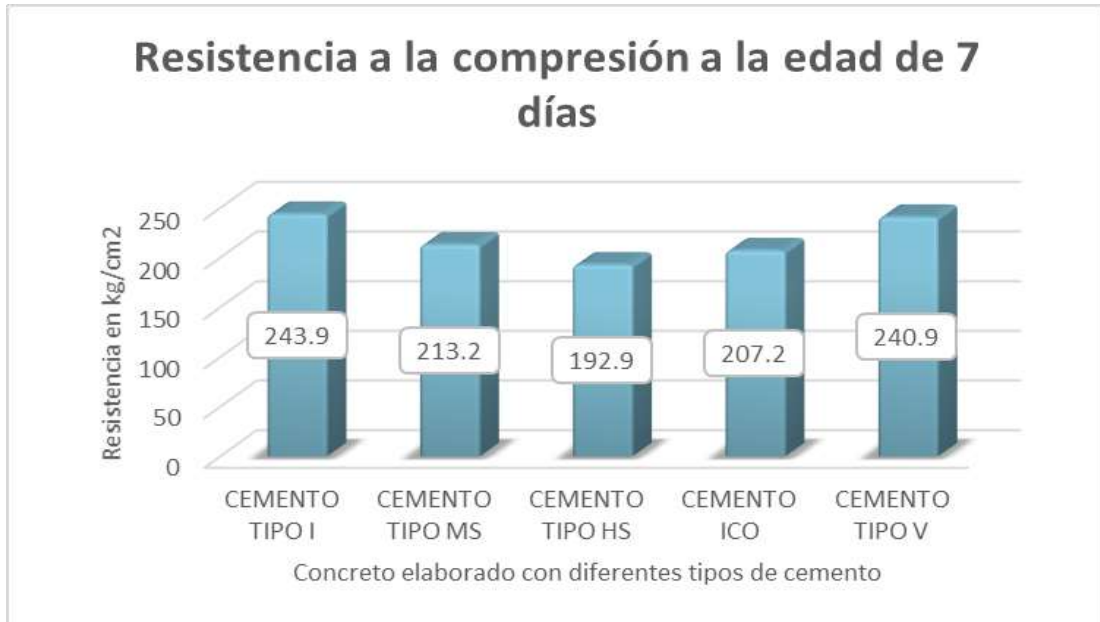


Figura 22. Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los 5 tipos de cemento a la edad de 14 días.

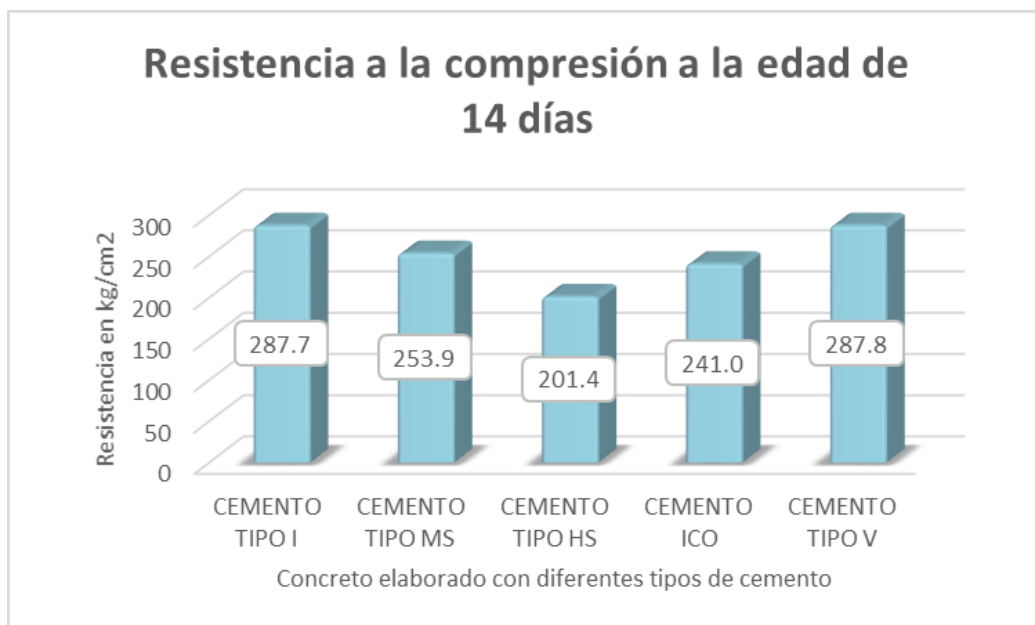


Figura 23. Resistencia a la compresión promedio del concreto elaborado con los 5 tipos de cemento a la edad de 28 días.

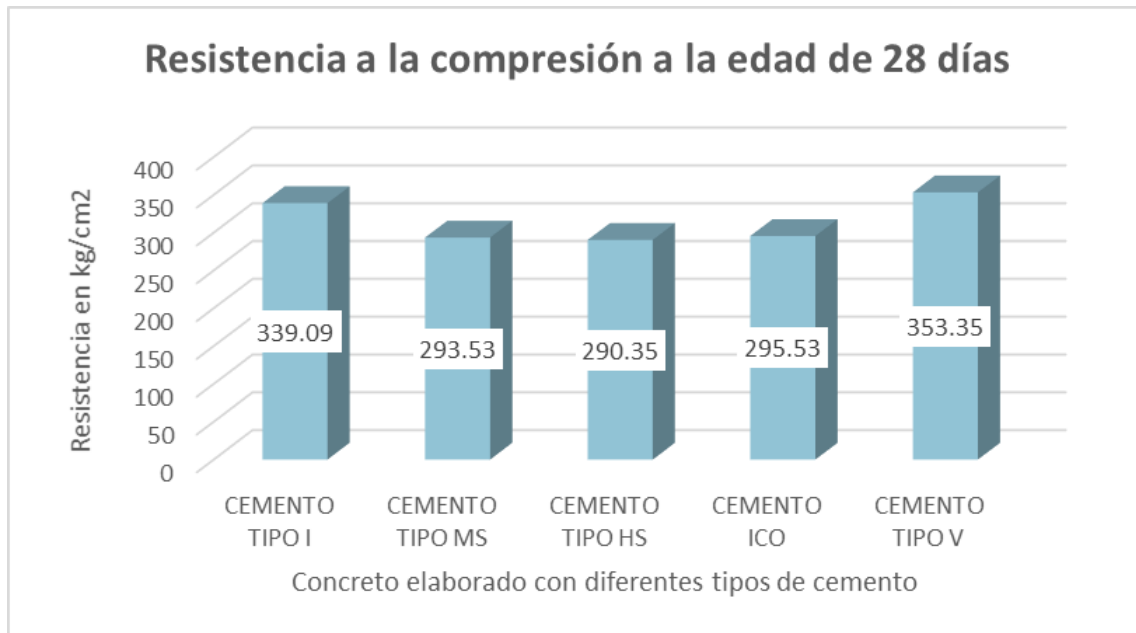


Tabla 27. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO 1 - 1	7	280	238.67	85.24%
2	TIPO 1 - 2	7	280	238.63	85.23%
3	TIPO 1 - 3	7	280	246.88	88.17%
4	TIPO 1 - 4	7	280	251.56	89.84%
PROMEDIO				243.94	87.12%
Desv	6.3940				

Figura 24. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días.

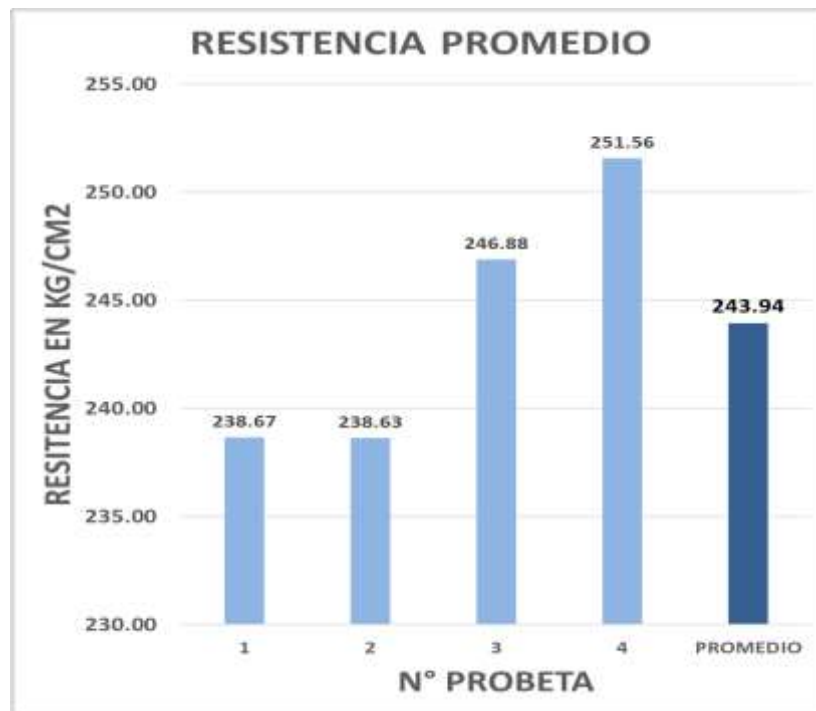


Figura 25. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo I a la edad de 7 días

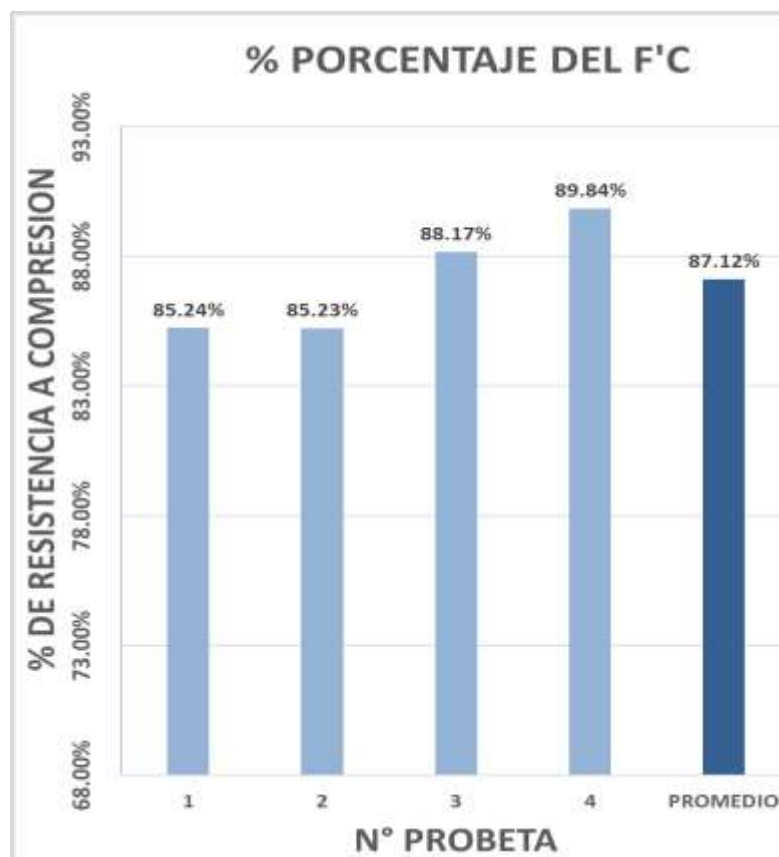


Tabla 28. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO 1 - 5	14	280	289.24	103.30%
2	TIPO 1 - 6	14	280	290.90	103.89%
3	TIPO 1 - 7	14	280	284.52	101.61%
4	TIPO 1 - 8	14	280	286.30	102.25%
PROMEDIO				287.74	102.76%
Desv	2.8693				

Figura 26. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días



Figura 27. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo I a la edad de 14 días

