

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

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO
ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR
METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”**

Tesistas:

- Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrique
- Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor

Asesor:

- Ms. López Carranza, Atilio Rubén

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2021

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

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO
ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR
METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”**

REVISADO POR:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Atilio Rubén López Carranza', is written over a horizontal line.

Ms. López Carranza, Atilio Rubén

ASESOR

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

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO
ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR
METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”**

JURADO EVALUADOR DE TESIS



Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
PRESIDENTE



Ms. Janet Veronica Saavedra Vera
SECRETARIA



Ms. López Carranza, Atilio Rubén
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 11 días del mes de febrero del año dos mil veintidós, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 470-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), y el Dr. Atilio Rubén López Carranza (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 030-2022-UNS-FI, se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019", presentado por los Bachilleres VASQUEZ PEREZ DANTE JAILOR y RODRIGUEZ SILVA LUIS ENRIQUE, quienes fueron asesorados por el Dr. Atilio Rubén López Carranza, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 276-2019-UNS-FI.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RODRIGUEZ SILVA LUIS ENRIQUE	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 11 de febrero de 2022.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 11 días del mes de febrero del año dos mil veintidós, siendo las cinco de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 470-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), y el Dr. Atilio Rubén López Carranza (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 030-2022-UNS-FI, se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019", presentado por los Bachilleres VASQUEZ PEREZ DANTE JAILOR y RODRIGUEZ SILVA LUIS ENRIQUE, quienes fueron asesorados por el Dr. Atilio Rubén López Carranza, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 276-2019-UNS-FI.


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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VASQUEZ PEREZ DANTE JAILOR	16	BUENO

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 11 de febrero de 2022.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Secretaria


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Integrante

**ACTA DE APROBACION DEL JURADO EVALUADOR
INFORME FINAL DE TESIS**

1. Apellidos/Nombres:
**VASQUEZ PEREZ DANTE JAILOR
RODRIGUEZ SILVA LUIS ENRIQUE**
2. Título del Proyecto de Investigación **“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”**
3. Asesor: Ms. Atilio Rubén López Carranza.
4. Contenido: Investigación que propone sustituir cantidades de cemento y reemplazar con metacaolin y ceniza volante en la preparación del concreto estructural, donde puede notarse que si es factible esta propuesta.
5. Grado Académico o Título Profesional: Ingeniero Civil
6. Universidad Nacional del Santa - Facultad de Ingeniería
7. Escuela Profesional de Ingeniería Civil
8. Evaluación del Contenido de la Investigación
9. Cotejo en la Base de Datos de la Sunedu
10. Certificación de Aprobación
11. Fecha: 21 de Enero del 2021



Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Presidente



Ms. Janet Veronica Saavedra Vera
Secretaria



Atilio Ruben López Carranza
Integrante



DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por permitirnos alcanzar nuestra meta. Quién nos dio fuerzas y supo guiarnos por el buen camino, enseñándonos a encarar las adversidades con perseverancia y dignidad.

A mi persona especial que siempre me ayudo a no decaer y darme por vencido con su apoyo incondicional durante este trayecto, siempre tendrás todo mi amor y gratitud.



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por proteger y guiar nuestros caminos día a día dándonos fuerza para poder vencer las trabas y problemas a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros padres, que han demostrado ser padres ejemplares, enseñándonos a no desfallecer ni a rendirnos ante nada y siempre ser perseverar.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes del problema .	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general .	3
1.2.2. Problemas específicos .	3
1.3. Objetivos .	4
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	5
1.5. Limitaciones del trabajo.....	5
1.6. Hipótesis de la investigación.....	5
II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación .	7
2.2.1. Internacionales .	7
2.2.2. Nacionales.....	7
2.2. Bases teóricas .	9
2.3. Definición de términos .	16
2.4. Marco normativo.....	18
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Tipo de investigación .	21
3.2. Nivel de investigación.....	21
3.3. Unidad de análisis .	21
3.4. Ubicación.....	21
3.5. Población y muestra .	21
3.5.1. Población.....	21



3.5.2. Muestra	21
3.6. Variable	22
3.6.1. Variable independiente	22
3.6.2. Variable dependiente	22
3.6.3. Matriz de consistencia	23
3.6.4. Operacionalización de variable	24
3.7. Instrumentos	25
3.8. Procedimientos.	25
IV RESULTADOS	39
4.1. Análisis e interpretación de los resultados	40
4.2. Discusión	64
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones	69
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
VII ANEXOS	73



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad de probetas de concreto.....	22
Tabla 2 Cantidad de vigas de concreto.....	22
Tabla 3. Matriz de consistencia.....	23
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	24
Tabla 5 Límites granulométricos del agregado fino.....	27
Tabla 6 Límites granulométricos del agregado grueso.....	27
Tabla 7 Porcentaje de aire atrapado.....	32
Tabla 8 Resistencia requerida.....	33
Tabla 9 Cantidad de agua en litros.....	33
Tabla 10 Relación agua/cemento.....	33
Tabla 11 Volumen de agregado grueso.....	34
Tabla 12 Granulometría del agregado grueso.....	40
Tabla 13 Granulometría del agregado fino.....	41
Tabla 14 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	42
Tabla 15 Peso unitario compactado del agregado grueso.....	43
Tabla 16 Peso unitario suelto del agregado fino.....	43
Tabla 17 Peso específico y absorción del agregado fino.....	44
Tabla 18 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	44
Tabla 19 Contenido de humedad del agregado grueso.....	45
Tabla 20 Contenido de humedad del agregado fino.....	45
Tabla 21 Diseño de mezcla con agregados naturales.....	46
Tabla 22 Resistencia a la compresión a los 7 días – concreto patrón.....	48
Tabla 23 Resistencia a la compresión a los 14 días – concreto patrón.....	49
Tabla 24 Resistencia a la compresión a los 28 días – concreto patrón.....	49
Tabla 25 Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 5% sustitución MK y CV.....	50
Tabla 26 Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 5% sustitución MK y CV.....	50
Tabla 27 Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 5% sustitución MK y CV.....	51
Tabla 28 Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 10% sustitución MK y CV..	52



Tabla 29 Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 10% sustitución MK y CV.....	53
Tabla 30 Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 10% sustitución MK y CV.....	53
Tabla 31 Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 10% sustitución MK y CV..	54
Tabla 32 Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 10% sustitución MK y CV.....	55
Tabla 33 Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 10% sustitución MK y CV.....	55
Tabla 34 Concreto $F'c = 210\text{Kg/cm}^2 - 10\%$ a los 28 días.....	57
Tabla 35 Parámetros estadísticos.....	58
Tabla 36 Probabilidad de ocurrencia.....	59
Tabla 37 Dimensión del prisma – concreto patrón.....	59
Tabla 38 Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto patrón.....	60
Tabla 39 Dimensión del prisma – concreto - 5% sustitución de MK y CV.....	60
Tabla 40 Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 5% sustitución de MK y CV.....	60
Tabla 41 Dimensión del prisma – concreto - 10% sustitución de MK y CV.....	60
Tabla 42 Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 10% sustitución de MK y CV.....	61
Tabla 43 Dimensión del prisma – concreto - 15% sustitución de MK y CV.....	61
Tabla 44 Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 15% sustitución de MK y CV.....	61
Tabla 45 Carga máxima promedio sin acero de refuerzo (daN).....	62



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva granulométrica del agregado grueso	41
Figura 2 Curva granulométrica del agregado fino	42
Figura 3 Resistencia promedio obtenida del concreto patrón	49
Figura 4 Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 5%.....	51
Figura 5 Diagrama de barras concreto 210Kg/cm ² patrón – 5% mezcla MK y CV	52
Figura 6 Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 10%.....	53
Figura 7 Diagrama de barras concreto 210Kg/cm ² patrón – 10% mezcla MK y CV	54
Figura 8 Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 15%.....	55
Figura 9 Diagrama de barras concreto 210Kg/cm ² patrón – 15% mezcla MK y CV.....	56
Figura 10 Curva de Distribución Normal.....	58
Figura 11 Resistencia promedio máxima a flexión de vigas sin acero de refuerzo.....	62



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Contenido de la humedad de los agregados.....	28
Ecuación 2 Peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	29
Ecuación 3 Gravedad Especifica del agregado fino.....	30
Ecuación 4 Gravedad específica saturado superficialmente seca del agregado fino.....	30
Ecuación 5 Gravedad específica aparente del agregado fino.....	30
Ecuación 6 Absorción del agregado fino.....	30
Ecuación 7 Peso específico de masa (Pem) del agregado grueso.....	31
Ecuación 8 Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss) del agregado grueso.....	32
Ecuación 9 Peso específico aparente (Pea) del agregado grueso	32
Ecuación 10 Absorción del agregado grueso.....	32
Ecuación 11 Factor cemento.....	34
Ecuación 12 Corrección por humedad de los agregados.....	35
Ecuación 13 Resistencia a la compresión de Probetas de Concretos	38
Ecuación 14 Resistencia a la flexión de Vigas de Concreto.....	38



RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo general Determinar las propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ mediante la sustitución en porcentajes del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante; para la cual se empleó una metodología aplicada – cuasiexperimental, la cual se inició con establecer la composición química y el grado de alcalinidad del Metacaolín y Ceniza Volante; luego se realizó un diseño de la mezcla para observar los alcances de resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón, determinar las propiedades físicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (Asentamiento y temperatura), las propiedades mecánicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión y flexión), para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1; y, la comparación del concreto patrón con el porcentaje óptimo de la mezcla de metacaolín y ceniza volante. Los resultados obtenidos, permitieron concluir que: La temperatura del concreto patrón y el concreto con la sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, fueron óptimos. Que la sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante al concreto en los porcentajes de 5, 10 y 15 %, mejoran notablemente el progreso de la resistencia a la compresión en probetas y flexión en vigas, en 28 días de curado, siendo la más favorable el 10% de sustitución de la misma. Finalmente, que al sustituir el 10% del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV), hay una posibilidad del 99.7% que las resistencias a compresión alcanzadas sean superiores a la de diseño en un intervalo de 268.4 kg/cm^2 y 330.6 kg/cm^2 a los 28 días.

Palabras clave: cemento, ceniza, físicas, mecánicas, metacaolín, volante



ABSTRACT

The present investigation has the general objective of Determining the Physical and Mechanical properties of structural Concrete $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ by substituting percentages of cement for the mixture of metakaolin and fly ash; for which an applied methodology was used - quasi-experimental, which began with establishing the chemical composition and the degree of alkalinity of Metakaolin and Fly Ash; Then a mixture design was made to observe the resistance ranges of $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ for a standard concrete, determine the physical properties of structural concrete $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ (Settlement and temperature), the mechanical properties of structural concrete $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ (resistance to compression and bending), for a standard concrete and a concrete with percentage substitution of cement by the mixture of metakaolin and fly ash in 5%, 10% and 15% in 1: 1 ratio; and, the comparison of the standard concrete with the optimal percentage of the mixture of metakaolin and fly ash. The results obtained, allowed to conclude that: The temperature of the standard concrete and the concrete with the substitution of the cement by the mixture of Metakaolin (MK) and Flying Ash (CV) in percentages of 5%, 10% and 15%, were optimal. That the substitution of cement for the mixture of Metakaolin and Fly Ash to concrete in the percentages of 5, 10 and 15%, notably improves the progress of the resistance to compression in specimens and bending in beams, in 28 days of curing, being the most favorable 10% replacement thereof. Finally, when substituting 10% of the cement for the mixture of Metakaolin (MK) and Flying Ash (CV), there is a 99.7% possibility that the compressive strengths achieved will be higher than the design in an interval of $268.4\text{kg} / \text{cm}^2$ and $330.6\text{kg} / \text{cm}^2$ at 28 days of curing.

Keywords: cement, ash, physical, mechanical, metakaolin, flywheel



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del problema

En el mundo actual, el concreto representa el material más usado, posterior al agua, siendo el que da forma en torno las escuelas, hospitales, hogares, carreteras, viviendas, etc. El concreto suele ser duradero y conservable por ciento de años en las diferentes ubicaciones que se pueden dar dentro de la construcción. El concreto cuenta con un diseño específico tomando como referencia los requisitos de seguridad totalmente ajustados a la normatividad, básicamente en las zonas de alto movimiento sísmico, como las que se ven en la ciudad de México, las cuales son necesarias dentro del orden de resistencia de comprensión a la densidad y los modelos de elasticidad. El concreto estructural a nivel internacional cumple con los grados de calidad del nivel B (Normal NMX-C-155) y de concreto, clase 1 (Normas técnicas complementarias del D.F.), las cuales en las construcciones estructurales mantienen altos niveles de seguridad, valores, obras de arte documentos, medio ambiente (Osorio, 2015).

En 1824, se fabricó el primer concreto realizado con cemento Pórtland, y posteriores a ello han surgido diversos adelantos técnicos, como el de 14 MPa (140 kgf/cm²) hasta el de 100 MPa (1000 kgf/cm²). Estos avances permitieron construir desde los rascacielos a puentes de claros largos de estructuras marítimas. En Estados Unidos, durante la época de los 70, se dieron casos concretos, que fueron tratados como excepciones. La durabilidad del concreto atrajo la atención de un promedio de 253 mil cubiertas de concreto en puentes. Existe la necesidad de realizar mejoras en la resistencia de concreto y buscar nuevas alternativas de construcción, cuando se trata del uso de productos reciclados y si se puede evitar la contaminación, se hace muy visible. Sin embargo, el cemento y agregados para la construcción, no existe un problema en el mercado, cuyos precios son asequibles al público en general; además, estos materiales no son recuperables y se necesita muchos recursos energéticos para obtenerlos y su elaboración produce un inmenso impacto en el medio ambiente (Martínez y Rosario, 2017).