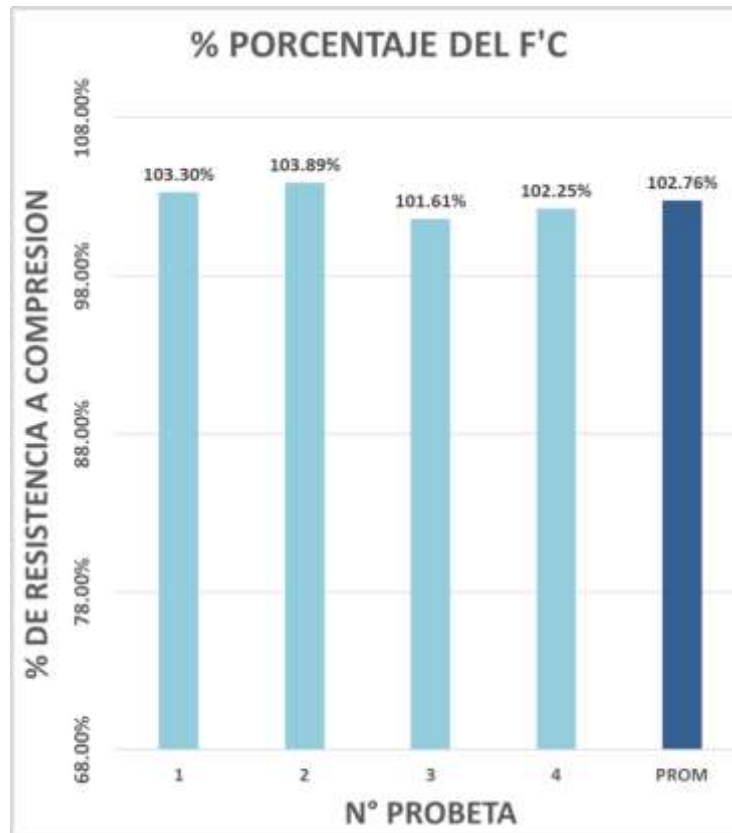


Tabla 29. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO 1 - 9	28	280	343.52	122.68%
2	TIPO 1 - 10	28	280	332.54	118.77%
3	TIPO 1 - 11	28	280	343.68	122.74%
4	TIPO 1 - 12	28	280	336.63	120.22%
PROMEDIO				339.09	121.10%
Desv		5.4660			

Figura 28. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días



Figura 29. Porcentaje del f'_c con Cemento Portland Tipo I a la edad de 28 días

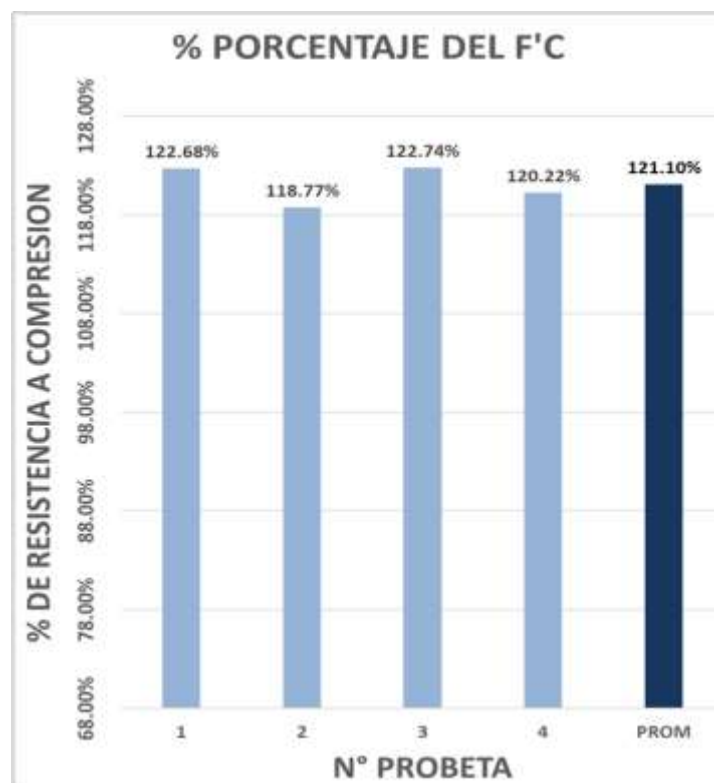


Tabla 30. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO MS - 1	7	280	208.04	74.30%
2	TIPO MS - 2	7	280	214.22	76.51%
3	TIPO MS - 3	7	280	211.86	75.66%
4	TIPO MS - 4	7	280	218.77	78.13%
PROMEDIO				213.22	76.15%
Desv	4.4927				

Figura 30. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días

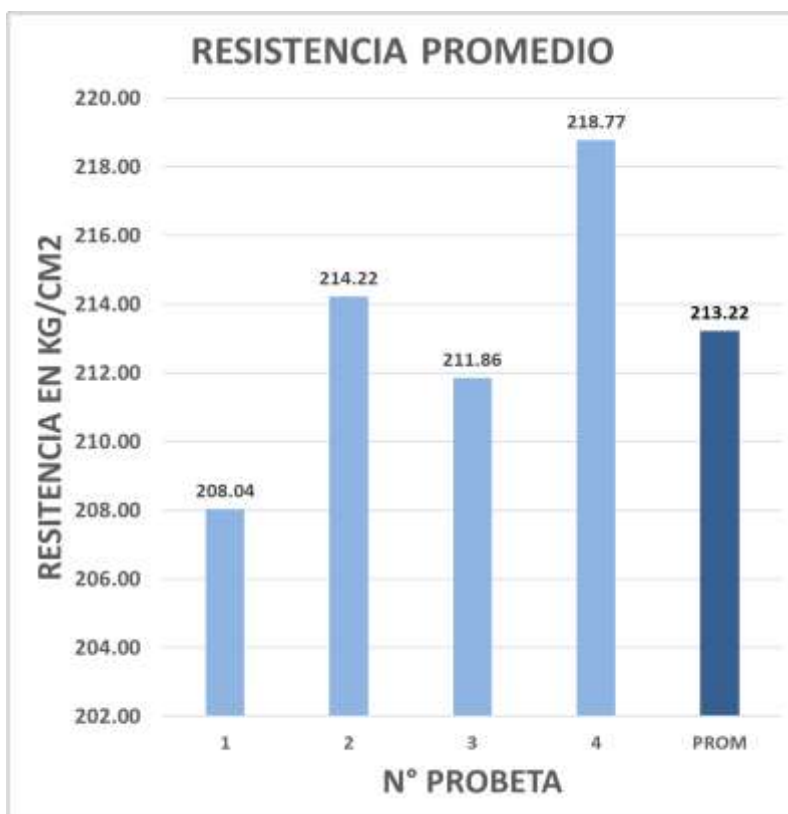


Figura 31. Porcentaje del f'_c con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 7 días

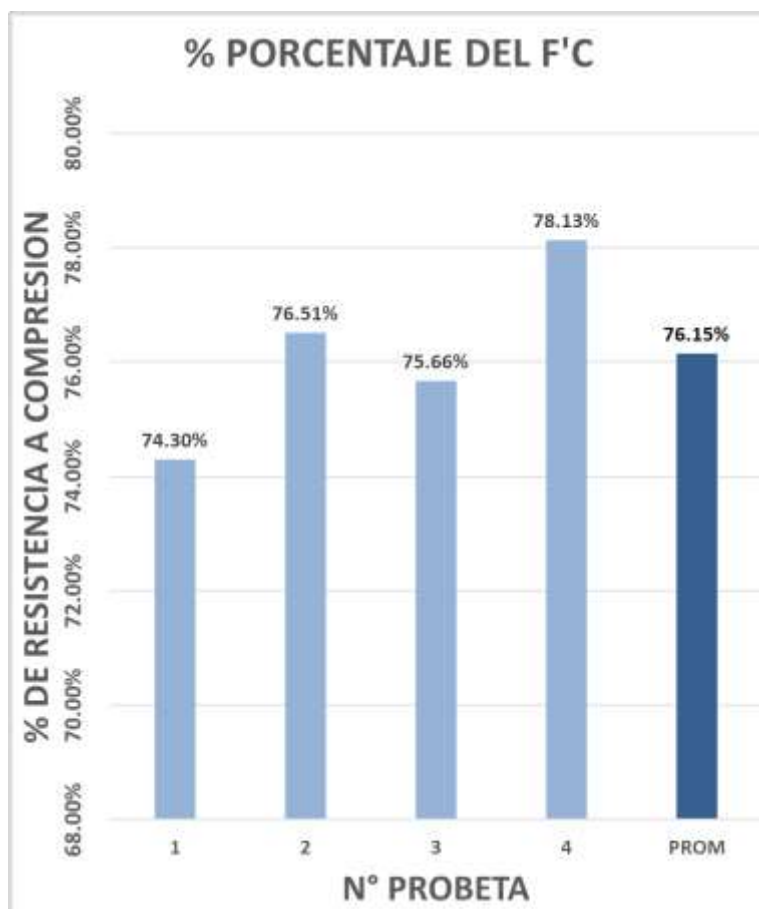


Tabla 31. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 14 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'_c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'_c
1	TIPO MS - 5	14	280	254.68	90.96%
2	TIPO MS - 6	14	280	252.29	90.10%
3	TIPO MS - 7	14	280	255.35	91.20%
4	TIPO MS - 8	14	280	253.43	90.51%
PROMEDIO				253.94	90.69%
Desv	1.3582				

Figura 32. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 14 días

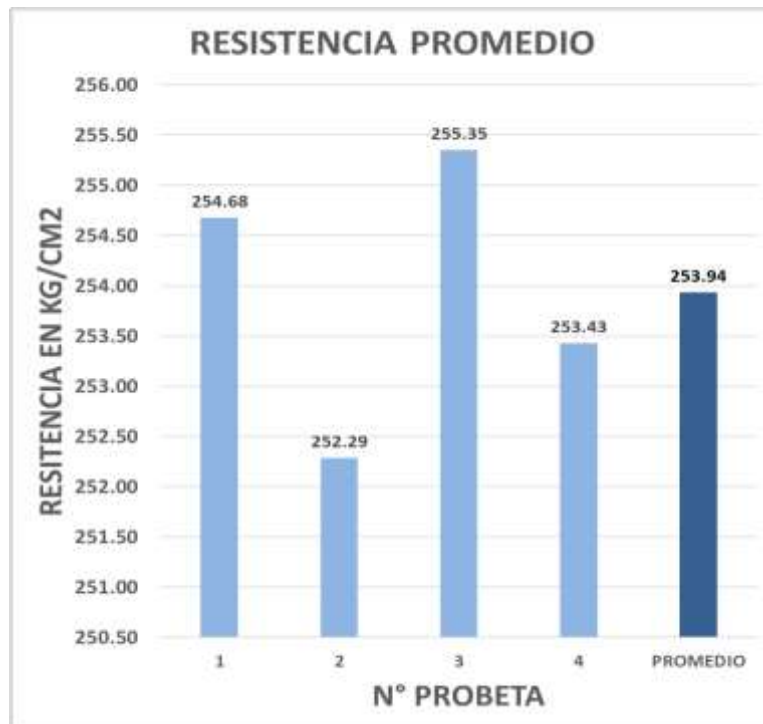


Figura 33. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 14 días

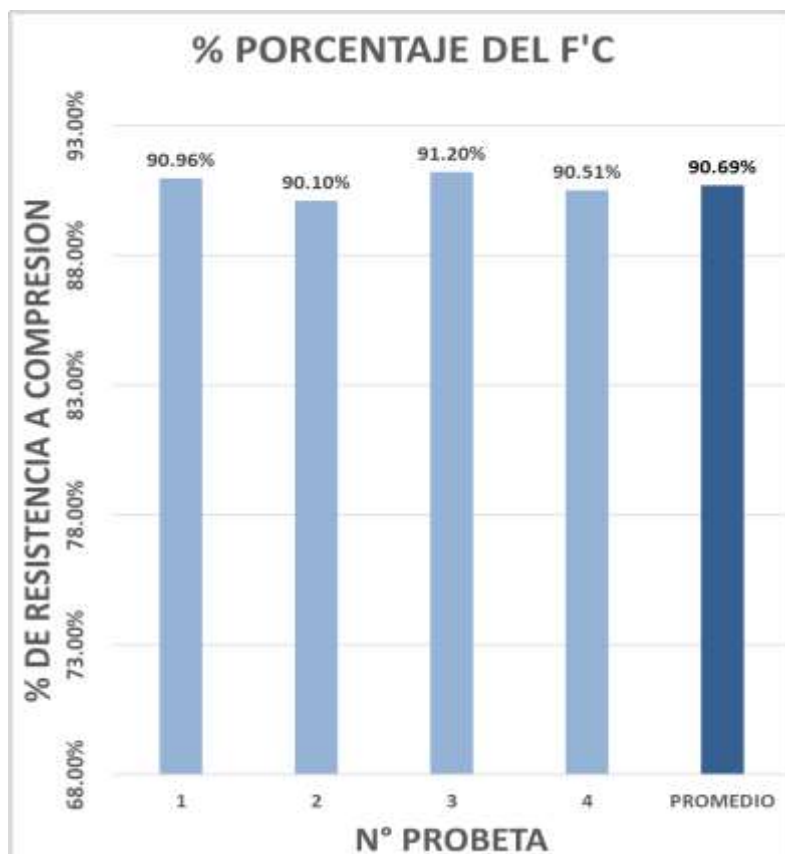


Tabla 32. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO MS - 9	28	280	294.71	105.26%
2	TIPO MS - 10	28	280	282.23	100.80%
3	TIPO MS - 11	28	280	298.67	106.67%
4	TIPO MS - 12	28	280	298.53	106.62%
PROMEDIO				293.53	104.83%
Desv	7.7582				