En el Perú, es fundamental el crecimiento de la construcción del índice de edificaciones y obras públicas, donde los volúmenes de los materiales de demolición se distinguen de la rotura de concreto, que proviene de la pavimentación de los edificios y otras obras por el espacio que se pueden ocupar para ser llevados a disposición final. Dentro de



este contexto se puede observar en la localidad de Moquegua en la planta termoeléctrica Ilo 21, como ceniza volante; Siendo un subproducto industrial desechable. La ceniza volante, se obtiene al quemar el carbón usado como combustible cuando se genera la electricidad, y es contaminante, pero muy beneficioso cuando se agrega al concreto con la finalidad de mejorar su resistencia, porque es una puzolana artificial más común. Es importante resaltar que el caolín se encuentra en la cantera de Llacanora en Taricá, Huaraz, en la región Ancash; este metal es una arcilla blanca que forma parte de los minerales industriales, que, al someterse a temperaturas altas, pueden mostrar sus propiedades puzolánicas, y con ello se obtiene el metacaolín. La ceniza volante y la metacaolín son elementos que tienen propiedades en común a las que presenta el cemento, de tal manera que se pretende mejorar las propiedades resistentes del concreto; en tal sentido conforme a los antecedentes se tiende a incrementar la resistencia y con ello se puede dar mejor soporte a las viviendas, incrementando su resistencia a la compresión y flexión (Patiño y Venegas, 2017).

Tomando en cuenta las consideraciones, se busca una alternativa para así poder mejorar las propiedades del concreto, por lo cual se utilizó la ceniza volante y la metacaolín.

1.2. Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿En qué medida el uso de la mezcla de metacaolín y ceniza volante como sustitución porcentual del cemento en la preparación del concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ mejorará sus propiedades físicas y mecánicas?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuál es el grado de alcalinidad (Ph) y la composición química del Metacaolín (MK) y ceniza volante (CV)?

¿Cómo se realiza un diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón?

¿Cuáles son las propiedades físicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (Asentamiento y temperatura) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín (MK) y ceniza volante (CV) en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1?



¿Cuáles son las propiedades mecánicas del Concreto estructural $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión y flexión) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín (MK) y ceniza volante (CV) en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1?

¿De qué manera se determina los resultados con el concreto patrón y el porcentaje óptimo de la mezcla de metacaolín (MK) y ceniza volante (CV)?

1.3. Objetivos

1.1.3. *Objetivo General*

- Determinar las propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto estructural $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ mediante la sustitución en porcentajes del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante

1.1.4. *Objetivos específicos*

- Determinar la composición química y el grado de alcalinidad del Metacaolín y ceniza volante.
- Realizar un diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón.
- Determinar las propiedades físicas del Concreto estructural $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ (Asentamiento y temperatura) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1.
- Determinar las propiedades mecánicas del Concreto estructural $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión y flexión) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1.
- Comparar los resultados con el concreto patrón y determinar el porcentaje óptimo de la mezcla de metacaolín y ceniza volante.



1.4. Justificación

Debido a la relevancia de la investigación, se sustentó en aspectos importantes del estudio, debido a que es una investigación muy importante para la sociedad, porque se enfoca dentro de una visión moderna inmersa en un entorno social que cada día busca mejoras dentro del orbe tecnológico, considerando una profesionalización concreta dentro de los ámbitos necesarios para elevar los niveles de vida y mejoras estructurales en los profesionales próximos de la carrera de Ingeniería civil.

Se justifica económicamente, porque a pesar de que los costos de laboratorios son caros permitió realizarlo de manera práctica y consolidar los resultados, manteniendo un sistema de información acorde con la importancia del estudio. Asimismo, permitió demostrar de manera práctica y sistemática la realización del estudio, basándose en actividades reales y concretas que buscan nuevas perspectivas que contribuyan a reforzar los conocimientos en el área de la construcción.

1.5. Limitaciones del trabajo

Durante el desarrollo de la investigación, se tuvo ciertas limitaciones con el tiempo para la aplicación del estudio; además, de que, para realizar las pruebas en laboratorio, los costos estimados son altos, lo cual dificulta de cierta manera realizar rápidamente el estudio, ya que no se contó de manera inmediata para realizar los pagos a tiempo y con ello avanzar con los resultados del estudio.

1.6. Hipótesis de la investigación

Si se hace la sustitución del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante, entonces las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $F'c=210$ kg/cm² mejorarán, habiendo una mejora del 5% - 18% de la Resistencia a la Compresión y Flexión.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Landa et al. (2019), en su investigación titulada: “Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de concretos sustentables a base de agregados reciclados y ceniza de bagazo de caña de azúcar”. Los resultados indican que disminuye la resistencia de compresión de concretos con base en agregados reciclados y CBCA, relacionada al % de absorción presente en los AR y disminuye la adherencia por la pasta presente en ellos. Concluyó que el revenimiento y temperatura tiene resistencia a la compresión (F’C), módulo de elasticidad y tracción indirecta, a 14 y 28 días.

Lozano (2017), en su tesis titulada: “Análisis de la resistencia a la compresión y flexión en morteros activados alcalinamente con ceniza volante sin utilización de cemento portland; tuvo como objetivo realizar un análisis sobre la compresión y flexión de los morteros activados de forma alcalina con ceniza volante sin el uso de cemento portland”. Empleó la metodología cuantitativa, experimental correlacional. Concluyó que existe una estabilidad de la mezcla geo polimérica que se encuentra activada de forma alcalina con hidróxido de sodio mezcla 2 (8 Mol), porque al evaluar todos los aspectos considerados, se pudo observar un desempeño sobresaliente, igualando o mejorando las mezclas usadas con el control de cemento hidráulico. Asimismo, con relación a los resultados sobre la capacidad mecánica y duradera con la mezcla geo polimérica que es activada con NaOH, logró alcanzar los mejores desempeños, de tal manera que se podría enfocar en el uso de los materiales en la elaboración de morteros premezclados y elementos prefabricados, donde el trabajo obtenido sería óptimo considerando, ya que los morteros premezclados de la NTC 3993, tipifica la resistencia mínima en compresión de 17.5 MPa a 28 días y para los adoquines en concreto la NTC 220 también 28 días y que existe un mínimo de módulo de rotura de 5.0 Mpa,

Agudelo y Espinoza (2017), en su tesis titulada: “Análisis de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con adición de ceniza volante de termopaipa”. Esta investigación concluyó que, al realizar la parte experimental con las pruebas de laboratorio, demuestran que la propuesta establecida en la investigación funciona de manera eficaz dentro de los rangos porcentuales correspondientes del 2% - 10% de ceniza volante, la cual permite que la afinidad de los elementos tenga un funcionamiento óptimo en los rangos que se han utilizado en las mezclas de concreto hidráulico.



Arias y Becerra (2017), en su tesis titulada: “Análisis de la resistencia a compresión y a flexión en morteros elaborados con geopolímeros a base de ceniza volante y metacaolín activados alcalinamente”. Se realizó un análisis tomando en cuenta el comportamiento de la resistencia en relación a la compresión y flexión de los morteros geopoliméricos en consideración de una sustitución de la ceniza volante y el metacaolín como la alternativa para el cemento Portland, para lo cual se hizo uso de la materia prima correspondiente al estudio; concluyó que la mezcla sometida a laboratorio no es recomendable para el uso alternativo, porque las resistencias obtenidas son inferiores a las expuestas por la NTC 121, teniendo en cuenta 28 días como alcance mínimo de 24 MPa.

2.1.2. Nacionales

Torres (2018), en su investigación titulada: “Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018”. Concluyó que al 5% la sustitución de cemento por el ladrillo pulverizado mejora sus propiedades mecánicas del concreto, determinando además que a mayor tiempo la resistencia se hace mayor; en tal sentido esto se da debido a que debido a la presencia de metacaolín en el ladrillo de arcilla pulverizado, de tal manera que los óxidos como la sílice amorfa (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), además del óxido de hierro (Fe_2O_3), en concordancia con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento, origina la formación del silicato de calcio hidratado (CSH), con el aluminato de calcio hidratado (C_4AH_13), y son todos estos compuestos los que generan la resistencia obtenida.

Orchesi (2019), en su investigación titulada: “Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas de cáscaras de arroz”. Los resultados indican que se analizaron los diseños de mezcla patrón y los sustitutos con mezcla de roca esquisto calcinada con ceniza de cáscara de arroz cuya primera combinación fue de 3 y 5%; la segunda combinación fue de 5 y 7% de cemento; de estos ensayos físicos considerados como la consistencia y el sangrado de concreto y ensayos mecánicos para la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de los diseños realizados, brindan buenos resultados en el asentimiento, disminuyendo hasta 1” por cada una de las combinaciones sustituyentes; en relación al sangrado de concreto, logró una disminución de la exudación hasta el 0,633% en la segunda combinación; Asimismo, en los ensayos de resistencia en relación a la compresión en probetas cilíndricas de 4” x 8”, en la primera combinación se logra del 3 al 5%, que exista una subida de resistencia, en un tiempo



de 28 días, con un 5.2% en el patrón convencional. Con relación a los ensayos de resistencia de flexión, obtiene disminuir la resistencia, con una pérdida de resistencia en un diseño de 22.4%. Considerando los ensayos físicos, se determinó que cuando existe un aumento de dosificación en la sustitución, la consistencia seca a la mezcla, que en la exudación hay una disminución para cada una de las dosificaciones sustitutas, considerando que al disminuir el sangrado ayuda al fraguado en la primera fase ante la presencia de fisuras, y con relación a las pruebas mecánicas, hace que la resistencia a la compresión mejore en la primera dosificación en edades mayores a la resistencia a flexión; lo cual mostró una pérdida bastante importante en la resistencia, determinando que la sustitución de la mezcla no tiene efecto significativo para mejorar la resistencia a flexión.

Patiño y Venegas (2017), en su investigación titulada: “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución parcial de cemento”. Los resultados de las pruebas de resistencia a compresión y flexión se realizaron a edades de 7, 14 y 28 días. El diseño de mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2$, fue elaborado conforme al ACI 211, las mezclas de concreto fueron verificados conforme a los parámetros de consistencia en concordancia a los diseños de la mezcla, considerando ensayos en el tiempo para el fraguado de cemento y cemento con ceniza, tomando en cuenta los porcentajes establecidos dentro de la investigación, con la mezcla que se obtuvo, se elaboró testigos cilíndricos cuyas medidas fueron de 10cm x 20 cm., para los ensayos de resistencia a la compresión y las viguetas de 15cm x 15cm x 50cm, para ensayos a los tercios de viga, en resistencia a flexión. De acuerdo a los resultados de ceniza volante sustituyendo al cemento con los porcentajes de 10%, 20% y 30%, se logró una mejora en la resistencia de la mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y una disminución de la resistencia en base al concreto del patrón $f'cr=295\text{kg/cm}^2$. De los resultados indicados concluyó que las propiedades producto de la investigación fueron la resistencia a compresión y flexión, así como el coste de obtención del concreto en relación a insumos y la mezcla de concreto se realizó en base a los agregados gruesos provenientes de la cantera de Vicho, Cunyac y cemento Portland tipo IP,

Huaquisto y Belizario (2017), en su tesis titulada: “Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento”. Los resultados de la investigación indican que tomando en cuenta el tiempo de 28 días, con las resistencias en promedio 221kg/cm^2 considerado para el concreto normal, para el concreto con 2.5% de CV un 223kg/cm^2 , con el 5% el 231kg/cm^2 , al 10.0% un 200kg/cm^2 y 192kg/cm^2 para el 15% de la ceniza volante. Con tales resultados el investigador concluyó que la ceniza volante



puede actuar como sustituto al cemento con un rango del 10%, a pesar de que su valor reduce la resistencia del concreto, de tal manera que puede resultar perjudicial al momento en que se realiza el control de calidad.

2.2. Base teórica

2.2.1. Propiedades mecánicas

Según, Sha y Pereira (2001), las propiedades mecánicas, se encuentran enfocadas a estimar la resistencia, compresión, penetrabilidad y la permeabilidad, de tal forma que existen una serie de investigaciones o estudios que se dedican a referenciar que “la adición del metacaolín a los cementos en la producción de morteros u hormigones, sufren cambios en fases y transformaciones microestructurales, las cuales asumen una repercusión en sus propiedades físicas y químicas para los materiales” (p.134). Los iones OH, producidos para hidratar el cemento, logra hacer su depósito en los poros del hormigón y luego ingresar en contacto con la sílice del metacaolín, el cual forma un gel de silicato de calcio hidratado, que tiene como propiedad la de reducir el hidróxido de calcio y tiene ventajas con relación a la mezcla, pues ocasiona que la resistencia mecánica aumente y disminuya la porosidad, provocada por el efecto de microrelleno. Se puede observar ciertos cambios con relación a los contenidos de CH ó $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que es producto de una reacción puzolánica con la adición de diferentes porcentajes de metacaolín reemplazando al cemento.

Asimismo, ciertos estudios analizan el potencial sobre el uso de metacaolín, que reemplaza al cemento y que hay una repercusión importante con relación a reemplazar el cemento, considerando las medidas en el progreso de las resistencias del concreto, usando distintos tiempos para su curado. Según Khatib et al., (1996); incide que el metacaolín tiene un potencial puzolánico sustancialmente importante, porque su composición química y la dimensión de sus partículas se encuentran entre $0.5\ \mu\text{m}$ y $20\ \mu\text{m}$; otro indicador de su finura se encuentra a partir de la definición sobre un área superficial que oscila entre $310\ \text{m}^2/\text{kg}$ a $1500\ \text{m}^2/\text{kg}$; en relación al cemento, este se encuentra entre $320\ \text{m}^2/\text{kg}$ a $476\ \text{m}^2/\text{kg}$, con respecto a las escorias de alto horno, está en $630\ \text{m}^2/\text{kg}$. En esta relación el que diferencia ser más alto es de metacaolín, y haciendo los reemplazos porcentuales por cemento del 10% se pueden lograr valores máximos de resistencia a compresión; en los valores de mayor significancia al 10% y las resistencias relativas más altas se dan a los 14 días, permitiendo establecer que las actividades puzolánicas respecto al metacaolín puede alcanzar su máxima reacción en el periodo de tiempo establecido.