Figura 34. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días

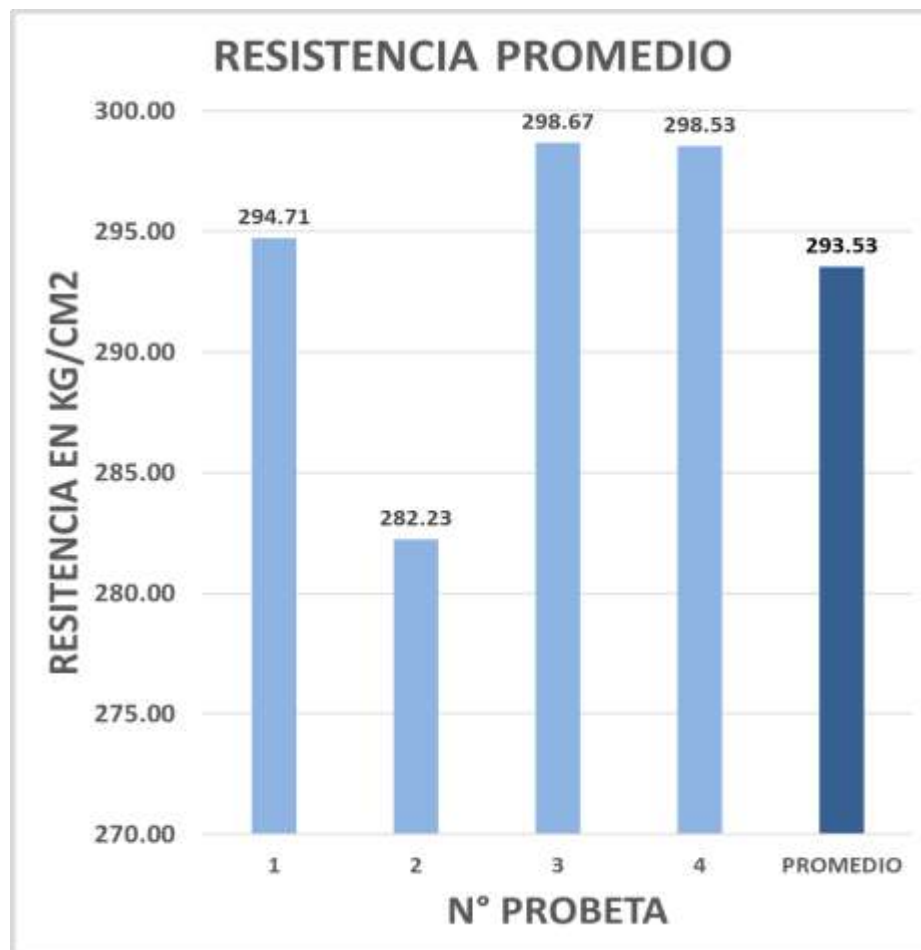


Figura 35. Porcentaje del f'_c con Cemento Portland Tipo MS a la edad de 28 días

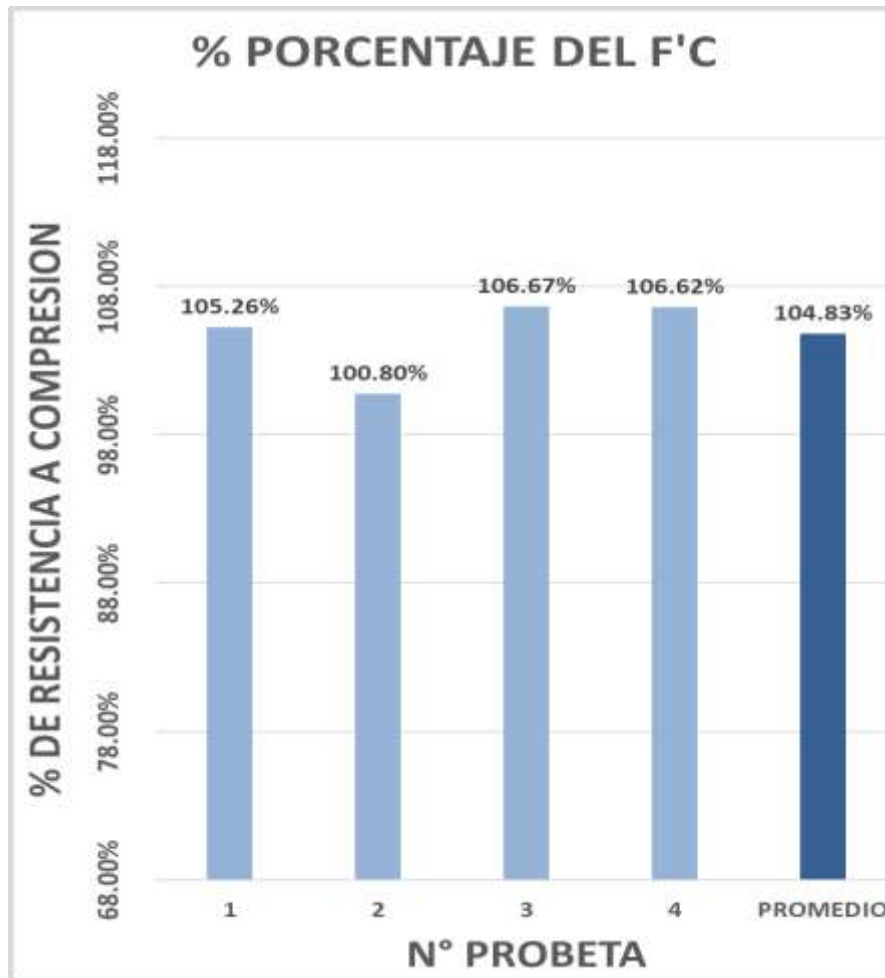


Tabla 33. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'_c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'_c
1	TIPO HS - 1	7	280	193.54	69.12%
2	TIPO HS - 2	7	280	186.83	66.72%
3	TIPO HS - 3	7	280	192.60	68.79%
4	TIPO HS - 4	7	280	198.74	70.98%
PROMEDIO				192.93	68.90%
Desv	4.8812				

Figura 36. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días



Figura 37. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 7 días

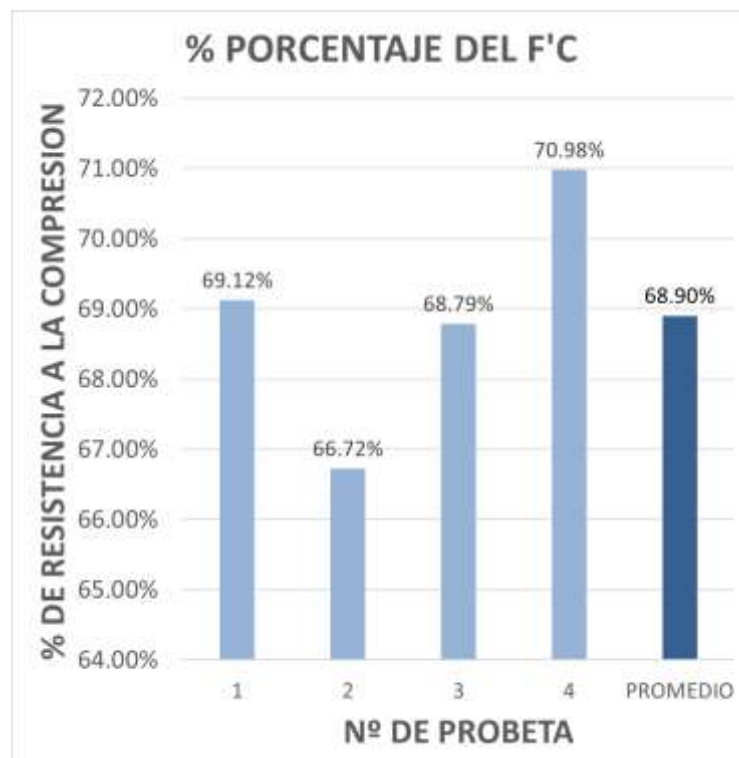


Tabla 34. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 14 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO HS - 5	14	280	200.03	71.44%
2	TIPO HS - 6	14	280	201.16	71.84%
3	TIPO HS - 7	14	280	201.31	71.89%
4	TIPO HS - 8	14	280	203.14	72.55%
PROMEDIO				201.41	71.93%
Desv	1.2888				

Figura 38. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 14 días.