2.2.2. *Propiedades físicas*

Curcio et al., (2009), logró establecer “la caracterización para los morteros superplastificados que incluyen metacaolín sustituyendo porcentualmente el cemento, en un 15% y la relación A/C = 0,33; la cual se evalúa en la conducta de sus resistencias mecánicas y porosidad” (p.803). El metacaolín logra acelerar el proceso de hidratación del cemento, demostrando con ello que hay un decrecimiento del agua de manera rápida, que no contiene la mezcla con una disminución de la portlandita, debido a su alta actividad puzolánica.

El metacaolín junto a los concretos adicionales, tiene una mejor forma de trabajar dentro de un 25% y 35%, lo cual es menor que los superplastificantes y del humo de sílice. Las adiciones acceden dentro de una formación de gel de tobermorita, con una estructura fina que determina refinar los poros de las muestras, generando la reduciendo la permeabilidad con una mejor compacidad; esto permite observar con detenimiento, cuidado y considerar la finura de diversos metacaolines, que son utilizados para la realización de adiciones, con partículas de diferentes tamaños que inciden en reactivar el material.

Los estudios sobre las características mecánicas y físicas del cemento Pórtland, con la suma de metacaolín y escorias ultrafinas, logran mejorar la resistencia mecánica de los concretos, acortando la época inicial de fraguado, con disminución de los fenómenos de retracción, ayudando a mantener el control de las actitudes del álcali añadido, cuya funcionalidad se muestra en la reducción del peligro a la corrosión del refuerzo y el control de la hidratación del cemento y la optimización de la durabilidad del concreto (Ding Zhu y Zhonjin Li, 2002).

La resistencia a la compresión, porosidad y la repartición en la medida de poros, que, sumado al nivel de la actividad puzolánica, la asimilación del hidróxido de calcio (CH), entre los cementos de elevado rendimiento con el adiconamiento del metacaolín, humo de sílice y cenizas volantes, presentan para edades muy Otempranas tanto las actitudes puzolánicas y el consumo de humo de sílice son más grandes a los de metacaolín u otras adiciones (Poon et al., 2001).

2.2.3. *Metacaolín*

El Metacaolín, en las últimas décadas fue investigado como material puzolánico, por su estructura química $Al_2Si_2O_7$ y la composición cristalina amorfa; es un material suplementario ya que tiene aluminio silicato, que está activado térmicamente y genera calor



como para calcinar el caolín con temperaturas entre 500°C y 600°C, con lo que se busca que esta temperatura busque la transformación de la composición cristalina para romper los enlaces de Van der Waals (OH-); dichos enlaces logran juntar los tetraedros de sílice (SiO₂) y los octaedros de alúmina (Al₂O₃); de tal forma que al disipar agua combinada, gracias a la acción térmica se consigue eliminar la composición cristalina de caolín. Es fundamental que para incrementar la producción del metacaolín se amplía los rangos de 700°C a 900°C, cuya temperatura es muy primordial, asimismo del tiempo de permanencia, el entorno del horno, dimensión de la partícula y la calidad del caolín. Con temperaturas que pasan los 950°C, existe un decaimiento de la actividad puzolánica; el metacaolín reacciona con el hidróxido de calcio (Bain, 1974).

Según Sha y Pereira (2001), el metacaolín tiene una respuesta al Ca (OH)², que ocurre una vez que se da el desarrollo de hidratación del cemento en la conformación del C₂S secundario, que después tiene a formarse como un gel de silicato de calcio hidratado, silicoaluminato bicálcico hidratado y en ciertos momentos hidrogranates, que contribuyen al mejoramiento de las características mecánicas para las mezclas presentadas.

La respuesta a: Al₂Si₂O₇, + Ca (OH)₂ → C_xS_yH_z + C₂ASH₆; C₂ASH₈ + C₃AS_{1/3}H_{5/3} Tobermorita + gehlenita tobermorita + hidrogranate. Esta alteración en los productos provoca que exista una actitud que se le atribuye a la interacción de la sílice/alúmina del metacaolín, donde su aplicación se concentra en aprovechar su estructura química y reactividad con fin de darle uso como una puzolana ficticia para la elaboración de morteros y hormigones (Wild, 1996). A temprana edad la actividad puzolánica es igual o preeminente al humo de sílice y cenizas volantes, las cuales son las más empleadas en todo el mundo; pero, el color que tiene (blanco) posibilita la utilización de las aplicaciones especiales, que incluye la productividad del cemento blanco (Chang Ju, 2001).

2.2.4. Ceniza volante

Las cenizas volantes permanecen compuestas primordialmente por partículas vítreas de manera esférica o redondeada, de granulometría fina. Su estructura química es parecida al mineral de carbón, del cual es procedente. En sus elementos principales tenemos: sílice, alúmina, óxido férrico y cal, acorde a las proporciones producto de su origen. Asimismo, hay partículas irregulares y angulosas que se hallan en la ceniza. Este mineral está construido por partículas de carbón quemado, además denominado coque (Norma Europea UNE-EN 450-1, 2013).



Las cenizas volantes secas, muestran un polvo bastante suave, que se puede sentir al contacto con el tacto, asimismo, tiene un color que es dependiente de la capacidad en óxido de hierro (Fe_2O_3), con una inmensa riqueza en carbón. En conclusión, las cenizas volantes poseen un color gris claro, de forma relativa que da en el orden más aumentativo o mantiene una disminución progresiva.

2.2.4.1. Características físicas. Las cenizas tienen características que están acorde a la función del proceso y las eficiencias que se encuentran en las centrales térmicas, de tal manera que es muy variable las propiedades físicas, según se reseñan:

a. Superficie específica. Representa el número de unidades que se hallan en la zona superficial que se incluye en la unidad de masa; las unidades que más se emplean son el cm^2/g . Es fundamental no ocasionar tergiversaciones físicas en las características del concreto, y más todavía en su docilidad; pues, resulta importante que las cenizas logren exponer áreas concretas con más aproximación al cemento. Incrementar la superficie específica ayuda a la actividad puzolánica, considerando un mejor contacto en medio de las partículas de cemento y cenizas (Lorca, 2014). Es fundamental indicar que, a una mayor área específica, las reacciones acostumbran a crear más rapidez, ya que la energía que se usa para activar la reacción es menor, ya que el porcentaje sugiere un más grande número de aspectos activos de la ceniza volante con su área específica bastante elevada.

b. Demanda de agua. Las cenizas volantes absorben fluidos y de forma específica agua, gracias a la sequedad inicial, de tal forma que tiene un nivel de finura, disponiendo de una gigantesca de contacto y la textura irregular porosa. Ciertos ensayos han hallado cenizas brutas, que absorben muchísimo más fluidos que las trituradas. El agua es una sustancia que sustituye el aire del material y puede separarse las partículas del producto, que se anhela alcanzar por la gran compacidad, baja presión o fuerza centrífuga (Lorca, 2014).

c. Estabilidad de volumen. Se define a la capacidad que tiene una pasta, mortero u concreto resistente a las tensiones internas, que son ejecutadas en la etapa de hidratación del cemento, sin padecer variaciones en el volumen ni las grietas; por otro lado, frente a las alteraciones que se manifiestan al endurecer la pasta, a esto se le llama inestabilidad del volumen. La retracción se observa mínimamente modificada por el aumento de ceniza volante al cemento, y probablemente se deba a la diferencia granulométrica entre el cemento y la ceniza. Una vez que la granulometría entre la ceniza y el cemento es la misma, genera



una retracción idéntica al cemento puro, caso opuesto si la magnitud de la ceniza volante es más grande; la retracción mayor disminuye; en caso el grano es menor a la del cemento, la retracción incrementa y la cantidad de cenizas volantes se reduce, por consiguiente, el fenómeno de retracción se incrementa sutilmente la proporción y el fenómeno de retracción disminuyen (Sánchez, 2019).

d. Densidad de las cenizas volantes. En tanto la densidad de las partículas de cenizas volantes por lo general cambia entre 1,88 y 2,84 g/cm³. La densidad de la ceniza volante se incrementa una vez que se somete a un molido tomando en cuenta una densidad inicial de 2,44 g/cm³, pero después de ser molida con un período de 60 minutos este cambia a 2,69 g/cm³, variando los resultados según sea su tipo y periodo de la molienda. Variando los resultados con el tipo y duración. Además, las densidades son diferentes, tomando en cuenta la cantidad de cenósferas que se presentan o las partículas macizas parecidas al contenido de óxido de hierro (Sánchez, 2019).

2.2.4.2. Producción de cenizas volantes.

Debido a la utilización de carbón y al contenido y la materia mineral, se genera diariamente grandes cantidades de cenizas volantes y escoria. En tal sentido la combustión de 1 tm. de carbón produce un promedio entre 80 a 250 kg de residuos conforme al tipo de carbón. En EEUU. y Europa se estima una producción de que 88 y 55 millones de toneladas por año de ceniza volante. De todo lo obtenido una producción que es muy baja, tan solo el 50% en la UE, obteniendo diferencias entre los países. España, es un país que tiene una productividad de 9 millones aproximadamente en un 63%.

Con relación a la combustión del carbón que se emplea, se distingue en los residuos generados para la combustión de lecho fluidado y residuos producto del carbón pulverizado. Los que sobra del carbón en lecho fluidado se da por estar en contacto entre el combustible y las partículas no combustibles, que son absorbentes como el azufre y la caliza, que es más sofisticada con relación a los métodos convencionales, en la cual tiene que disponerse de una instalación depuradora del SO², la cual, por su alta retención de azufre, depende básicamente de la relación calcio/azufre, de la temperatura de lecho, tipo y granulometría de la caliza y tiempo de residencia. En tal sentido, las cenizas que son producidas por el tipo de combustión muestran una capacidad bastante elevada de calcio, que se limita a un resumen de zeolitas. Asimismo, la evolución de la combustión del carbón pulverizado genera residuos de diversos tipos. Las cenizas volantes, están formadas debidamente por componentes



minerales de carbón. El carbón pulverizado se pone a fuego de 1400°C a 1600°C; estas se funden en forma de escoria y cenizas de fondo, que salen del combustor de estado fluido, que se recogen en la boca del extractor de escorias. Las escorias y cenizas constituyen el 17% aproximadamente de los residuos totales que son producto del carbón pulverizado y tienen uso limitado de las cenizas volantes, que es a causa de las cenizas volantes y en general de sus propiedades físicas. Sin embargo, el uso de la ceniza para elaborar cemento depende de las propiedades de sus materiales, de rellenos industriales en concreto y las bases de carreteras y techados. Asimismo, suelen considerarse como colectores de cenizas volantes, los ciclones sencillos, múltiples, precipitadores electrostáticos y filtros textiles. La tecnología usada tiene relación con la retención que se necesita, se requiere como base del 60% al 70% para los ciclones y mayor al 99.5% para los precipitadores electrostáticos y filtros textiles. Esto influye de manera que, para los precipitadores electrostáticos, mejora ciertos inconvenientes que separa fracciones de polvo grueso, quedando ciertas fracciones de polvo fino que tiene impacto sobre la salud. “Los filtros textiles son útiles para separar los polvos finos de elevados metales pesados (Bossart y Newman, 1995, p.45).

2.2.4.3. Uso de la ceniza volante.

Los residuos de combustión de carbón abarcan el 70% de material sílico – aluminoso vítreo, esto hace que sea viable y se use la materia prima para rellenos pasivos, prácticos, absorbentes, inmovilizadores y materiales de construcción de alto valor; mientras los componentes peligrosos, llámese metales pesados están presentes como trazas, con excepciones puntuales. Estos productos de combustión son usados tradicionalmente como materiales de construcción en obras de ingeniería, porque una propiedad de las cenizas volantes es de carácter puzolánico, con la capacidad de combinarse con cal y formar un aglomerado hidráulico. Los cementos a partir de las cenizas volantes tienen poder de retención de agua y un elevado porcentaje de aglomerante. Asimismo, la reutilización de las cenizas volantes permite disminuir la emisión de Dióxido de carbono, que ayudaría a producir la fracción de cemento sustituido por las cenizas volantes, disminuyendo el tiempo de reducción por la dilapidación de materias primas naturales.

Las cenizas volantes al fabricar concreto tienen como fin disminuir las porciones de cemento. Sustituir cemento por cenizas volantes se establece a resolver el problema. Las cenizas volantes utilizadas en el concreto se dan de dos maneras: elementos activos (puzolánico) y elemento inerte (árido). Las CV, se juntan al concreto para la mejora de la granulometría de arena, formando un conglomerante o producto cementicio. En caso las dos



maneras se incorporen para sustituir al cemento, cumplen con ciertas normas: UNE (UNE 83.275/87, UNE 83.415/87) y UNE 83.414/90; que son recomendadas para agregar las cenizas volantes al concreto. La ceniza volante, puede usarse también como material de relleno y afirmado de carreteras solas, o mezcladas con cal y cemento, para dar una estabilidad al subsuelo en las obras de ingeniería civil, siendo necesario pequeñas cantidades de cenizas (Vadillo, 1995).

2.3. Definición de términos

Concreto. Material muy común que se utiliza en la industria de la construcción, que se encuentra conformada por una aglomerada combinación de agregados (gravas), agua y algunos aditivos (Adrián, 2021).

Estructura. Es la disposición y distribución de las partes de un todo, lo cual está ligado al buen funcionamiento del sistema (Aroca, 1999).

Cemento. Material producto de la mezcolanza de arcilla molida con calcáneos de polvo, que al entrar en contacto con agua se solidifica y endurece (Ucha, 2013).

Metacaolín. Silicato de aluminio hidratado, que se consigue al descomponer rocas feldespáticas. El caolín describe la arcilla donde predomina la caolinita (Rodríguez, 2016).

Agregado grueso. Conocido como ripio, son partículas retenidas por el tamiz #4 (tamaño 4.75mm).

Agregado fino. Conocida como arena, son partículas que pasan por el tamiz # 4 (tamaño 4.75mm), y que se retiene mediante el tamiz #200 (tamaño 75um).