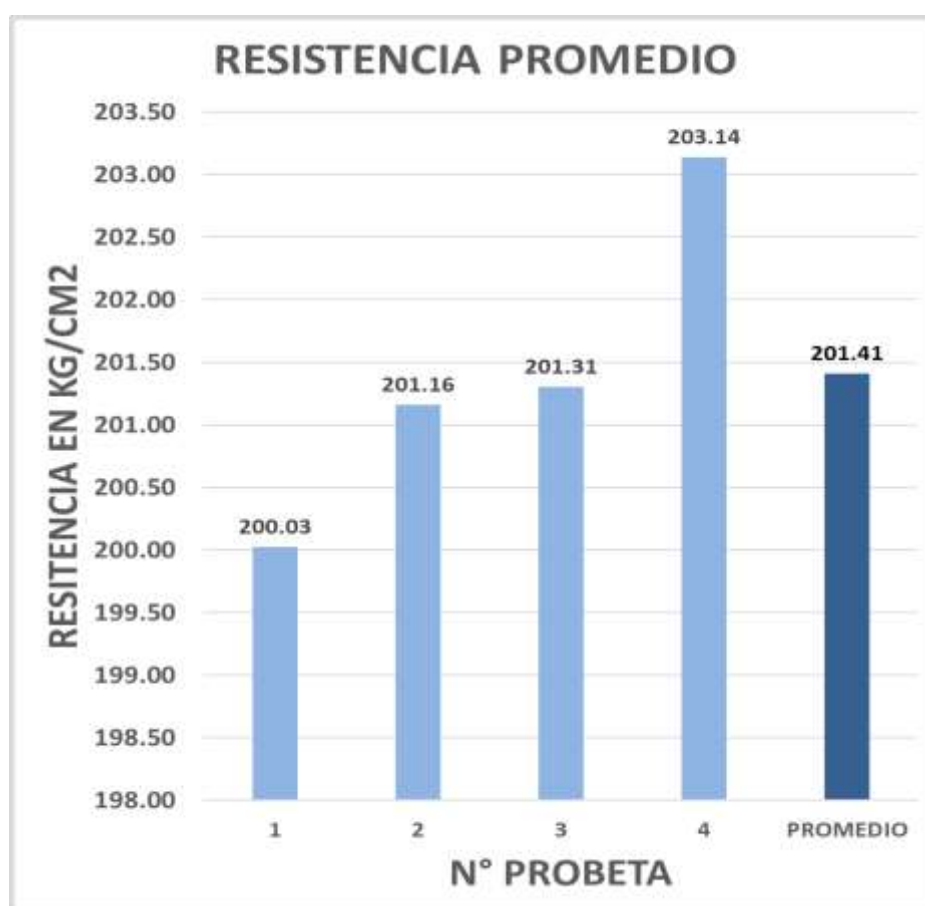


Figura 39. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 14 días

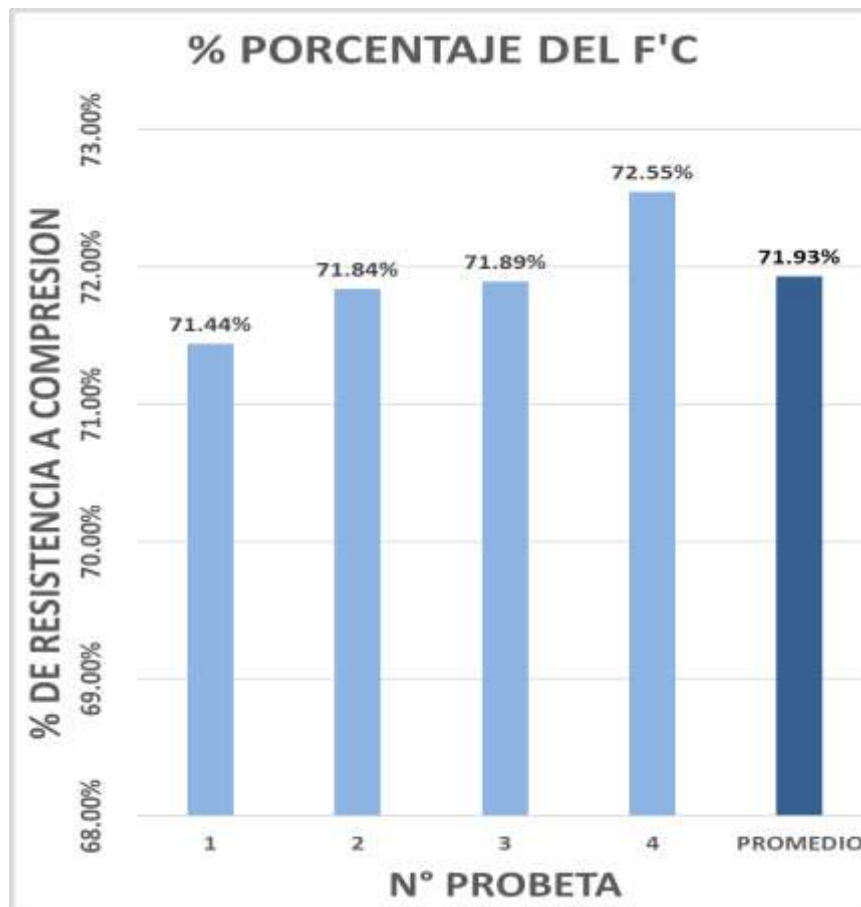


Tabla 35. Resistencia a la Compresión- Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO HS - 9	28	280	286.47	102.31%
2	TIPO HS - 10	28	280	287.46	102.66%
3	TIPO HS - 11	28	280	291.93	104.26%
4	TIPO HS - 12	28	280	295.55	105.55%
PROMEDIO				290.35	103.70%
Desv	4.201				

Figura 40. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días.

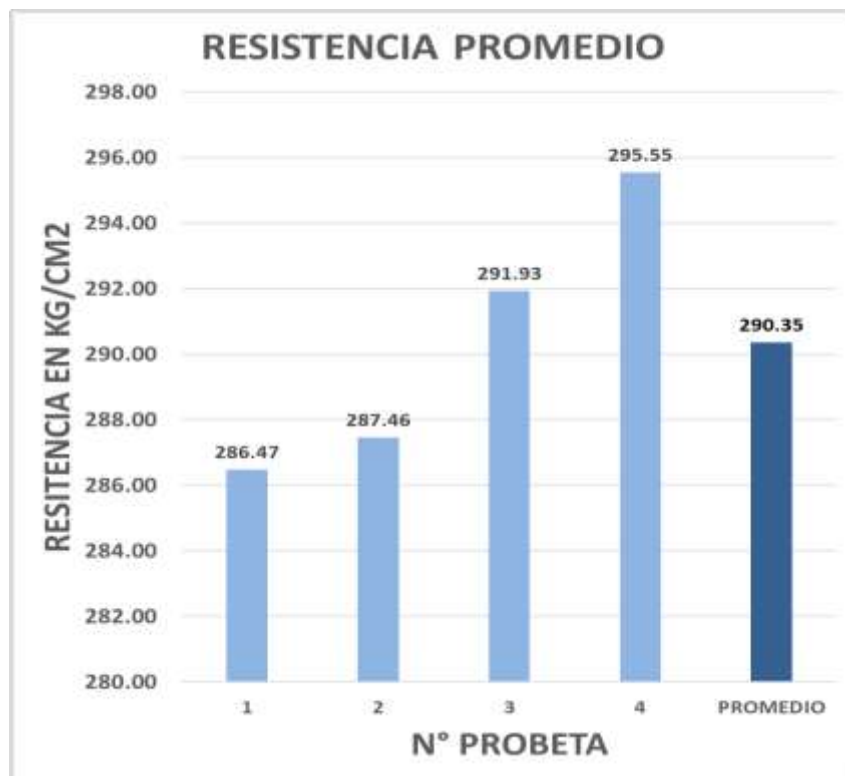


Figura 41. Porcentaje del f'c con Cemento Portland Tipo HS Nacional a la edad de 28 días

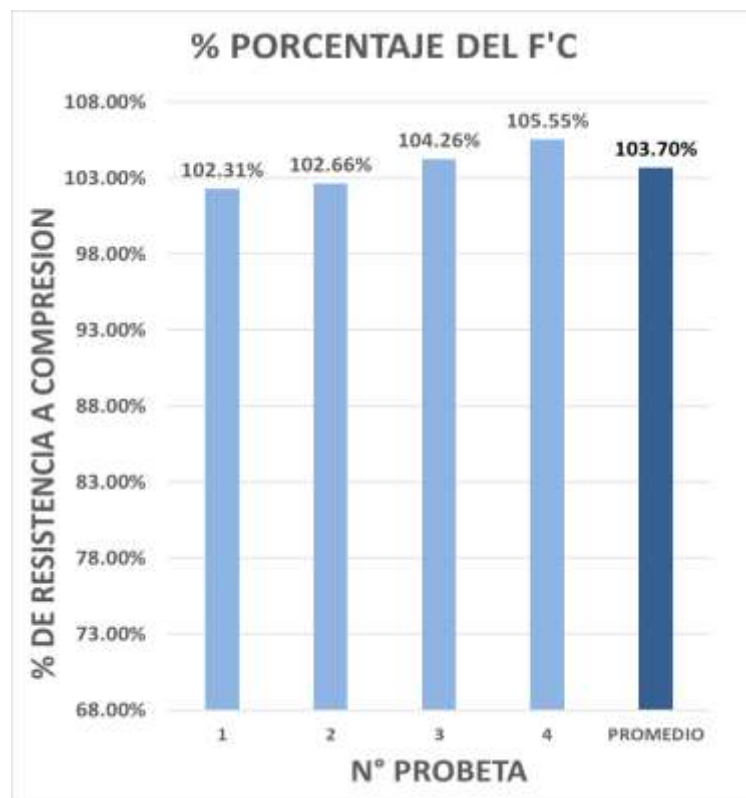


Tabla 36. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 7 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO ICo - 1	7	280	209.07	74.67%
2	TIPO ICo - 2	7	280	204.30	72.96%
3	TIPO ICo - 3	7	280	206.60	73.78%
4	TIPO ICo - 4	7	280	208.89	74.61%
PROMEDIO				207.21	74.01%
Desv	2.2461				

Figura 42. Porcentaje del f'c con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 7 días

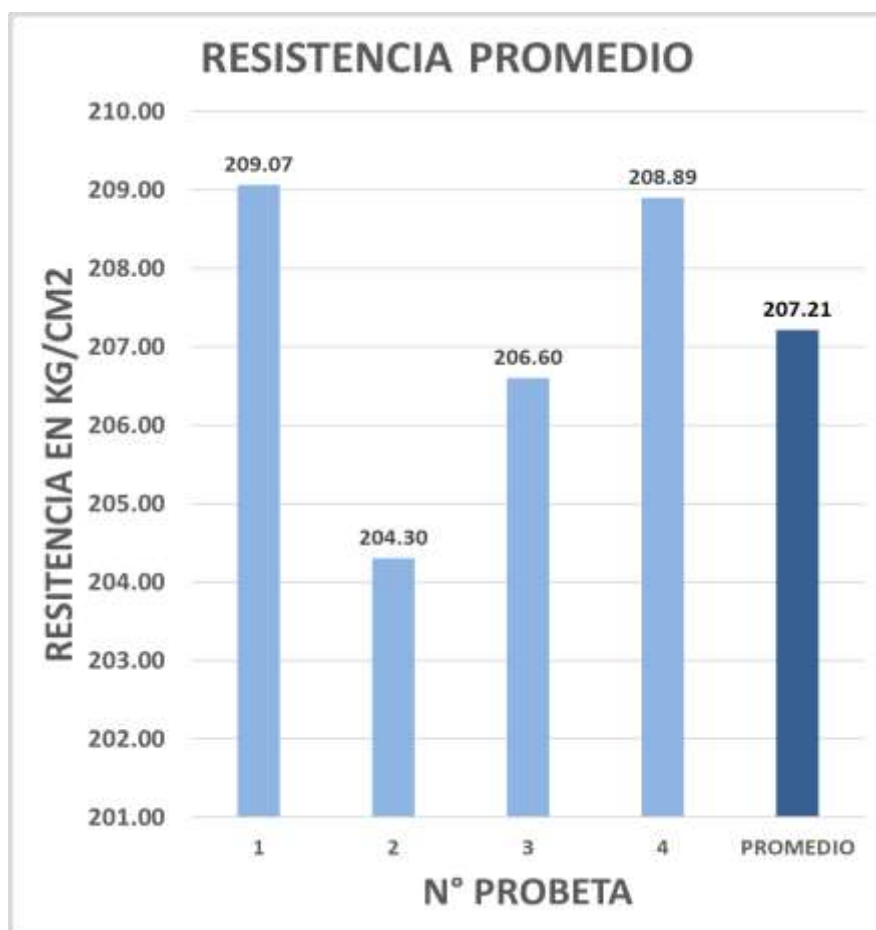


Figura 43. Porcentaje del f'_c con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 7 días

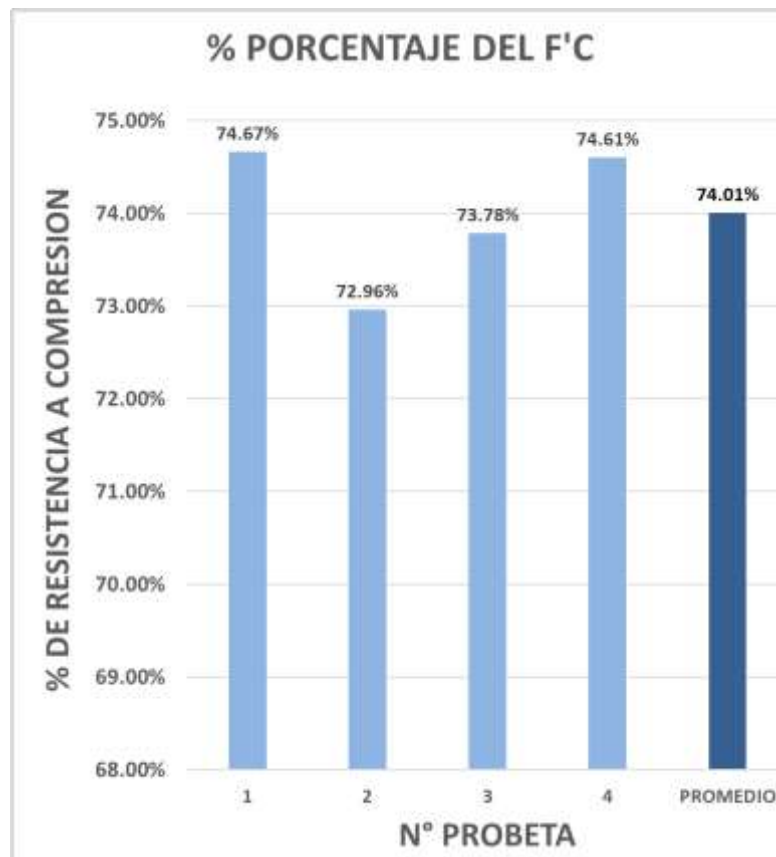


Tabla 37. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 14 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'_c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'_c
1	TIPO ICo - 5	14	280	237.64	84.87%
2	TIPO ICo - 6	14	280	238.60	85.22%
3	TIPO ICo - 7	14	280	244.35	87.27%
4	TIPO ICo - 8	14	280	243.61	87.00%
PROMEDIO				241.05	86.09%
Desv	3.4173				

Figura 44. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 14 días.



Figura 45. Porcentaje del f'_c con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 14 días

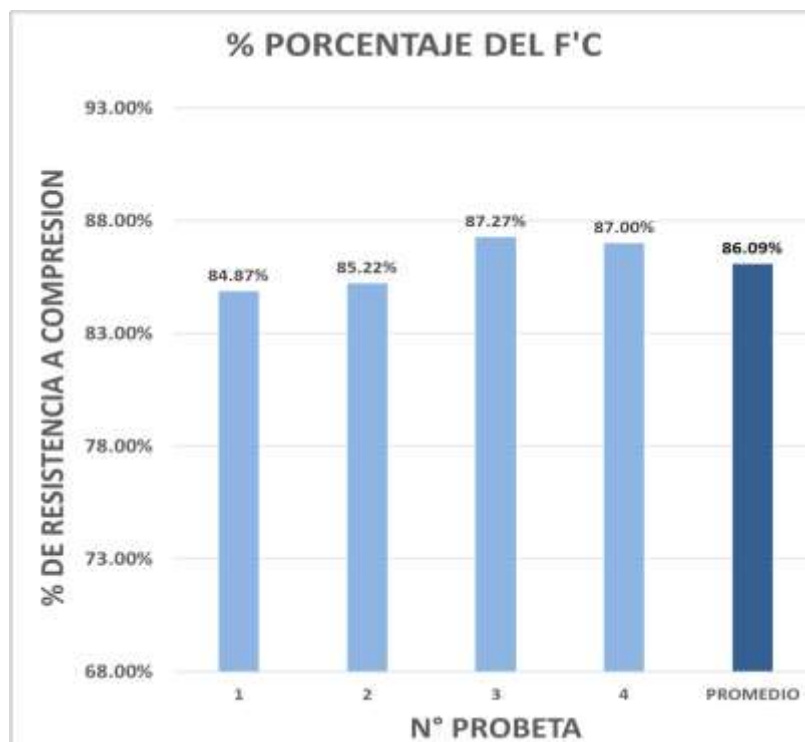


Tabla 38. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 28 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO ICo - 9	28	280	296.65	105.95%
2	TIPO ICo - 10	28	280	296.18	105.78%
3	TIPO ICo - 11	28	280	297.19	106.14%
4	TIPO ICo - 12	28	280	292.09	104.32%
PROMEDIO				295.53	105.55%
Desv	2.329				

Figura 46. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo ICo – Extra Forte a la edad de 28 días



Figura 47. Porcentaje del f'c con Cemento Tipo ICo- Extra Forte a la edad de 28 días

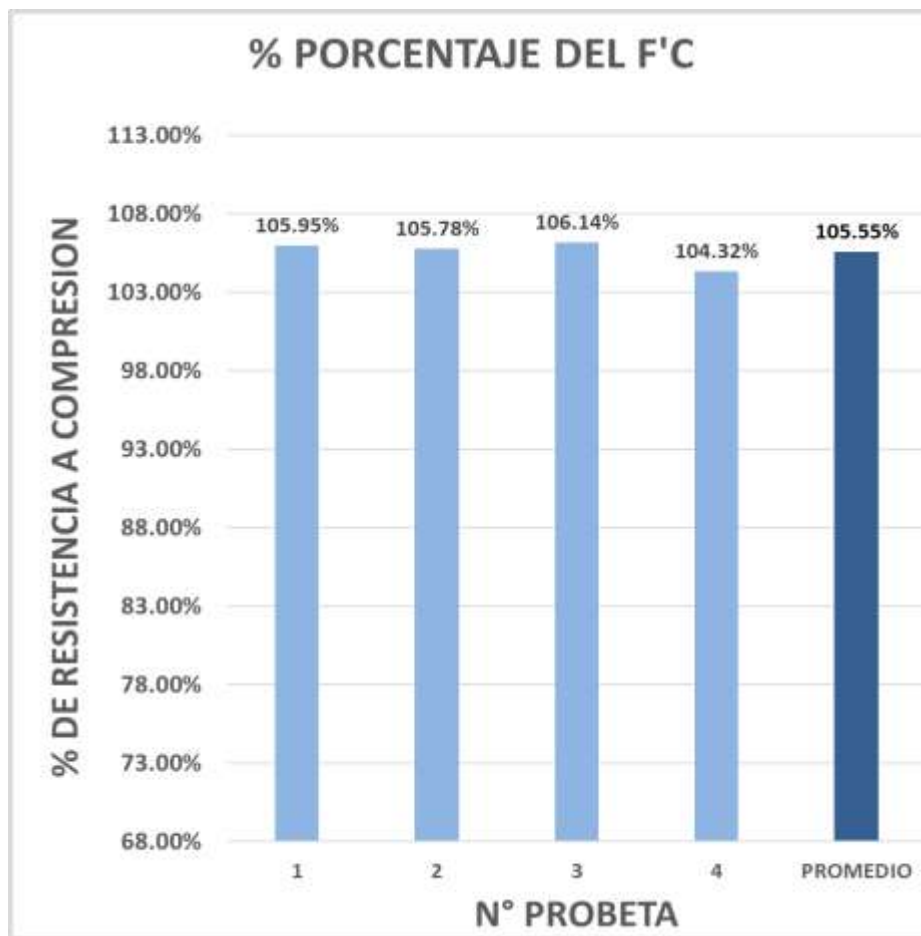


Tabla 39. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 7 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO V -1	7	280	250.70	89.54%
2	TIPO V -2	7	280	231.10	82.54%
3	TIPO V 3	7	280	242.17	86.49%
4	TIPO V -4	7	280	239.74	85.62%
PROMEDIO				240.93	86.05%
Desv	8.0631				

Figura 48. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 7 días

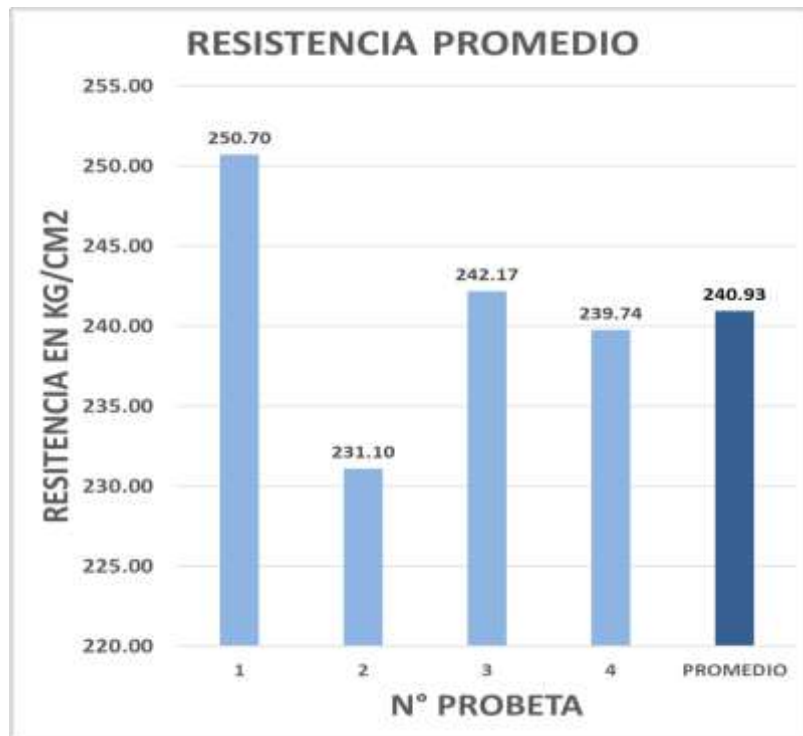


Figura 49. Porcentaje del f'_c con Cemento Tipo V a la edad de 7 días

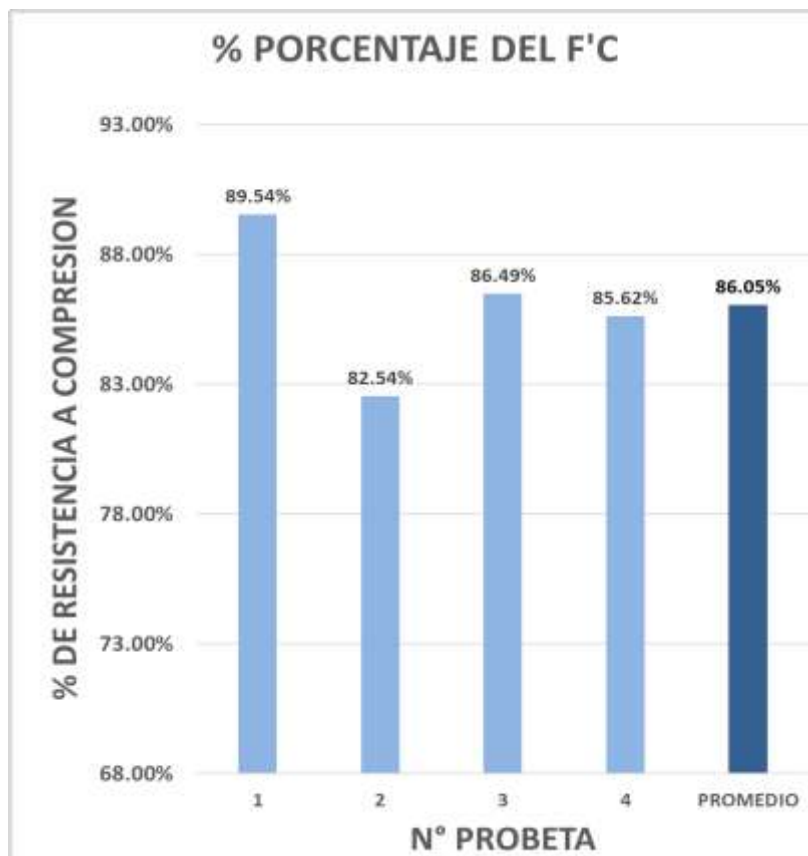


Tabla 40. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 14 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)	% DEL f'c
1	TIPO V -5	14	280	282.32	100.83%
2	TIPO V - 6	14	280	294.69	105.25%
3	TIPO V - 7	14	280	283.28	101.17%
4	TIPO V - 8	14	280	290.92	103.90%
PROMEDIO				287.80	102.79%
Desv	5.990				