Granulometría. Se clasifica en el tamaño de las partículas de un agregado, se efectúa a través de la utilización de tamices de distintas medidas en sus aberturas, cumpliendo las normas ASTM C-33.

Ceniza volante. Según la norma UNE83-415, la ceniza volante es un sólido con una división fina que procede de la combustión de carbón pulverizado en las centrales térmicas, que es arrasada por los gases del proceso y se recupera mediante los filtros.



Varilla lisa. Es de sección circular recta y lisa; que se encuentra laminada en caliente y termotratada y puedan garantizar mayor flexibilidad y seguridad que el acero común. Es procedente en el cumplimiento la norma AWS D1.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Recipiente de plástico o metal. Utensilio o cavidad para guardar o contener alguna cosa. (DLE, 2005)

Hornos eléctricos. Los hornos eléctricos tienen grandes ventajas para fusión de metales, que pueden llegar a obtenerse temperaturas muy elevadas hasta de 3500 °C en algunos tipos de hornos eléctricos.

Regla metálica. Son útiles de trazo, que se utilizan sobre la superficie de un material más consistente que el papel, sea de madera, plástico o una lámina metálica ferrosa o no ferrosa. (Universidad Iberoamericana, 2013).

Fiola. Recipiente de vidrio con cuello largo, que tiene una marca para marcar el volumen exacto a llenarse, tomando en cuenta una temperatura estándar de 20°C. Se usa excepcionalmente al contener y medir volúmenes de líquidos.

Tamices. Es un utensilio que se utiliza para dividir las partes gruesas de las finas de algunas cosas, formada por una tela metálica o rejilla tupida, sujeta a un aro, conocido como cedazo o criba.

Consistencia. Es una propiedad de la materia que soporta sin romperse ni deformarse tan fácilmente

Temperatura. Propiedad del sistema que determina el equilibrio térmico. La sensación de calor o frío al tocar una sustancia está en función a la capacidad en que se conduce el calor y para otros factores.



2.4. Marco normativo

NTC 3493 “Ingeniería civil y arquitectura. Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas para el concreto”

Se relaciona con las cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, para el uso dentro del concreto, donde recae la acción de las cenizas, las puzolanas o ambas; además se puede dar en base a las propiedades que son atribuidas a las cenizas o puzolanas, o cuando se trata de cumplir con los objetivos.

NTC 220 “Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50mm o 50,8 mm de lado”

Determina el método para encontrar la resistencia de compresión que se da en los morteros 50 mm o 50,8 mm por lado; estos se realizan en proporciones de cemento, arena y la relación entre agua y cemento; es decir, de 6 a 9 cubos de mortero.

NTC 121 “Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones Físicas Y Mecánicas”.

Pone en conocimiento los requisitos físicos con la finalidad de utilizar el cemento en la construcción, desde su finura hasta la resistencia, sometidos a cargas específicas de compresión.

INV-E 324-07 “Resistencia a la Flexión de Morteros de Cemento Hidráulico”.

El objetivo es establecer el método para establecer la resistencia a la flexión de viguetas hechas con mortero hidráulico y explicar el proceso a realizar para compactar y determinar su resistencia.

RILEM (Unión internacional de laboratorios y expertos en materiales de construcción, sistemas y estructuras)

Su objetivo impulsar la colaboración científica con relación a materiales de construcción y ofrecer una información actualizada sobre una construcción sostenible y segura.

Norma ASTM C 618.

Clase C: Las cenizas volantes muestran características cementicias y puzolánicas, obtenidas de lignitos y carbones subbituminosos, que deben tener un contenido mínimo de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ del 50% y el 20% de cal para ser empleadas en hormigones.



Clase F: Las cenizas volantes, obtenidas de la combustión de antracitas y carbones bituminosos, los cuales deben tener un contenido mínimo de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ del 70% en peso y propiedades puzolánicas (Norma de ASTM C618).

NTP 339.089/ASTMC702 (1998) - Suelo

Se obtienen de muestras en laboratorio.

NTP 339.185/ASTM D2216 - Agregados

Esta en relación a los métodos de ensayo, los cuales se encuentran normados conforme al contenido de humedad total evaporable de los agregados por secado.

NTP 400.012/ASTM C136 - (Análisis granulométrico del agregado fino y grueso).

La granulación, describe la distribución de tamaño según las partículas de los agregados.

NT 400.017/ ASTM C29

Peso unitario, que resulta de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, que incluye vacíos conforme a lo establecido. El porcentaje de vacíos es la mezcla de volumen que se expresa en porcentaje de los espacios y las partículas de agregados.

NTP400.021/ASTM C127 - (Peso específico y absorción).

El peso específico es un indicador de calidad para un diseño de mezcla que permite la relación de su peso con respecto al peso de un volumen absoluto de agua.

NTP 400.022/ASTM C128 - Gravedad específica del agregado fino.

NTP 339.034/ASTM C39-39M

Método de ensayo, usado para determinar la resistencia a la compresión de concreto en nuestras cilíndricas.

NTP 339.035/ASTM C143

Es un ensayo estático que se realiza sobre la deformación a causa de la baja energía potencial de la muestra.

NTP 339.078/ASTM C78-02 - Concreto

Método de ensayo que determina la resistencia a la flexión del concreto en vigas comúnmente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.



CAPÍTULO III

MATERIALES

Y MÉTODOS



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada es la aplicada; porque este tipo de investigación se encarga de solucionar los problemas prácticos utilizando métodos científicos (Borja, 2018).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación utilizado es cuasiexperimental. Según Delgado (2021), en este nivel de investigación el sujeto de estudio no se selecciona de forma aleatoria, sino que se encuentra o establecido con anticipación. En este estudio se manipula intencionalmente la variable independiente (Metacaolín y ceniza volante).

3.3. Unidad de análisis

- Ceniza volante al 5%, 10% y 15%
- Metacaolín al 5%, 10% y 15%

3.4. Ubicación

La investigación se realizó en el Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa y Región Ancash.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo formada por todas las probetas de concreto y vigas de concreto seleccionadas para la investigación.

3.5.2. Muestra

Se realizó una muestra de manera no probabilística por conveniencia, considerando probetas de concreto y vigas de concreto, tal como se muestra en las tablas 1 y 2.



Tabla 1

Cantidad de probetas de concreto

Concreto F³c= 210 km/cm2				
Tratamiento	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto Patrón	4	4	4	12
Concreto con Sustitución 5% CV y MK	4	4	4	12
Concreto con Sustitución 10% CV y MK	4	4	4	12
Concreto con Sustitución 15% CV y MK	4	4	4	12
Concreto con % Optimo			30	30
Total	16	16	46	78

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 2

Cantidad de vigas de concreto

Concreto F³c= 210 km/cm2				
Tratamiento	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto Patrón	-	-	3	3
Concreto con Sustitución 5% CV y MK	-	-	3	3
Concreto con Sustitución 10% CV y MK	-	-	3	3
Concreto con Sustitución 15% CV y MK	-	-	3	3
Total	-	-	12	12

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

3.6. Variables

3.6.1. Variables independientes

Metacaolín y Ceniza Volante.

3.6.2. Variables dependientes

Propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural.



3.6.3. Matriz de consistencia

Tabla 3.

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis	Variable
<p>¿En qué medida el uso de la mezcla de metacaolín y ceniza volante como sustitución porcentual del cemento en la preparación del concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ mejora sus propiedades físicas y mecánicas?</p> <p align="center">Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el grado de alcalinidad y la composición química del Metacaolín y ceniza volante?</p> <p>¿Cómo se realiza un diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (Asentamiento y temperatura) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades mecánicas del concreto estructural $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión y flexión) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1?</p> <p>¿De qué manera se determina los resultados con el concreto patrón y el porcentaje óptimo de la mezcla de metacaolín y ceniza volante?</p>	<p>Determinar las propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ mediante la sustitución en porcentajes del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante.</p> <p align="center">Objetivos específicos</p> <p>Determinar el grado de alcalinidad y la composición química del Metacaolín y ceniza volante.</p> <p>Realizar un diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón.</p> <p>Determinar las propiedades físicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (Asentamiento y temperatura) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1.</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas del concreto estructural $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión y flexión) para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1.</p> <p>Comparar los resultados con el concreto patrón y determinar el porcentaje óptimo de la mezcla de metacaolín y ceniza volante.</p>	<p>Si se hace la sustitución del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante, entonces las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ mejorarán, habiendo una mejora del 5% - 18% de la Resistencia a la Compresión y Flexión.</p>	<p>Variable independiente Metacaolín Ceniza volante</p> <p>Variable dependiente Propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural.</p>

Fuente. *Elaboración propia*



3.6.4. Operacionalización de variables

Tabla 4.

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Método	Herramientas
Metacaolín	El metacaolín es un material cementante suplementario dado que es un aluminosilicato activado térmicamente, que se produce al calcinar el caolín a temperaturas alrededor de 500°C y 600°C.	Método Cuantitativo Este método permite evaluar datos mediante una serie de	Química	Grado de alcalinidad (Ph) y Composición Química.	Norma ASTM C-618	Analizador de Fluorescencia de Rayos X Olympus Vanta M.
Ceniza volante	Las cenizas volantes son el residuo finamente dividido, resultado de la combustión del carbón, o bien en trozos o en polvo, que se transporta desde su acopio por los gases de combustión.	patrones, protocolos, etc., con el fin de obtener resultados numéricos.	Química	Grado de alcalinidad (Ph) y Composición Química	NTP 334.104	
Variable Dependiente						
Propiedades físicas	Las propiedades físicas son aquellas que se pueden computar sin que se afecte la estructura o la identidad de la sustancia.		Físicas	Asentamiento Temperatura	NTP 339.184 NTP 339.035 NTP 339.114	Cono de Abrams Medidor de Temperatura.
Propiedades mecánicas	Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando utilizamos una fuerza. Las propiedades mecánicas de los materiales son descritas como la facultad de los mismos de soportar acciones de cargas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente.		Mecánicas	Resistencia a la compresión Resistencia a la Flexión	NTP 334.104, ASTM C31 NTP 339.079, ASTM C 293	Máquina computarizada para ensayos a compresión de "Testigos de concreto" Máquina para ensayos a flexión de "vigas de concreto"

Fuente. *Elaboración propia*



3.7 Instrumentos

En la presente investigación, se realizó la recopilación de datos, tomando en cuenta para los ensayos en el Laboratorio perteneciente a la Universidad Nacional del Santa, a través de éstos se establecieron las propiedades de los agregados pétreos y las propiedades del concreto que se investigó, mediante un análisis comparativo de los resultados considerando tablas y gráficos.

Ensayos realizados a los agregados:

- Disminución de muestras mediante cuarteo
- Contenido de humedad del agregado
- Análisis granulométrico del agregado
- Peso unitario suelto - compactado del agregado
- Peso específico y absorción de A. grueso
- Peso específico y absorción de A. Fino

Ensayos a los especímenes de concreto:

- Resistencia a la compresión
- Slump
- Resistencia a la Flexión
- Temperatura del Concreto

3.8. Procedimientos

3.8.1. Ensayos realizados a los agregados

3.8.1.1 Disminución de la Muestra Mediante el Método del Cuarteo.

Este procedimiento se utilizó para los agregados gruesos y finos, considerando:

- Se procedió a ubicar la muestra sobre una zona limpia con el fin de que no se contamine con partículas extrañas.
- Se mezcló la muestra en un total de 5 veces formando una pila con aspecto de cono.
- Se procedió a aplanar la muestra con una varilla lisa hasta darle una forma circular con un espesor y diámetro uniforme.
- Se dividió la muestra en cuatro partes similares, de las cuales se apartaron dos cuartos oblicuamente opuestos. Los dos cuartos restantes se mezclaron, de manera sucesiva hasta conseguir la proporción de muestra deseada.



Materiales y equipos. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Varilla lisa
- Cucharón metálico
- Recipientes de plástico y/o Metálico.

3.8.1.2. Análisis Granulométrico de los Agregados Grueso y Fino. Al momento de aminorar la muestra se obtuvo de manera significativa 3kg de agregado pétreo.

- Se procedió a seleccionar los tamices en forma descendiente según el tamaño de la anchura, para el agregado fino N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, y para el agregado grueso 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4.
- Se introdujo la muestra dentro del tamiz superior y se procedió a tamizarlo manualmente alrededor de un periodo de 10 min.
- Luego se precisó el peso del material retenido por cada tamiz.

Materiales y equipos. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza digital de precisión de 0.1 gr.
- Horno eléctrico
- Tamices 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, fondo y tapa.
- Recipiente Metálico
- Cucharón Metálico
- Cepillo.

Cálculo. Se estableció el porcentaje retenido en los tamices, porcentaje que pasa y porcentaje retenido acumulado, según al peso total del espécimen.

Se comprobó que el análisis granulométrico realizado para el agregado grueso y fino cumplía con los estándares y límites señalados por la norma NTP 400.012.



Tabla 5

Límites granulométricos del agregado fino.

Malla	% Que pasa
3/8”	- 100
N° 4	- 95 – 100
N° 8	- 80 – 100
N° 16	- 50 – 85
N° 30	- 25 – 60
N° 50	- 10 – 30
N° 100	- 2 - 10

Fuente. *Diseño de mezclas. Rívva (1992).*

Tabla 6

Límites granulométricos del agregado grueso

Tamaño máximo nominal	1 ½”	1”	¾”	½”	3/8”	N° 4	N° 8
2”	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5
1 ½”	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5
1”	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10
¾”	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10
½”	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15
3/8”	-	-	-	-	100	85-100	10-30

Fuente. *Diseño de mezclas. Rívva (1992).*

3.8.1.3. Contenido de humedad del agregado. Después de haber utilizado el método del cuarteo se obtuvo 3 especímenes representativos de agregado y se procedió a colocarlos dentro de depósitos metálicos previamente tareados.