Figura 50. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 14 días

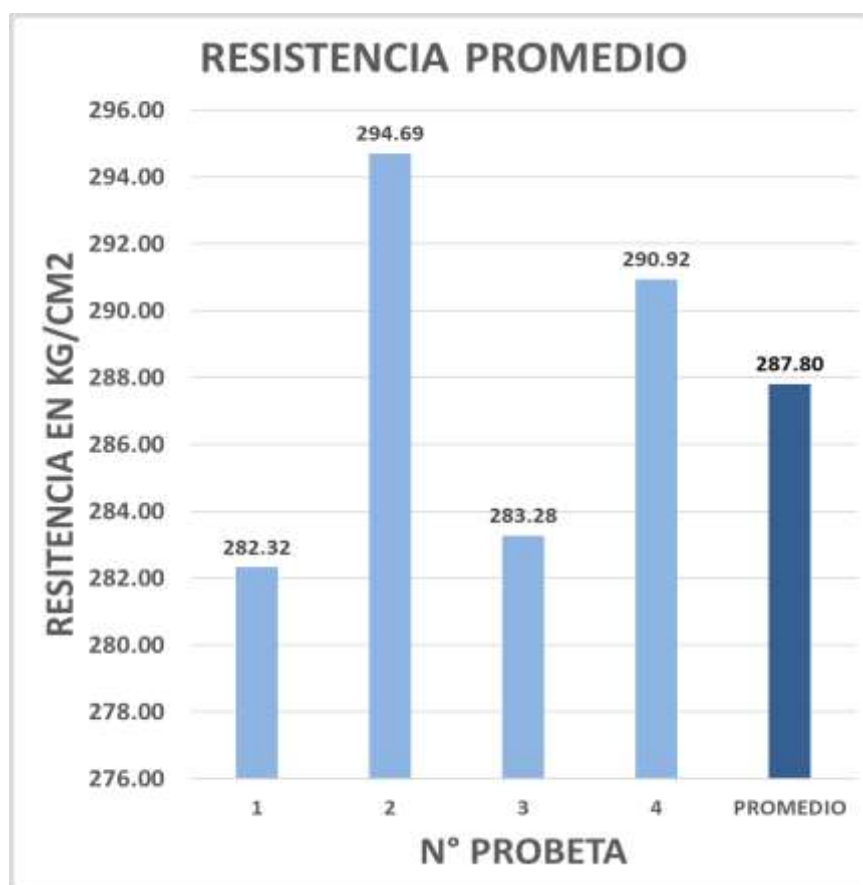


Figura 51. Porcentaje del f'_c con Cemento Tipo V a la edad de 14 días

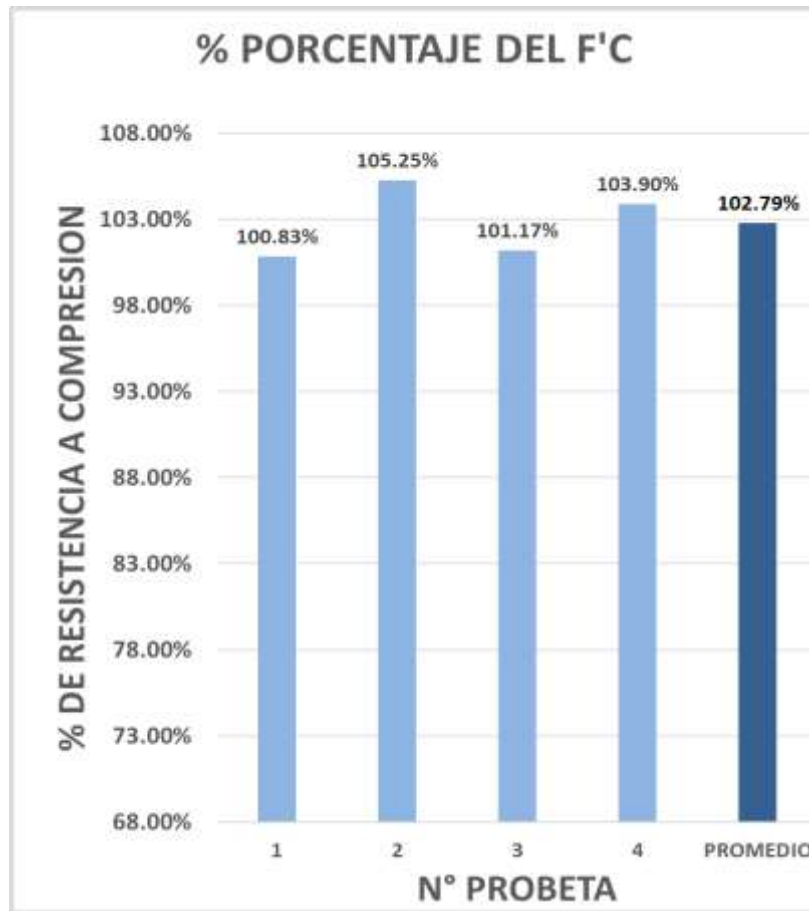


Tabla 41. Resistencia a la Compresión- Cemento Tipo V a la edad de 28 días

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	ED AD (días)	f'_c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'_c
1	TIPO V - 9	28	280	353.46	126.24%
2	TIPO V - 10	28	280	357.14	127.55%
3	TIPO V - 11	28	280	351.91	125.68%
4	TIPO V - 12	28	280	350.89	125.32%
PROMEDIO				353.35	126.20%
Desv	2.740				

Figura 52. Resistencia Promedio del Concreto con Cemento Tipo V a la edad de 28 días

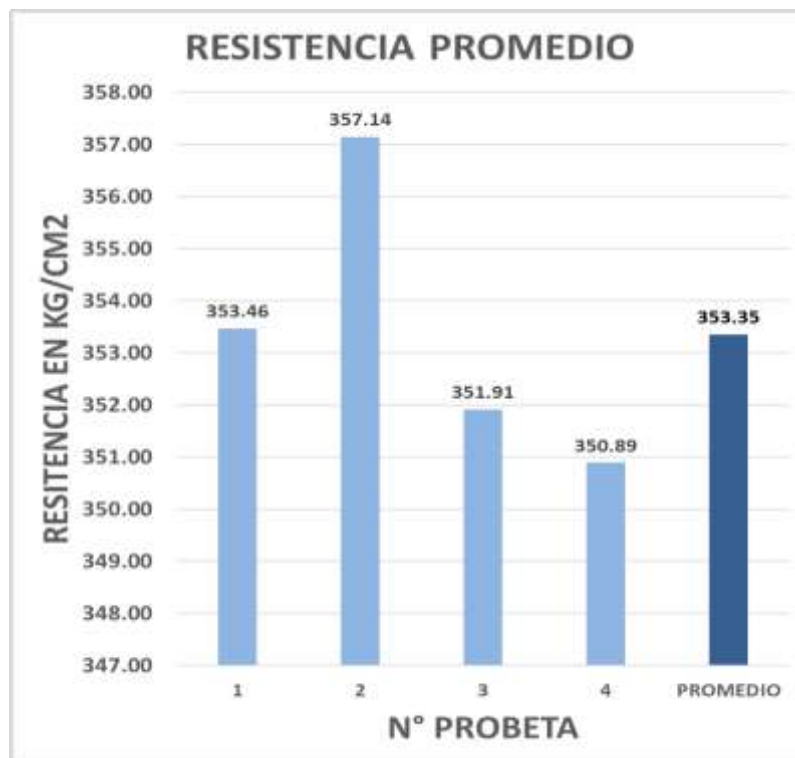


Figura 53. Porcentaje del f'c con Cemento Tipo V a la edad de 28 días

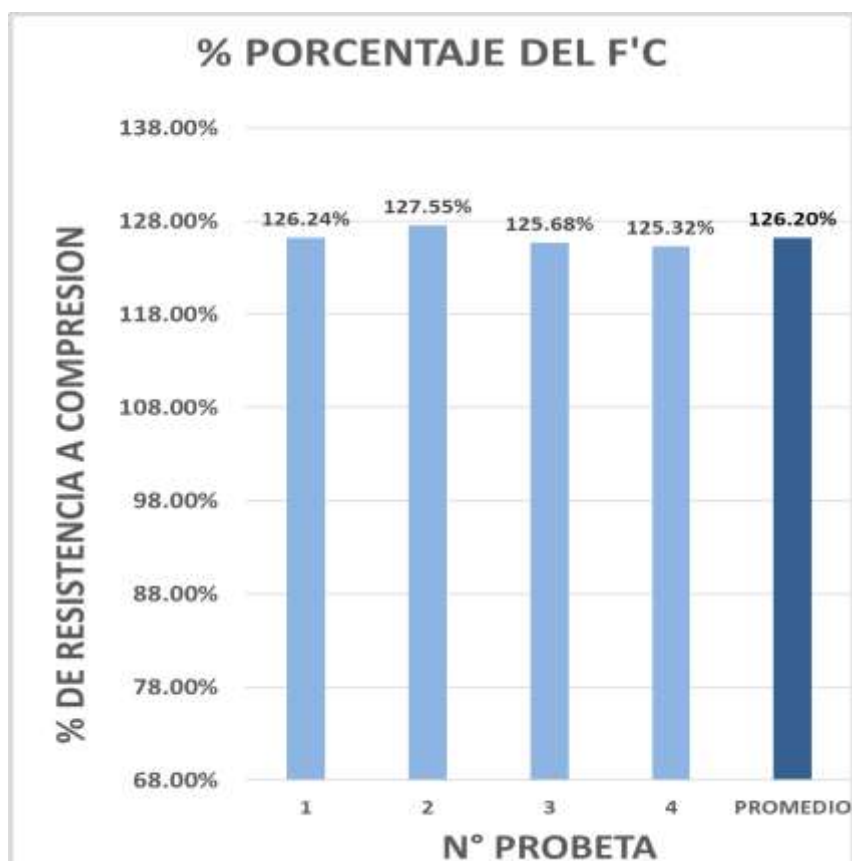


Tabla 42. Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN						
TIPO DE CEMENTO	EDAD					
	7 Días (kg/cm2)	% del F'c	14 Días (kg/cm2)	% del F'c	28 Días (kg/cm2)	% del F'c
CEMENTO TIPO I	243.94	87.12%	287.74	102.76%	339.09	121.10%
CEMENTO TIPO MS	213.22	76.15%	253.94	90.69%	293.53	104.83%
CEMENTO TIPO HS	192.93	68.90%	201.41	71.93%	290.35	103.70%
CEMENTO ICO	207.21	74.01%	241.05	86.09%	295.53	105.55%
CEMENTO TIPO V	240.93	86.05%	287.80	102.79%	353.35	126.20%

ANEXOS



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA.
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / RUC: 20602101488
TELF: 076-633319

PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS PARA CONCRETO / A.S.T.M.C -33

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 280 AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS"

Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	192.1
Peso de la fiola +agua (g) =	690.2
Volumen de la fiola (cm3) =	500.00
Peso especifico (g/cm3) =	0.99620
P.e en (Kg/m3) =	996.20

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	4225.00
Peso del Molde +Agua (g) =	13679.00
Peso Agua (Kg) =	9.4540
f (1/m3) =	105.373

1.00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	4225.00	4225.00	4225.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	17466.00	17522.00	17588.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	13241.00	13297.00	13363.00	
1.05	Factor (f)	1/m3	105.373	105.373	105.373	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.395	1.401	1.408	1.402
	Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1395	1401	1408	1402

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	4225.00	4225.00	4225.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18755.00	18856.00	18766.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	14530.00	14631.00	14541.00	
2.04	Factor (f)		105.373	105.373	105.373	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.531	1.542	1.532	1.535
	Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1531	1542	1532	1535

3.00 Peso Específico - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2744.32	2744.10	2744.60	
3.02	Peso de canastilla sumergida	g	876.00	876.00	876.00	
3.03	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
3.04	Peso de la muestra secada al horno	g	2967.80	2967.40	2966.90	
3.05	Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1868.32	1868.10	1868.60	
	Peso Específico de Masa	g/cm³	2.622	2.622	2.622	2.620
	Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm³	2.651	2.650	2.652	2.650
	Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.699	2.699	2.701	2.700

4.00 Absorción (%) ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	2967.80	2967.40	2966.90	
	Absorción (%)	%	1.085	1.099	1.116	1.100

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	356.00	357.00	360.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1455.00	1685.00	1789.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1451.00	1680.00	1785.00	
	Contenido de Humedad	W %	0.37	0.38	0.28	0.34

MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 280 AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS"

Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

1.00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	2988.50	2988.60	2988.70	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	11.50	11.40	11.30	
	% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.383%	0.380%	0.377%	0.40%

ENSAYO DE ABRASIÓN / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c = 280$ AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS"

Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./min)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3556	3559	3551
% Desg. $= ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				28.88	28.82	28.98
Abrasión % Desgaste Promedio				29.00		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 / AASHTO T- 27/ MTC E 202

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c = 280$ AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS"

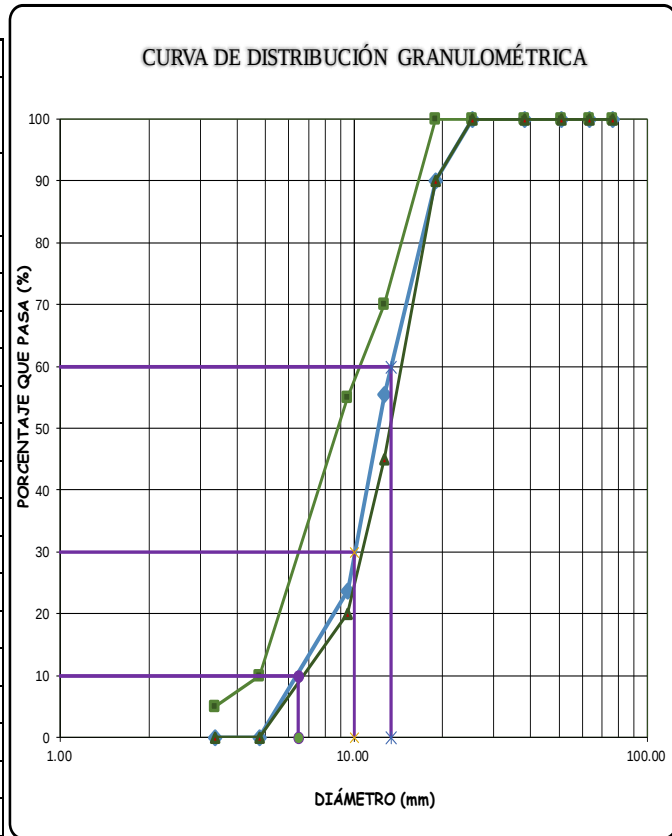
Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

Peso Seco Inicial =		8000.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		1.00			
Tamiz	Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	
N°	Abertura (mm)	Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Que Pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	789.00	9.86	9.86	90.14
1/2"	12.70	2762.00	34.53	44.39	55.61
3/8"	9.53	2544.00	31.80	76.19	23.81
N°4	4.75	1904.00	23.80	99.99	0.01
N°8	3.36	0.00	0.00	99.99	0.01
N 16	1.18	0.00	0.00	99.99	0.01
N 30	0.60	0.00	0.00	99.99	0.01
N 50	0.30	0.00	0.00	99.99	0.01
N 100	0.15	0.00	0.00	99.99	0.01
N 200	0.075	0.00	0.00	99.99	0.01
Cazoleta	--	1	0.01	100.00	0.00
TOTAL		8000.00			
MÓDULO DE FINURA =		6.860			



D60 =	13.00	D30 =	10.00	D10 =	6.45
Cu =	2.02	Cc =	1.19		

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CUMPLE EL USO GRANULOMETRICO N° 67 DE LA NORMA A.S.T.M. C 33M-16.

PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADO FINO

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c = 280$ AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS"

Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

MATERIAL : AGREGADO FINO DE RÍO

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	192.1
Peso de la fiola en (g) =	690.2
Volumen de la fiola (cm ³) =	500
Peso especifico (g/cm ³) =	0.9962
P.e en (Kg/m ³) =	996.2

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	1995
Peso del Molde +Agua (g) =	4867
Peso Agua (Kg) =	2.872
f (1/m ³) =	346.87

1 .00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	6622.00	6595.00	6613.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	4627.00	4600.00	4618.00	
1.05	Factor (f)		346.866	346.866	346.866	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.605	1.596	1.602	1.601
Peso Unitario Suelto		Kg/m³	1604.95	1595.58	1601.83	1601

2 .00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 205)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	6933.00	6944.00	6955.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	4938.00	4949.00	4960.00	
2.04	Factor (f)	1/m ³	346.866	346.866	346.866	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.713	1.717	1.720	1.717
Peso Unitario Compactado		Kg/m³	1712.83	1716.64	1720.46	1717

3 .00 Peso Específico / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de fiola	g	192.1	192.1	192.1	
3.02	Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	690.2	690.2	690.2	
3.03	peso de la fiola +agua + muestra	g	1003.9	1003.7	1003.6	
3.04	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
3.05	Peso de la muestra secada al horno	g	493.40	493.70	493.80	
3.06	volumen de agua añadida al frasco (g)	g	311.80	311.60	311.50	
	Peso Específico de Masa	g/m³	2.622	2.620	2.620	2.620
	Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/m³	2.657	2.654	2.653	2.650
	Peso Específico de Aparente	g/m³	2.717	2.711	2.709	2.710

4 .00 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	493.40	493.70	493.80	
	Absorción (%)	%	1.338	1.276	1.256	1.300

5 .00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	345.00	359.00	360.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1485.00	1669.00	1588.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1432.00	1611.00	1532.00	
	Contenido de Humedad	W %	4.88	4.63	4.78	4.76

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 280 AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS"

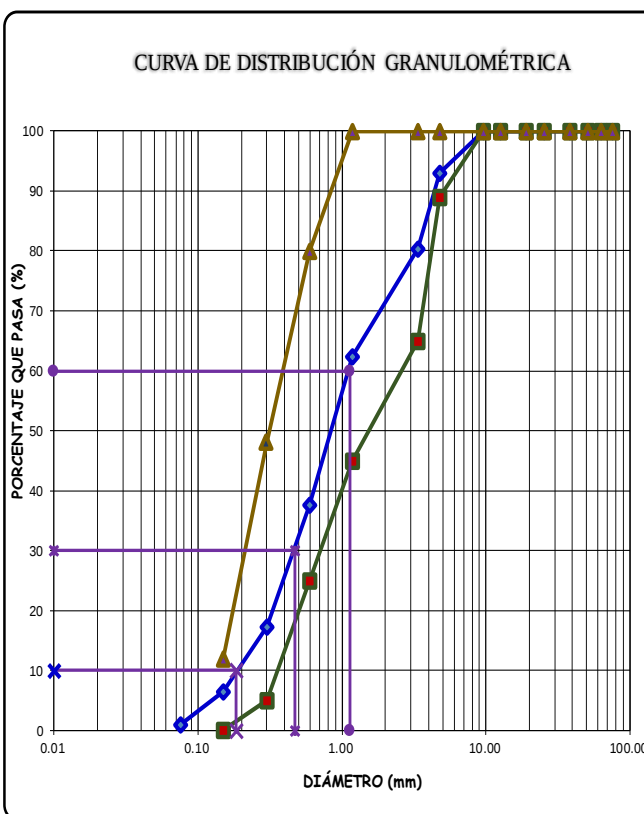
Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

Peso Seco Inicial =		1500.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		14.00			
Tamiz	Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	
N°	Abertura (mm)	Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Que Pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	105.00	7.00	7.00	93.00
N°8	3.36	189.00	12.60	19.60	80.40
N 16	1.18	271.00	18.07	37.67	62.33
N 30	0.60	371.00	24.73	62.40	37.60
N 50	0.30	305.00	20.33	82.73	17.27
N 100	0.15	161.00	10.73	93.47	6.53
N 200	0.075	84.00	5.60	99.07	0.93
Cazoleta	--	14	0.93	100.00	0.00
TOTAL		1500.0			
MÓDULO DE FINURA =		3.029			



D60 =	1.13	D30 =	0.47	D10 =	0.183
Cu =	6.17	Cc =	1.07		

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CUMPLE EL HUSO GRANULOMÉTRICO "M" DE LA NORMA N.T.P. 400.037 - ATMC-33

EL MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO ESTUDIADO ES DE 3.029.

MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)

Tesis : "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 280 AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DIAS"

Tesista : Jhenifer Thajana Carhuanambo Villanueva

Asesor : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Cantera : Río Chonta - Tar Tar Chico.

Fecha : 03 de Junio 2022

MATERIAL : AGREGADO FINO DE RÍO

1.00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	486.40	486.90	487.70	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	13.60	13.10	12.30	
Material que Pasa el Tamiz N° 200		%	2.72%	2.62%	2.46%	2.60%

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Tesis	: "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F_c = 280$ AL UTILIZAR DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y A LAS EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS"
Tesista	: Jhenifer Thajana Carhuamambo Villanueva
Asesor	: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Fecha	: 03 de Junio 2022

ELEMENTO ESTRUCTURAL : CIMENTACIÓN LUGAR: CAJAMARCA

CEMENTO :	PORTLAND PACASMAYO TIPO I, TIPO MS, TIPO HS, TIPO ICO Y TIPO V- A.S.T.M.C- 150	PESO ESPECÍFICO =	3.080	g/cm ³
-----------	--	-------------------	-------	-------------------

PROCEDENCIA DE AGREGADOS :

AGREG. FINO	: Río Chonta - Tar Tar Chico.
AGREG. GRUESO	: Río Chonta - Tar Tar Chico.

$F_c =$	280	Kg/cm ²
$F_{cr} =$	294	Kg/cm ²

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"	
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.620	g/cm ³	2.620	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	2.650	g/cm ³	2.650	g/cm ³
PESO ESPECÍFICO APARENTE	2.710	g/cm ³	2.700	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1601	Kg/m ³	1402	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1717	Kg/m ³	1535	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.762		0.341	
ABSORCIÓN (%)	1.300		1.100	
MÓDULO DE FINURA	3.029		6.860	
ABRASIÓN (%)	...		29.00	
% QUE PASA MALLA Nº 200	2.60		0.40	

ASENTAMIENTO =	3" - 4"	VACÍOS =	41.412
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205.0	Lt/m ³	VACÍOS POR CORREGIR = 6.412
AIRE TOTAL (%) =	2.0	FCORR. MC=	0.128
RELACION A/Mc =	0.5584		

CEMENTO =	367.12	Kg/m ³	8.64	Bolsas/m ³
-----------	--------	-------------------	------	-----------------------

METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :

CEMENTO =	0.119195	m ³
AGUA DE MEZCLADO =	0.205	m ³
AIRE (%) =	0.02	m ³
SUMA =	0.344195	m ³
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.655805	m ³

MÓDULO DE COMBINACIÓN :

MÓDULO DE COMBINACIÓN CORREGIDA	5.027
% AGREGADO FINO =	47.85
% AGREGADO GRUESO =	52.15

AGREGADO FINO SECO =	822.00	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO SECO =	896.00	Kg/m ³

APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
APORTE AF =	28.46
APORTE AG =	-6.80
TOTAL =	21.66

MATERIALES DE DISEÑO

CEMENTO	367.1	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
AGREGADO FINO SECO	822.00	Kg
AGREGADO GRUESO SECO	896.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	367.1	Kg
AGUA EFECTIVA	183.3	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	861.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	899.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

PROPORCIÓN EN PESO

CEMENTO =	1
A. FINO =	2.35
A. GRUESO =	2.45
AGUA =	21.2 (Lt / Bolsa)

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

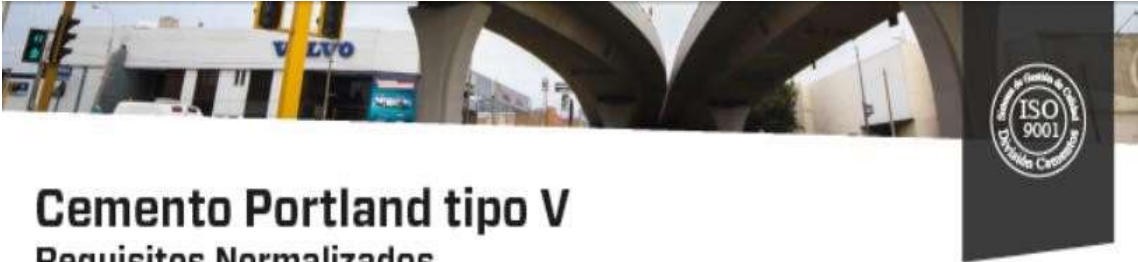
CEMENTO =	1
A. FINO =	2.100 4.200
A. GRUESO =	2.610 5.220
AGUA =	21.200 (Lt / Bolsa)

0.0267	m ³		
4 muestras			
CEMENTO	9790		
AGUA EFECTIVA	4889		
AGREGADO FINO HUMEDO	22960		
AGREGADO GRUESO HUMEDO	23973		

Figura 54. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V.