- Se procedió a pesar y registrar los pesos de los depósitos con las muestras.
- Luego se procedió a colocar los depósitos con el espécimen dentro del horno a una temperatura homogénea de 110 C° aproximadamente 24 horas.
- Finalmente se pesó y registro el espécimen seco.

Equipos y Materiales. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza digital de precisión de 0.1g



- Horno eléctrico
- Recipiente metálico
- Cucharon metálico

Cálculo. Se manejó la siguiente fórmula para calcular el contenido de humedad.

$$\frac{W=100 (P-D)}{D} \% \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

W = Contenido general de humedad del espécimen (%)

P = Masa del espécimen húmedo original (g)

D = Masa del espécimen seco (g)

3.8.1.4. Peso Unitario Suelto y Compactado de los Agregados. Luego de haber realizado el cuarteo se procede a obtener una cantidad representativa para realizar las pruebas respectivas para el agregado grueso como el fino.

Peso Unitario suelto

- Se obtuvo los pesos, así como el volumen de los depósitos.
- Se situó la materia seca gradualmente sobre el depósito hasta lograr que se desborde y posteriormente se alisó con una regla metálica.
- Se obtuvo y registró los pesos del depósito con la muestra

Peso Unitario Compactado

- Se llenó las primeras tres partes del recipiente con el agregado grueso, se procede a apisonar con una varilla lisa de 5/8” con un total de 25 golpes distribuidas uniformemente.
- Luego, se procedió a llenar los 2/3 partes del recipiente y se realizó los pasos anteriores
- Luego se llenó el depósito hasta el punto de que se desborde, y se apisono nuevamente seguido de ello con una varilla metálica se enraso el recipiente.
- Finalmente se anotó los datos del peso de los recipientes con la muestra

Equipos y Materiales. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza digital de precisión de 0.1gr



- Recipientes de madera con las siguientes dimensiones 19 x 15.5 x 30 cm y 14 x 14 x 14 cm.
- Cucharon metálico
- Varilla lisa
- Regla metálica

Cálculo. Se utilizó la siguiente fórmula para hallar el peso unitario.

$$\frac{U = (D - P)}{V} \% \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

U = Peso unitario del agregado F/G (g)

D = Peso del depósito con el agregado petreo (cm3)

P = Peso del depósito (g)

V = Volumen del depósito (cm3)

3.8.1.5. Absorción y Peso Específico para el Agregado Finos. Se utilizo el método del cuarteo hasta reducir la muestra a un peso aproximado de 1 kg.

- Se introdujo la muestra en un recipiente metálico, para agregarle agua hasta que cubra por completo la muestra, dejándolo saturar por 24 horas.
- Con la ayuda de una secadora se realizó el secado uniforme del agregado.
- Para verificar el secado del agregado pétreo se utilizó el molde cónico.
- El agregado fino se colocó en el molde donde fue compactado 25 veces con la varilla metálica, luego se elevó el molde donde pudimos observar: Si la muestra mantiene su forma original se continua con el secado del agregado fino, si al retirar el molde, se produce un derrumbe de la muestra, esto indica que el agregado a logrado el estado de superficie seca.
- Se coloco 500 gr del ejemplar con superficie seca adentro de la fiola y se llenó con agua destilada hasta alcanzar la marca de 500 cm3.
- Con el apoyo de una cocina eléctrica se procedió a eliminar las burbujas de aires contenidas en la fiola, obteniendo los siguientes datos peso del espécimen más la fiola y peso del agua contenida.



- El espécimen fue retirado de la fiola y puesto dentro del horno electrónico con una temperatura aproximada de 110 +/- 5 °C dentro de 24 horas.

Equipos y Materiales. Se manejaron estos equipos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1 g
- Horno eléctrico
- Cocina eléctrica
- Fiola
- Ejemplar cónico de metal
- Secadora eléctrica
- Cucharon metálico.

Cálculos.

Peso específico:

Gravedad Especifica (OD):

$$OD = \frac{P}{(Q+S-R)} \dots\dots\dots (3)$$

Gravedad específica saturado superficialmente seca:

$$SSD = \frac{S}{(Q+S-R)} \dots\dots\dots (4)$$

Gravedad específica aparente:

$$SAD = \frac{P}{(Q+P-R)} \dots\dots\dots (5)$$

Absorción (Ab):

$$Ab \% = \frac{(S-P)}{P} + 100 \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

P= Peso del espécimen seco (g).

Q= Peso de la fiola más agua (g).

R= Peso de la fiola más el espécimen saturada superficialmente seco más agua (g).

S= Peso del espécimen saturada superficialmente seco (g).



3.8.1.6. Peso específico y absorción para el agregado grueso. Se seleccionó la muestra usando el cuarteo, el tamaño de la muestra se obtuvo según las especificaciones, se descartó el material que atravesase sobre el tamiz N° 4, posteriormente el resto del material se lavó para remover el polvo y otras impurezas.

- El espécimen fue colocado dentro de un recipiente metálico y llenado con agua hasta la superficie dejándolo reposar por 24 horas.
- Luego se empezó a secar la muestra sobre la franela rodándola hasta que el agua superficial deje de ser visible.
- Se pesó y registro la muestra, y se puso dentro de la canasta de metal, donde se comprobó su peso sumergido en el agua.
- Finalmente la muestra fue colocada en una bandeja metálica para posteriormente ser llevada al horno eléctrico con una temperatura constante dentro de 24 horas, después se anotó el peso de la muestra seca.

Equipos y Materiales. Se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza digital con precisión de 0.1 g
- Horno eléctrico
- Canastilla metálica
- Tamiz N°4
- Balde plástico

Cálculos. Se maneja estas formulas.

Peso específico:

Peso específico de la masa (Pm):

$$Pm = \frac{A}{(B-C)} + 100 \dots\dots\dots (7)$$

Peso específico de la masa saturada con superficie seca (Pess):

$$Pess = \frac{B}{(B-C)} + 100 \dots\dots\dots (8)$$

- Peso específico aparente (Pa):

$$Pa = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (9)$$

Absorción (Ab):

$$Ab (\%) = \frac{(B-A)}{A} + 100 \dots\dots\dots (10)$$



Donde:

A= Peso al aire del espécimen seco (g)

B= Peso al aire del espécimen saturada superficialmente seca (g)

C= Peso sumergido en el agua del espécimen saturada. (g)

3.8.2. Elaboración del Diseño de Mezcla para el Concreto

3.8.2.1. Elección del porcentaje de Aire Atrapado

-De acuerdo con los datos conseguidos en el análisis granulométrico en comparación con la siguiente tabla se precisó el % de aire atrapado.

Tabla 7

Porcentaje de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal del A.G.	% Aire atrapado
3/8”	3.0 %
1/2”	2.5 %
3/4”	2.0 %

Fuente. Recuperado del comité ACI (2011).

3.8.2.2. Resistencia Promedio Requerido. En nuestra investigación se determinó la resistencia especificada de $f'c=210\text{Kg/cm}^2$.

Tabla 8

Resistencia requerida.

FC – KG/CM2	FCR – KG/CM2
Menor a 210	FC + 70
De 210 a 350	FC + 84
Mayor a 350	FC + 98

Fuente. Recuperado del comité ACI (2011).

3.8.2.3. Cálculo del contenido de Agua

-De acuerdo con el análisis granulométrico se obtuvo el tamaño máximo nominal y el slump seleccionado se puede calcular el contenido de agua en litros (Ver tabla 7).



Tabla 9

Cantidad de agua en litros.

Asentamiento	Agua en Lt/m ³ para TMN agregados			
	3/8”	1/2”	3/4”	1”
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1” a 2”	207	199	190	179
3” a 4”	228	216	205	193
6” a 7”	243	228	216	202

Fuente. Recuperado del comité ACI (2011).

3.8.2.4. Elección de la relación agua/cemento. Para encontrar la relación agua / cemento se consiguió con la resistencia promedio requerido e interpolando (Ver tabla 8).

Tabla 10

Relación agua/cemento

FCR	Concreto sin aire atrapado	Concreto con aire atrapado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente. Recuperado del comité ACI (2011).

3.8.2.5. Factor Cemento

-El factor cemento se obtiene de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A}{R} \dots\dots\dots (11)$$

Dónde:

C: Factor Cemento.

A: Cantidad de Agua

R: Relación agua/cemento.



3.8.2.6. Contenido de Agregado Grueso. Para el contenido de Agregado grueso se obtiene a partir del M.F del agregado fino y el T.M.N. del agregado grueso, interpolando en la siguiente tabla, el resultado se multiplica por su peso seco varillado.

Tabla 11

Volumen de agregado grueso.

Asentamiento	Vol. del agregado grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para distintos M.F. del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8”	0.5	0.48	0.46	0.44
½”	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4”	0.66	0.64	0.62	0.6

Fuente. Recuperado del comité ACI (2011).

3.8.2.7. Cálculo de Volúmenes Absolutos. Los volúmenes absolutos de calcularon dividiendo el peso entre el peso específico. Asimismo, se suman todos los volúmenes absolutos.

3.8.2.8. Contenido de Agregado fino. Para el cálculo del volumen absoluto del agregado fino se obtuvo restando 1 y la suma de todos los volúmenes absolutos. Para obtener el peso del agregado fino seco, se hace la multiplicación del volumen absoluto del agregado por el peso específico.

3.8.2.9. Corrección por Humedad de los Agregados. Se corrigieron con la siguiente fórmula:

$$Pca = P (1 + W\%) \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

Pca: Peso corregido del Agregado pétreo fino y Grueso.

P: Peso del agregado pétreo fino y Grueso.

W%: Contenido de Humedad del agregado pétreo fino y Grueso.

3.8.2.10. Proporción de la mezcla. Se obtuvo la proporción dividiendo los pesos de los agregados entre el peso del cemento.



3.8.3. Proceso de Preparación y Curado de las Ejemplares de Concreto

Las probetas de concreto y vigas fueron elaboradas en los laboratorios de concreto que pertenecen a la facultad de Ingeniería Civil.

- Se elaboraron 12 probetas, las cuales 4 se ensayaron a los 7 días, 4 a los 14 días y 4 a los 28 días.
- Se elaboraron 12 probetas con sustitución del 5% en peso del cemento por la mezcla de MK y CV, de las cuales 4 se ensayaron a los 7 días, 4 a los 14 días y 4 a los 28 días.
- Se elaboraron 12 probetas con sustitución del 10% en peso del cemento por la mezcla de MK y CV, de las cuales 4 se ensayaron a los 7 días, 4 a los 14 días y 4 a los 28 días.
- Se elaboraron 12 probetas con sustitución 15% en peso del cemento por la mezcla de MK y CV, de las cuales 4 se ensayaron a los 7 días, 4 a los 14 días y 4 a los 28 días.
- Se elaboraron 30 probetas con la mejor proporción obtenida para obtener la desviación estándar.
- Se elaboraron 12 vigas, las cuales se ensayarán a los 28 días se realizará 03 vigas para la muestra patrón y 03 vigas para el 5%, 10% y 15% de sustitución del peso de cemento por la mezcla de MK y CV.
- Con los resultados obtenidos de elaboraron tablas y gráficos con el programa Microsoft Excel.

3.8.3.1. Proceso de Mezclado. Fue colocado el agregado grueso, el agregado fino y una porción del agua en la mezcladora, y se procedió a dejar girando por un minuto y medio.

- Se añadió el cemento, el metacaolín y ceniza volante según el porcentaje de sustitución y el agua, a la máquina de mezclar en pleno funcionamiento, dejándolo girar por 3 minutos, luego se procedió a apagar la mezcladora alrededor de 2 minutos, y, para terminar, se puso en funcionamiento 2 minutos más para el mezclado final.

- Se tiene que dejar mezclar lo suficiente hasta alcanzar una mezcla homogénea y de consistencia requerida.

Equipos y materiales:

- Mezcladora mecánica de 120L y con un motor de 13HP.
- Carretilla metálica.
- Depósitos plásticos y metálicos
- Lampa y cuchara metálica.



- Extensión Eléctrica.

3.8.3.2. Vaciado Del Concreto para Vigas y Probetas. Se vació el concreto en el molde en 3 capas del mismo volumen cada capa, apisonando cada capa con una varilla lisa, utilizando 25 de golpes por capa.

- Por cada capa se atravesó con la varilla alrededor de en 1/2" la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 4"; alrededor de 1" cuando la profundidad de la capa sea mayor de 4".
- Luego se golpeó el molde de manera uniforme con utilizando el martillo de goma hasta cerrar los huecos que dejó la varilla.

Equipos y materiales

- Cuchara metálica
- Varilla metálica lisa
- Martillo de goma
- Probetas cilíndricas
- Molde de madera.

3.8.3.3. Proceso de Curado del Concreto. Se removieron los moldes de los testigos y vigas en un tiempo aproximadamente entre de 22 horas y 24 horas.

- Posteriormente se introdujo cal 3 g/L, dentro de la piscina para el curado con el fin de disminuir la alcalinidad, merma de la masa, disminución de la resistencia de los especímenes.
- Después de desmoldar los especímenes fueron sumergidos a la piscina, para hacer lograr la condición de humedad.

3.8.3.4. Asentamiento del Concreto. Con el concreto en estado fresco, se obtuvo una muestra significativa.

- Se colocó y humedeció el cono de Abrams
- Posteriormente fue llenado con concreto en tres capas el cono metálico, para ser compacto con 25 golpes por capa con una varilla lisa uniformemente y enrasando la superficie,
- Finalmente se alzó el cono en dirección vertical, midiendo el asentamiento calculado por la diferencia de altura entre el molde y la cara superior del cono deformado.



Equipos y materiales

- Cono de Abrams
- Varilla Lisa
- Plancha de Batir
- Regla Metálica.

3.8.3.5. Temperatura del Concreto. Con el concreto en el bugui en estado fresco, se procedió a tomar la temperatura con un termómetro digital. Asimismo, con los resultados obtenidos se elaboraron tablas y gráficos.

Equipos y materiales

- Termómetro Digital
- Cucharón metálico

3.8.3.6. Evaluación de la Resistencia a la compresión de Probetas de Concretos. Los ensayos de compresión se realizaron con las probetas que cumplieron con sus días de curado.

- Se ubicó el regulador de fijación sujetando una circunferencia de neopreno, en la zona inferior de la probeta de concreto y se alineó meticulosamente el eje de la probeta con la parte central del empuje del bloque de carga.
- Posteriormente la carga fue aplicada con una velocidad conveniente para una carga comprendida en el límite de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s
- Finalmente, se anotó los resultados obtenidos para posteriormente elaborar las tablas y gráficos.

Equipos y materiales

- Máquina de Ensayo para rotura de probetas ELE.
- Guantes de Látex

Calculo:

$$Rc = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

Rc= Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2).

A = Área del espécimen (cm2).

F = Carga máxima (Kg)



3.8.3.7. Determinación de la resistencia a la flexión de Vigas de Concretos.

Fueron ensayadas las vigas de concreto con 28 días de curado

- Se procedió al dimensionamiento de las vigas, midiendo el largo, ancho, alto y luz entre apoyos.
- Se le aplicó una carga en el punto medio de la longitud de la viga.
- Finalmente, se anotó los resultados obtenidos para posteriormente elaborar las tablas y gráficos.

Equipos y materiales

- Regla Metálica
- Tizas
- Equipo para ensayo de estructura a flexión

Cálculo:

$$R = \frac{PxA}{10xbxh^2} \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

R: Modulo de rotura (Mpa)

P: Carga máxima determinada (daN)

A: Luz entre Apoyos de la viga (cm)

b: Ancho promedio de la viga (cm)

h: Altura promedia de la viga (cm)



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de los resultados.

Luego de haber sido aplicada de manera experimental cada una de las actividades de la investigación, se llegó a obtener los resultados, que dan respuesta a cada uno de los objetivos específicos.

4.1.1 Resultados de los ensayos ejecutados a los agregados

4.1.1.1. “Análisis de granulometría del agregado grueso”

Tabla 12

Granulometría del agregado grueso.

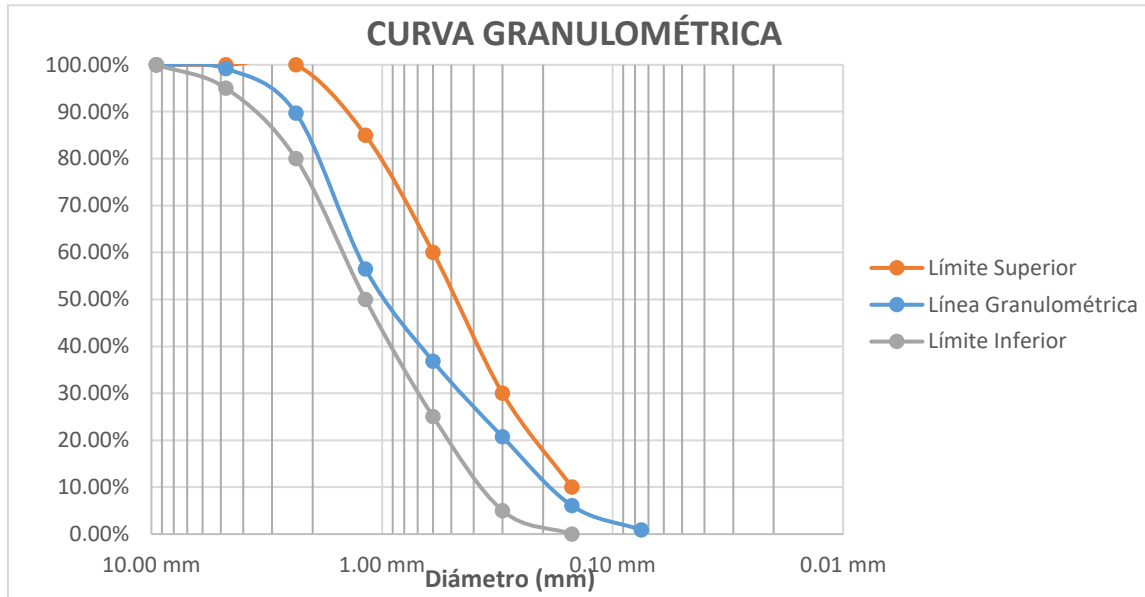
Análisis de granulometría						2153.50	
Peso inicial	Mallas	Abertura	Peso retenido	Retenido parcial	Retenido acumulado	% que pasa	Tamaño máximo nominal
		(mm)	(gr)	(%)	(%)		
	1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	3/4"
	1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
	3/4"	19.000	125.350	5.821	5.821	94.179	
	1/2"	12.500	809.050	37.569	43.390	56.610	
	3/8"	9.500	593.160	27.544	70.934	29.066	
	N° 04	4.750	625.940	29.066	100.000	0.000	
	Cazoleta		0.000	0.000	100.000	0.000	
	Total		2153.500	100.000			

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Figura 2

Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

4.1.1.3. “Peso unitario compactado y suelto del agregado grueso”

Tabla 14

Peso unitario suelto del agregado grueso.

		Peso unitario suelto			
Muestra	Descripción	Agregado grueso - Rubén			Promedio
		M1	M2	M3	
001	Peso del molde (gr)	3570.00	3570.00	3570.00	
002	Volumen del molde (cm ³)	9022.86	9022.86	9022.86	
003	Peso del molde + muestra suelta (gr)	17670.00	17794.00	16970.00	
004	Peso de la muestra suelta (gr)	14100.00	14224.00	13400.00	
005	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1562.70	1576.44	1485.12	1541.42

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 15

Peso unitario compactado del agregado grueso.

		Peso agregado compactado			
Muestra	Descripción	Agregado grueso – Rubén			Promedio
001	Peso del molde (gr)	3570.00	3570.00	3570.00	
002	Volumen del molde (cm ³)	9022.86	9022.86	9022.86	
003	Peso del molde + muestra suelta (gr)	18420.00	18535.00	18545.00	
004	Peso de la muestra suelta (gr)	14850.00	14965.00	14975.00	
005	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1645.82	1658.57	1659.67	1654.69

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

4.1.1.4. “Peso unitario suelto para el agregado fino”

Tabla 16

Peso unitario suelto del agregado fino.

		Peso unitario suelto			
Muestra	Descripción	Agregado fino - Rubén			Promedio
		M1	M2	M3	
001	Peso del molde (gr)	1970.00	1970.00	1970.00	
002	Volumen del molde (cm ³)	2763.46	2763.46	2763.46	
003	Peso del molde + muestra suelta (gr)	5992.00	5971.00	5971.00	
004	Peso de la muestra suelta (gr)	4022.00	4001.00	4001.00	
005	Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1455.42	1447.82	1447.82	1458.68

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



4.1.1.5. “Peso específico y absorción para el agregado pétreo fino”

Tabla 17

Peso específico y absorción del agregado fino.

Peso específico - absorción		
Muestra	Descripción	Agregado fino - Rubén
001	Peso del espécimen saturada aparentemente seca (g).	500
002	Peso del espécimen seco(g).	496
003	Peso de la fiola + agua (g)	536.5
004	Peso de la fiola + espécimen saturado aparentemente seca + agua (g)	839
005	Peso específico nominal	2.62
006	Absorción (%)	1.35

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

4.1.1.6. “Absorción y peso específico para el agregado pétreo grueso natural”

Tabla 18

Peso específico y absorción del agregado grueso.

Peso específico - absorción		
Muestra	Descripción	Agregado grueso - Rubén
001	Peso del espécimen saturada superficialmente seca (g).	2986.8
002	Peso del espécimen seco (g)	2996.9
003	Peso del espécimen sumergido (g)	1877.4
004	Peso específico nominal	2.69
005	Absorción (%)	0.34

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



4.1.1.7. “Contenido de humedad para el agregado pétreo grueso natural”

Tabla 19

Contenido de humedad del agregado grueso.

		Contenido de humedad		
Muestra	Descripción	Agregado grueso - Rubén		
		M1	M2	M3
001	Peso del depósito (g)	27.094	27.929	27.482
002	Peso deposito + suelo húmedo (g)	173.331	174.720	174.077
003	Peso deposito + suelo seco (g)	172.925	174.257	173.645
004	Peso del agua (g)	0.406	0.463	0.432
005	Peso del suelo seco (g)	145.831	146.328	146.163
006	Contenido de humedad (%)	0.28	0.32	0.30
Promedio			0.30	

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

4.1.1.8. “Contenido de humedad para el agregado pétreo fino natural”

Tabla 20

Contenido de humedad del agregado fino.

		Contenido de humedad		
Muestra	Descripción	Agregado fino - Rubén		
		M1	M2	M3
001	Peso del depósito (g)	27.064	28.479	27.502
002	Peso depósito + suelo húmedo (g)	187.395	184.186	186.095
003	Peso depósito + suelo seco (g)	186.490	183.315	185.229
004	Peso del agua (g)	0.905	0.871	0.866
005	Peso del suelo seco (gr)	159.426	154.836	157.727
006	Contenido de humedad (%)	0.57	0.56	0.55
Promedio			0.56	

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



4.1.2 Elaboración del diseño de mezcla

4.1.1.1. Cálculo del diseño de mezcla para los agregados naturales

Tabla 21

Diseño de mezcla con agregados naturales.

Resistencia a la compresión descrita (F'c)		210 kg/cm²	
1	Desviación estándar	84 kg/cm ²	
2	Resistencia Promedio Requerido F'cr	294 kg/cm ²	
3	Peso específico del cemento	3.11 gr/cm ³	
4	Ingresar Slump	3" a 4"	
5	T.M.N del agregado	3/4"	
6	Peso específico del agua	1000 kg/m ³	
Agregado Fino			
1	Peso Específico del agregado	2.62 gr/cm ³	
2	Módulo de Fineza del agregado	2.91	
3	Porcentaje de Absorción	1.35%	
4	Contenido de Humedad	0.56 %	
5	Peso Volumétrico Suelto	1458.68 kg/m ³	
Agregado Grueso			
1	Peso Específico	2.69 gr/cm ³	
2	Peso Volumétrico Suelto	1541.42 kg/m ³	
3	Peso Volumétrico Compactado Seco	1654.69 kg/m ³	
4	Porcentaje de Absorción	0.34 %	
5	Contenido de Humedad	0.30 %	
Elección del contenido de agua y porcentaje			
1	Peso del agua de amasado (Ref. Tabla 1)	205 kg	
2	Volumen del agua	0.205 m ³	
3	Porcentaje del aire atrapado (Ref. Tabla 1)	2.00 %	
Elección de la relación agua/cemento			
		Rango F'c	Rango A/C
1	Relación - Agua/Cemento	250 kg/cm ²	0.62
	(Ref. Tabla 2, interpolación lineal)	294 kg/cm ²	0.56
		300 kg/cm ²	0.55
Contenido de cemento			



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE,
2019”**

1	Peso del cemento				366.07 kg
2	Volumen del cemento				0.118 m ³
Elección del agregado grueso					
			Mod. Fineza		Rango agregado
1	Volumen del agregado grueso compactado en seco		2.8		0.62 m ³
	(Ref. Tabla 3, interpolación lineal)		2.86		0.612 m ³
			3		0.60 m ³
2	Volumen del agregado grueso				0.609 m ³
3	Peso del agregado grueso				992.81 kg/m ³
Desarrollo de los Volúmenes absolutos					
	Componente	Volumen absoluto	Peso específico	Peso	Proporción en peso
1	Cemento	0.118 m ³	3110 kg/m ³	366.07 kg	1.00
2	Arena seca	0.288 m ³	2620 kg/m ³	755.13 kg	2.06
3	Piedra seca	0.369 m ³	2690 kg/m ³	992.81 kg	2.71
4	Agua				23.80
		0.205 m ³	1000 kg/m ³	205.00 kg	Lt/saco
5	Aire	0.020 m ³			
Total		1.000 m ³		2319.01 kg	
Corrección del diseño por humedad					
	Componente		Peso Absoluto	Corrección por humedad	Peso corregido
1	Peso arena húmeda		755.13 kg	1.0056	759.36 kg
2	Peso piedra húmeda		992.81 kg	1.0030	995.79 kg
Aporte de agua					
	Elemento	Humedad	Absorción	Humedad superficial	Contribución de agua
1	Arena	0.56 %	1.35 %	-0.79 %	-5.97 kg
2	Piedra	0.30 %	0.34 %	-0.04 %	-0.04 kg
Proporción final corregida por absorción y humedad					
	Componente	Peso absoluto	Corrección	Peso corregido	Proporción en peso
1	Cemento	366.07 kg		366.07 kg	1.00
2	Arena	755.13 kg	1.0056	759.36	2.07
3	Piedra	992.91 kg	1.0030	995.79 kg	2.72
4	Agua	205.00 kg	-6.36 kg	211.36 kg	24.54 Lt/saco

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Ensayo de consistencia del concreto. Para calcular el slump, se realizó el ensayo de consistencia 2 veces. Se realizó el ensayo para el concreto patrón, concreto con remplazo del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) para porcentajes de 5%, 10% y 15%. El resultado para cada caso de sustitución de mezcla de MK y CV, conservando la proporción de agua según el diseño de mezcla, se promedió dando lugar a los siguientes resultados: Para el concreto patrón se obtuvo un Slump promedio de 3.1. pulgadas, al sustituir 5% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.4 pulgadas al sustituir 10% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.6 pulgadas mientras que al sustituir 15% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.2 pulgadas.

Ensayo de temperatura del concreto. Para encontrar la temperatura en el concreto se calculó mediante un termómetro digital en un buggy, dispuesto con anticipo y siguiendo los tiempos para su medición como lo estipula las normas peruanas. Se efectuaron 2 mediciones para cada uno de los porcentaje de sustitución de mezcla de MK y CV y para el concreto patrón , consiguiendo estos resultados: Para la muestra patrón de concreto se consiguió un promedio de 21.3 °C, para la sustitución de 5% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de 21.1°C, para la sustitución de 10% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de 21.5 °C, para la sustitución de 15% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo una temperatura promedio de 22.7 °C

4.1.1.2. Resultados de las pruebas que se aplicaron a los testigos de concreto

4.1.1.2.1. Resistencia a la compresión

Concreto patrón

Tabla 22

Resistencia a la compresión a los 7 días – concreto patrón.