Figura 55. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo V. Requisitos normalizados.



Cemento Portland tipo V

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 / ASTM C150

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO ⁽¹⁾
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.2
SO ₃	Máximo	2.3	%	NTP 334.086	2.0
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.3
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.8
C ₃ A	Máximo	5.0	%	NTP 334.009	4.0
2C ₃ A+C ₄ AF	Máximo	25.0	%	NTP 334.009	20.6

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

REQUISITOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO ⁽¹⁾
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4510
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.14
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	8.0 (1160)	MPa (psi)	NTP 334.051	25.9 (3760)
7 días	Mínimo	15.0 (2180)	MPa (psi)	NTP 334.051	34.2 (4960)
28 días	Mínimo	21.0 (3050)	MPa (psi)	NTP 334.051	39.8 (5770)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	minutos	NTP 334.006	285

(1) Valores Promedios Referenciales

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 56. Ficha técnica de cemento Nacional tipo HS



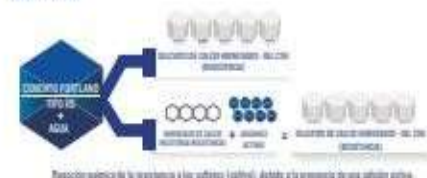
Cemento Nacional Tipo HS + PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD, es un cemento Portland especializado, diseñado para todo tipo de estructuras y construcciones en general que requieran una **ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS**.

Su composición contiene las proporciones adecuadas de clinker, yeso y adiciones especiales; materias primas, que cumplen con los más estrictos controles de calidad para obtener un excelente producto final, el cual cumple con las exigencias especificadas según NTP 334.082 y ASTM C-1157.

PRESENTACIÓN

- Bolsa de 42.5 Kg.
- Despacho a granel en big bag de 1 a 1.5 Tm o en bombonas.

REACCIÓN



USOS Y APLICACIONES

- Para obras que requieran protección a la formación de salitre y la humedad, cuya exposición severa a los sulfatos solubles de agua y a los cloruros sea del orden de 1,500 a 10,000 ppm. Ideal para todo tipo de suelos.

Fuente: <https://grupodmat.com/assets/pdf/Cemento%20NACIONAL%20tipo%20HSFT.pdf>

Figura 57. Ficha técnica de cemento Nacional tipo HS. Requisitos normalizados.

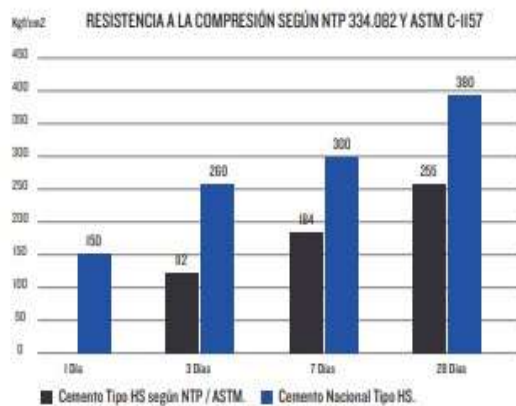
- Recomendado para construcciones en zona costera, piscinas, plantas industriales, obras portuarias e hidráulicas, acueductos, tubos de alcantarillado, canales, así como en edificaciones que estén expuestos a ciertos ataques químicos.
- Para construcciones de concreto con alta exposición a la humedad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO HS	CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE SEGÚN NTP 334.002 Y ASTM C-1157
Contenido de aire. Máx. %	9	NE
Superficie específica (cm ² /g). Mín.	4250	NE
Expansión en autoclave. Máx. %	0.07	0.8
Resistencia a la compresión Mpa/cm ²		
1 Día	150	NE
3 Días	260	112 mín.
7 Días	300	184 mín.
28 Días	380	253 mín.
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos.		
Inicial	140	45 mín.
Final	250	420 mín.
Expansión a los sulfatos (Método ASTM C-1012).		
06 meses.	0.03	0.05 máx.
12 meses.	0.05	0.1 máx.
Expansión en barra de morteros 14 días (Método ASTM C-1036).	0.01	0.02 máx.

El Cemento Nacional Tipo HS - PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD, garantiza un buen desarrollo de resistencias en el tiempo, de acuerdo a la información mencionada.

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



RECOMENDACIONES EN MODO DE EMPLEO



VENTAJAS

- Mayor resistencia al ataque de los sulfatos;

El empleo de puzolana natural, disminuye la fase de C3A y fija el hidróxido de calcio libre, dando como resultado una matriz con menor porosidad capilar. Lo cual genera una superficie específica mucho más resistente al ataque de los sulfatos, suelos húmedos y al agua de mar.

- Mayor impermeabilidad y resistencia a los cloruros:

El empleo de puzolana natural, contribuye a la formación de una matriz de cemento con menor porosidad capilar, dando como resultado un incremento de la impermeabilidad del concreto; esto evita el ingreso de agentes externos (sulfatos, cloruros y otros agentes nocivos).

- Alta resistencia a la compresión en el tiempo:

Debido a la adición activa que se emplea en su formulación (puzolana natural), desarrolla en el tiempo un incremento de resistencia por encima de los 28 días; el cual se mantiene hasta después de 1 o más años.

La reacción que se da entre la puzolana natural y el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento, forman compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento (formación del Gel C-S-Hⁿ), superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana natural.

- Moderado calor de hidratación:

Los beneficios que brinda la adición activa permiten que el uso de este tipo de cemento, minimice la presencia de fisuras en vaciados de gran volumen de concreto, así como también en obras de climas calurosos.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

- Almacenar las bolsas en un lugar seco y techado, evitando el contacto con la humedad del ambiente, separadas de paredes y pisos (con espacios mínimos de 10 cm), manteniéndolas bien cerradas y de preferencia protegidas con plástico.
- No almacenar por tiempos prolongados, siendo su almacenamiento máximo de 30 días. Esto, gracias a la particularidad de su pliego de plástico intermedio que tiene el diseño de su bolsa, que le otorga una mayor duración.
- Para evitar la compactación, apilarlas en 10 bolsas como máximo.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Durante su manipulación utilizar equipo de protección personal (mascarilla, guantes, botas, casco, anteojos, etc.).



- El contacto directo con el producto seco o hidratado, puede causar irritación en la piel y los ojos. Evitar su contacto, en caso de haberse dado, lavarse con abundante agua y acudir a un médico.

Figura 58. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo ICo

Octubre 2023 V1

CEMENTO EXTRA FORTE

“EXTRA
RESISTENTE”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo. Óptimo desarrollo de resistencias y excelente trabajabilidad, diseñado para uso general que no requieran condiciones especiales.

Usos

- Ideal para la ejecución de obras estructurales.
- Elementos de concreto que no requieran características especiales.
- Reparaciones, remodelaciones y diversas aplicaciones domésticas.
- Elaboración de morteros para pisos, nivelaciones, lechadas y emboquillados.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

■ Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (MPa)	Cemento	Agrego Grueso	Medio de tamaño máximo 10 mm	Agua
Losas, aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

■ Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.

■ Usar un único recipiente de medida.

ATRIBUTOS

Trabajabilidad
Su excelente trabajabilidad permite una colocación compactación adecuada, minimizando la segregación y pérdida de material.

Fragua óptima que garantiza el correcto vaciado del concreto.

Resistencia a la compresión
Diseñado con adiciones minerales que otorgan un óptimo desarrollo de resistencias.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar panhuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.

PRESENTACIONES



Económico
42.5 kg



Saco regular
42.5 kg



A granel



Big-Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



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

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 59. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo ICo. Requisitos normalizados.

Cemento Extraforte

Cemento Portland Compuesto Tipo ICo

Requisitos normalizados - NTP 334.090

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.6
SO ₃	Máximo	4.00	%	NTP 334.086	2.70

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5510
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.1
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.97
Contenido de aire	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	6
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.05
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	22.2 (3230)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.8 (4040)
28 días	Mínimo	25.0 (3620)	MPa (psi)	NTP 334.051	35.2 (5130)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	149
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	278

*Valores promedios referenciales de lotes despachados.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090.

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 60. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo MS

CEMENTO FORTIMAX

“MÁXIMA
DURABILIDAD”



DESCRIPCIÓN

Cemento Tipo M5 (MH). Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Usos

- Ideal para suelos con presencia moderada de sulfatos.
- Ideal para obras que requieren moderado calor de hidratación.
- Ideal para obras cercanas a grandes fuentes de agua (mar, lagos, ríos, etc.)

ATRIBUTOS

Durabilidad
Diseño premium con adiciones minerales activas que garantizan un excelente desarrollo de resistencias a la compresión y una máxima protección contra los agentes agresivos del entorno.

Moderado calor de hidratación
Favorable para ser utilizado en climas cálidos o despachos masivos de concreto pre mezclado. En condiciones adecuadas de curado reduce el riesgo de fisuras y grietas.

Baja permeabilidad en el concreto
Debido al diseño, en el contenido de adiciones, contribuye a la disminución de la permeabilidad del concreto garantizando la protección de las estructuras de fierro en obra.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

■ Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena Limpia	Plástico de resaca cada 10 cms	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

PRESENTACIONES



Ecosaco
42.5 kg



A granel



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002.2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



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

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 61. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo MS. Requisitos normalizados.

Cemento Fortimax Tipo MS (MH) - Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación Requisitos normalizados - NTP 334.082 / ASTM C1157 REQUISITOS FÍSICOS					
ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5150
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	1.9
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.93
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.7 (3150)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.7 (4310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	41.4 (6010)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	181
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	292
Expansión Barra de mortero a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.005
Expansión por sulfatos a 6 meses	Máximo	0.10	%	NTP 334.094	0.03
Calor de hidratación a 3 días	Máximo	335	kJ/kg	NTP 334.171	252
*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional					
El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082 y la ASTM C1157.					

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 62. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I.

CEMENTO TIPO I

“ESTRUCTURAL”

DESCRIPCIÓN

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

ATRIBUTOS

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.

PRESENTACIONES

Saco regular
42.5 kg
 Eco-saco
42.5 kg
 A granel
 Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO

Utilizar agregados y materiales de buena calidad.
 A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Armas limpio	Piedra de tamaño máximo 10 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 63. Ficha técnica de cemento Pacasmayo tipo I. Requisitos normalizados.

Cemento Tipo I Cemento Portland de uso general 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	1.7
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.82
Alcalis equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6
REQUISITOS FÍSICOS					
ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4100
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.6 (4000)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.3 (4830)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.5 (5870)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	274
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.008
*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional. El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 / ASTM C150					

Fuente: <https://pacasmayoprofesional.com>

Figura 64. Ensayo de Contenido de Humedad



Figura 65. Ensayo de Peso Específico



Figura 66. Ensayo de Peso Unitario



Figura 67. Ensayo de Análisis Granulométrico



Figura 68. Cemento Tipo I



Figura 69. Cemento Tipo MS



Figura 70. Elaboración de especímenes de concreto con cemento Tipo I y Tipo MS



Figura 71. Prueba del Slump



Figura 72. Vaciado de concreto a las probetas cilíndricas



Figura 73. Primer ensayo de Resistencia a la Compresión, posterior a 7 días.



Figura 74. Cemento Tipo V Pacasmayo



Figura 75. Ensayo de Resistencia a la Compresión con cemento Tipo V



Figura 76. Falla Tipo 2



Figura 77. Probetas de concreto en la balanza, preliminar al ensayo de resistencia mecánica a compresión.