Resistencia a la compresión del concreto – 7 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	29995	15.00	176.71	169.74
T-2	31912	15.00	176.71	180.58
T-3	31651	15.00	176.71	179.11
T-4	30587	15.00	176.71	173.09
Promedio				175.63

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 23

Resistencia a la compresión a los 14 días – concreto patrón.

Resistencia a la compresión del concreto – 14 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	36162	15.00	176.71	204.64
T-2	35265	15.00	176.71	199.56
T-3	36691	15.00	176.71	207.63
T-4	35854	15.00	176.71	202.89
Promedio				203.68

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 24

Resistencia a la compresión a los 28 días – concreto patrón.

Resistencia a la compresión del concreto – 28 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	39865	15.00	176.71	225.59
T-2	39752	15.00	176.71	224.95
T-3	39534	15.00	176.71	223.72
T-4	40134	15.00	176.71	227.11
Promedio				225.34

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Figura 3

Resistencia promedio obtenida del concreto patrón



Fuente. *Elaboración propia (2021).*



En la figura 3, podemos mostrar que al efectuar a los especímenes del concreto patrón los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días de curado se alcanzó en promedio la resistencia de 175.6 kg/cm², a los 14 días de curado se logró un promedio a la resistencia de 203.7 kg/cm² y 225.3 kg/cm² a los 28 días de curado.

Concreto $F'c = 210\text{Kg/cm}^2 - 5\%$

Tabla 25

Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 5% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 7 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	36095	15.00	176.71	204.26
T-2	35645	15.00	176.71	201.71
T-3	35251	15.00	176.71	199.48
T-4	35887	15.00	176.71	203.08
Promedio				202.13

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 26

Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 5% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 14 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	42162	15.00	176.71	238.59
T-2	41765	15.00	176.71	236.34
T-3	40896	15.00	176.71	231.42
T-4	41654	15.00	176.71	235.71
Promedio				235.52

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 27

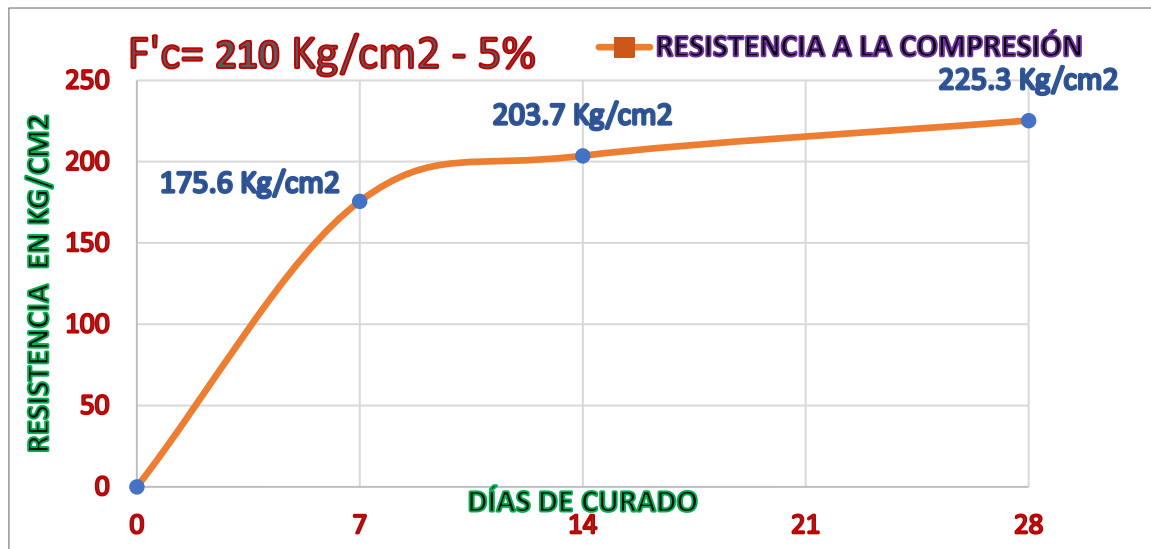
Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 5% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 28 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	45957	15.00	176.71	260.06
T-2	45345	15.00	176.71	256.60
T-3	45481	15.00	176.71	257.37
T-4	46167	15.00	176.71	261.25
Promedio				258.82

Fuente. Elaboración propia (2021).

Figura 4

Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 5%.



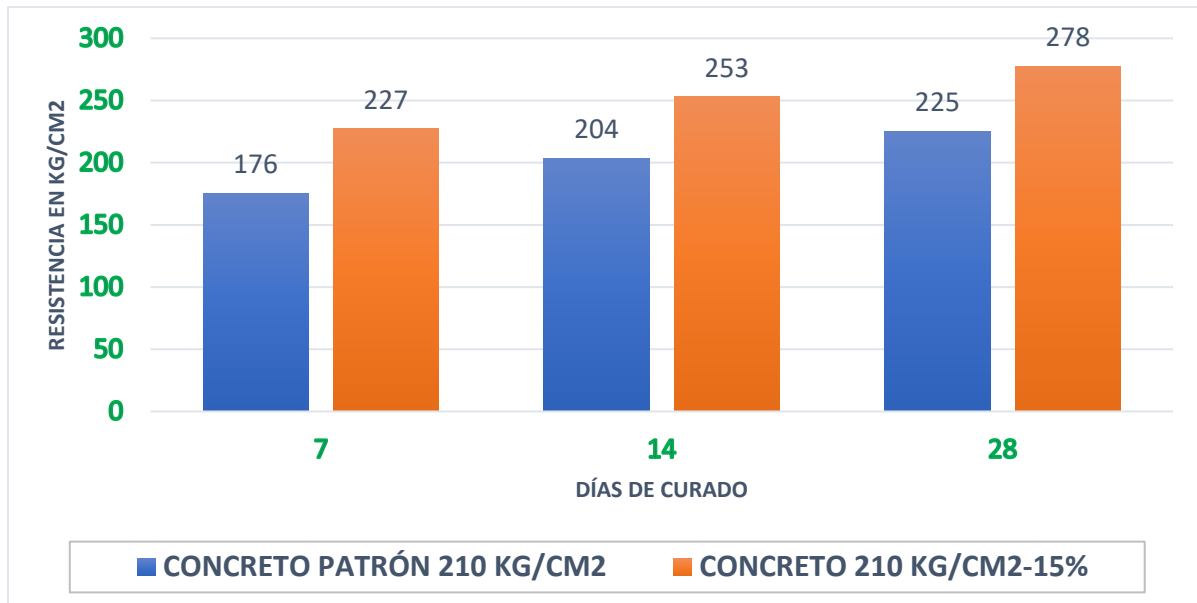
Fuente. Elaboración propia (2021).

En la figura 4, se observa que al efectuar a los especímenes los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con una sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) en 5% a los 7 días de curado, se alcanzó en promedio una resistencia de 202.1 kg/cm², a los 14 días de curado se alcanzó en promedio una resistencia de 235.5 kg/cm² y a los 28 días de curado se alcanzó un promedio de 258.8 kg/cm² en la resistencia del concreto.



Figura 5

Diagrama de barras concreto 210Kg/cm² patrón – 5% mezcla MK y CV



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la figura 5, muestra que la resistencia obtenida de las muestras con sustitución del 5% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante es superior en 34 kg/cm² que la resistencia obtenida del concreto patrón.

Concreto $F'c = 210\text{Kg}/\text{cm}^2 - 10\%$

Tabla 28

Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 7 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	40995	15.00	176.71	231.98
T-2	41234	15.00	176.71	233.34
T-3	40981	15.00	176.71	231.91
T-4	41583	15.00	176.71	235.31
Promedio				233.13

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 29

Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto– 14 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	48758	15.00	176.71	275.91
T-2	48341	15.00	176.71	273.55
T-3	47929	15.00	176.71	271.22
T-4	47359	15.00	176.71	268.00
Promedio				272.17

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 30

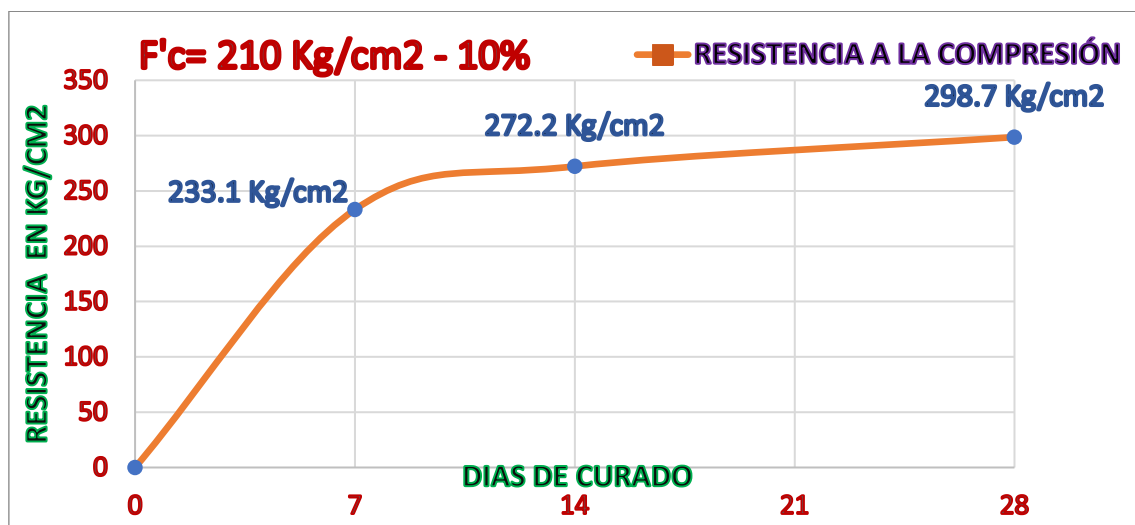
Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 28 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	53265	15.00	176.71	301.42
T-2	51929	15.00	176.71	293.86
T-3	52345	15.00	176.71	296.21
T-4	53567	15.00	176.71	303.13
Promedio				298.65

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Figura 6

Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 10%.



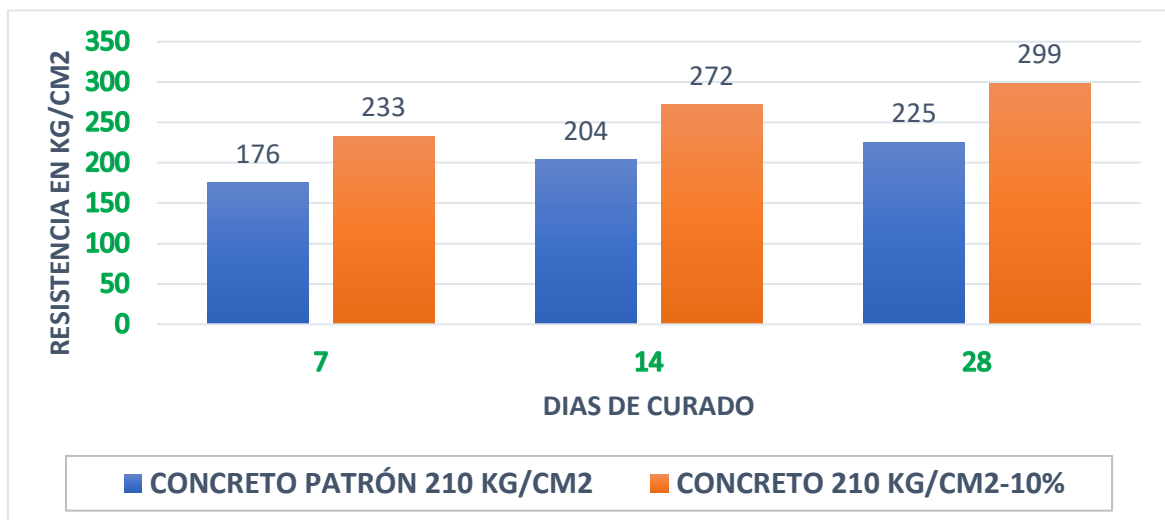
Fuente. *Elaboración propia (2021).*



En la figura 6, podemos mostrar que al efectuar a los especímenes los ensayos para calcular la resistencia a la compresión al concreto con sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) en 10% a los 7 días de curado, se consiguió en promedio una resistencia de 233.1 kg/cm², a los 14 días de curado se logró en promedio una resistencia de 272.2 kg/cm² y a los 28 días de curado alcanzo un promedio de 298.7 kg/cm² de resistencia.

Figura 7

Diagrama de barras concreto 210Kg/cm² patrón – 10% mezcla MK y CV



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la figura 7, se reconoce que la resistencia que se obtuvieron de las muestras con sustitución del 10% del cemento por la mezcla de MK y CV es mayor en 74 kg/cm² a la del concreto patrón.

Concreto $F'c = 210\text{Kg}/\text{cm}^2 - 15\%$

Tabla 31

Resistencia a la compresión a los 7 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión del concreto – 7 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	39762	15.00	176.71	225.01
T-2	40381	15.00	176.71	228.51
T-3	41036	15.00	176.71	232.22
T-4	39399	15.00	176.71	222.95
Promedio				227.17

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 32

Resistencia a la compresión a los 14 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión – 14 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	45036	15.00	176.71	254.85
T-2	44441	15.00	176.71	251.48
T-3	45395	15.00	176.71	256.88
T-4	43983	15.00	176.71	248.89
Promedio				253.03

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 33

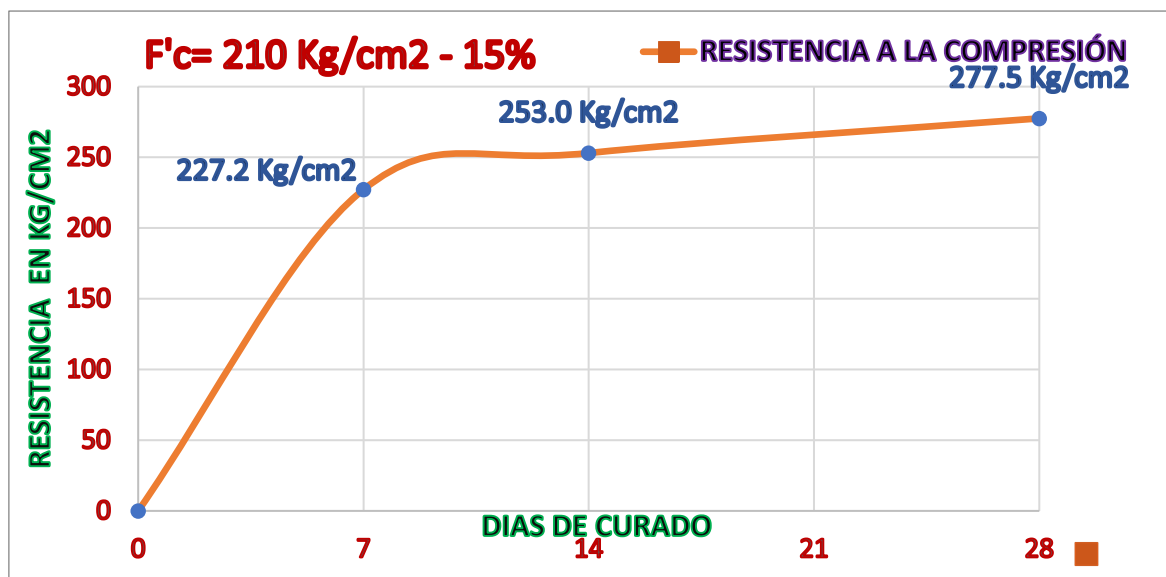
Resistencia a la compresión a los 28 días – muestra 10% sustitución MK y CV

Resistencia a la compresión – 28 días				
Testigo	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/ cm ²)
T-1	48662	15.00	176.71	275.37
T-2	49824	15.00	176.71	281.95
T-3	48381	15.00	176.71	273.78
T-4	49315	15.00	176.71	279.07
Promedio				277.54

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Figura 8

Resistencia promedio obtenida de la muestra con sustitución de MK y CV al 15%.



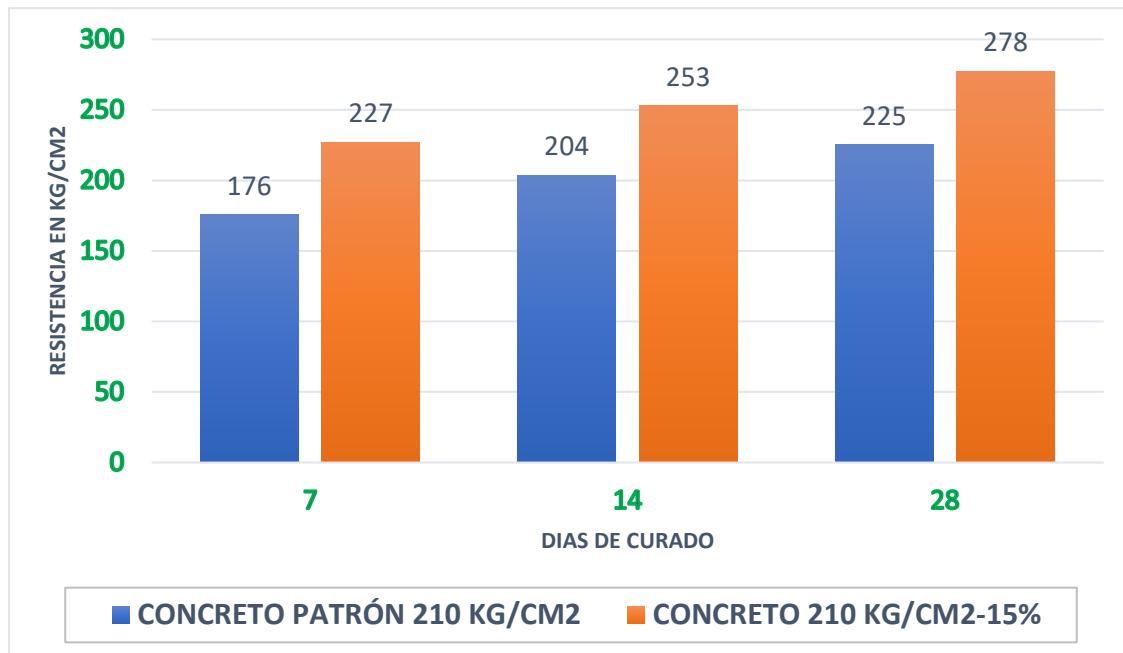
Fuente. *Elaboración propia (2021).*



En la figura 8, se muestra que al efectuar a los especímenes los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días de curado, al concreto con sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) en 15%, se consiguió en promedio una resistencia de 227.2 kg/cm², a los 14 días de curado se consiguió en promedio una resistencia de 253.0 kg/cm² y a los 28 días de curado se consiguió en promedio 277.5 kg/cm² de resistencia.

Figura 9

Diagrama de barras concreto 210Kg/cm² patrón – 15% mezcla MK y CV



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la figura 9, La resistencia obtenida de las muestras con sustitución del 15% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante es superior en 53 kg/cm² a la resistencia obtenida para concreto patrón.

Tabla 34

Concreto F'c = 210Kg/cm² – 10% a los 28 días

Testigo	Edad (días)	Carga (kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
T-1	28	55414	15.00	176.71	313.57
T-2	28	52403	15.00	176.71	296.53
T-3	28	53559	15.00	176.71	303.07
T-4	28	55193	15.00	176.71	312.32
T-5	28	53045	15.00	176.71	300.16
T-6	28	54375	15.00	176.71	307.69
T-7	28	55257	15.00	176.71	312.68



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE,
2019”**

T-8	28	54448	15.00	176.71	308.10
T-9	28	50718	15.00	176.71	286.99
T-10	28	52331	15.00	176.71	296.12
T-11	28	55693	15.00	176.71	315.14
T-12	28	52048	15.00	176.71	294.52
T-13	28	55315	15.00	176.71	313.01
T-14	28	53557	15.00	176.71	303.06
T-15	28	48625	15.00	176.71	275.15
T-16	28	50716	15.00	176.71	286.98
T-17	28	55248	15.00	176.71	312.63
T-18	28	53147	15.00	176.71	300.74
T-19	28	50968	15.00	176.71	288.41
T-20	28	51398	15.00	176.71	290.84
T-21	28	49327	15.00	176.71	279.13
T-22	28	51863	15.00	176.71	293.47
T-23	28	54225	15.00	176.71	306.84
T-24	28	52810	15.00	176.71	298.83
T-25	28	49453	15.00	176.71	279.84
T-26	28	50165	15.00	176.71	283.86
T-27	28	55089	15.00	176.71	311.73
T-28	28	52004	15.00	176.71	294.27
T-29	28	55310	15.00	176.71	312.98
T-30	28	54152	15.00	176.71	306.43

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 35

Parámetros estadísticos

Parámetros estadísticos		
1	Cantidad	30.00
2	Media	299.50
3	Máximo	315.14
4	Mínimo	275.15
5	Desviación estándar	10.36
6	Coefficiente de variación	3.46

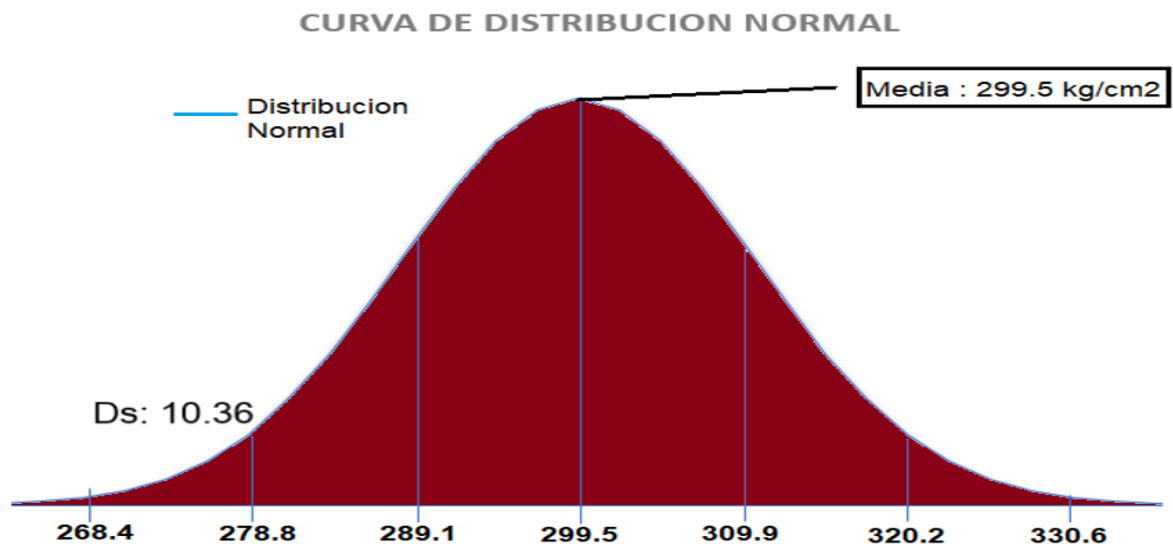
Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la tabla 35, se obtuvo un mejor resultado con la muestra con sustitución del 10% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante, de tal manera que se elaboró 30

testigos de concreto para realizar la curva de distribución normal obteniendo lo siguiente:
 Resistencia promedio: 299.50 kg/cm². Resistencia máxima: 315.14 kg/cm². Resistencia mínima: 275.15 kg/cm². Desviación Estandar: 10.36. Coeficiente de variación: 3.46.

Figura 10

Curva de Distribución Normal.



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la figura 10, se obtuvo resultados producto de la desviación estándar en la dispersión entre los testigos de concretos elaborados en el laboratorio, el concreto es Excelente al tener $D_s = 10.36 < 14.1$. Al comparar la variación en la dispersión entre los testigos de concretos elaborados en el laboratorio, el concreto es Bueno al tener $3 < V = 3.46 < 4$.

Tabla 36

Probabilidad de ocurrencia

Porcentaje	Intervalo	
	A	B
68.00%	289.1	309.9
95.10%	278.8	320.2
99.70%	268.4	330.6

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la tabla 36, sobre la probabilidad de ocurrencia, los resultados indican que tiene la posibilidad de que el 68.0% de las probetas de concreto posean en el intervalo de 289.1 kg/cm² y 309.9 kg/cm² de resistencia a la compresión a los 28 días de curado. Se tiene la



posibilidad de que el 95.1% de las probetas de concreto posean una resistencia a la compresión en el intervalo de 278.8 kg/cm² y 320.2 kg/cm² a los de 28 días de curado. Se tiene la posibilidad de que el 99.7% de las probetas de concreto posean entre 268.4 kg/cm² y 330.6 kg/cm² una resistencia a la compresión.

4.1.1.2.2. Resistencia a la flexión

Se presentan los alcances de los ensayos a flexión para sustitución de 0% 5%, 10% y 15% de los especímenes sin acero de refuerzo, los cuales fueron ensayados a los 28 días de curado.

Tabla 37

Dimensión del prisma – concreto patrón

Prisma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Luz entre apoyos (cm)
P-01 - Patrón	50.50	15.20	15.00	33.30
P-02 - Patrón	50.40	15.00	15.30	33.60
P-03 - Patrón	50.40	15.40	15.30	33.60

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 38

Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto patrón

Resistencia a la flexión del concreto – 28 días			
Prisma	Carga máxima (daN)	Módulo de rotura (MPa)	
P-01- Patrón	1400	1.36	
P-02 - Patrón	1850	1.77	
P-03 - Patrón	1650	1.54	
Promedio	1633.33	1.56	

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 39

Dimensión del prisma – concreto - 5% sustitución de MK y CV

Prisma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Luz entre apoyos (cm)
P-01 - 5%	50.40	15.00	15.00	33.60
P-02 - 5%	50.70	15.00	15.00	33.80
P-03 - 5%	49.80	15.00	15.00	33.20

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 40

Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 5% sustitución de MK y CV

Resistencia a la flexión del concreto – 28 días		
Prisma	Carga máxima (daN)	Módulo de rotura (MPa)
P-01 – 5%	1850	1.84
P-02 – 5%	2025	2.03
P-03 – 5%	1950	1.92
Promedio	1941.67	1.93

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 41

Dimensión del prisma – concreto - 10% sustitución de MK y CV

Prisma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Luz entre apoyos (cm)
P-01 - 10%	50.70	15.60	15.20	33.80
P-02 - 10%	50.60	15.00	15.30	33.74
P-03 - 10%	50.40	15.40	15.30	33.60

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 42

Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 10% sustitución de MK y CV

Resistencia a la flexión del concreto – 28 días		
Prisma	Carga máxima (daN)	Módulo de rotura (MPa)
P-01 – 10%	2381	2.23
P-02 – 10%	2700	2.59
P-03 – 10%	1650	2.47
Promedio	2577	2.43

Fuente. *Elaboración propia (2021).*



Tabla 43

Dimensión del prisma – concreto - 15% sustitución de MK y CV

Prisma	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Luz entre apoyos (cm)
P-01 - 15%	50.50	15.00	15.00	33.66
P-02 - 15%	52.00	15.00	15.00	34.60
P-03 - 15%	50.50	15.00	15.00	33.66

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 44

Resultados obtenidos del ensayo a flexión – Concreto - 15% sustitución de MK y CV

Resistencia a la flexión – 28 días		
Prisma	Carga máxima (daN)	Módulo de rotura (MPa)
P-01 – 15%	2395	2.39
P-02 – 15%	1996	2.05
P-03 – 15%	2054	2.05
Promedio	2148.33	2.16

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Tabla 45

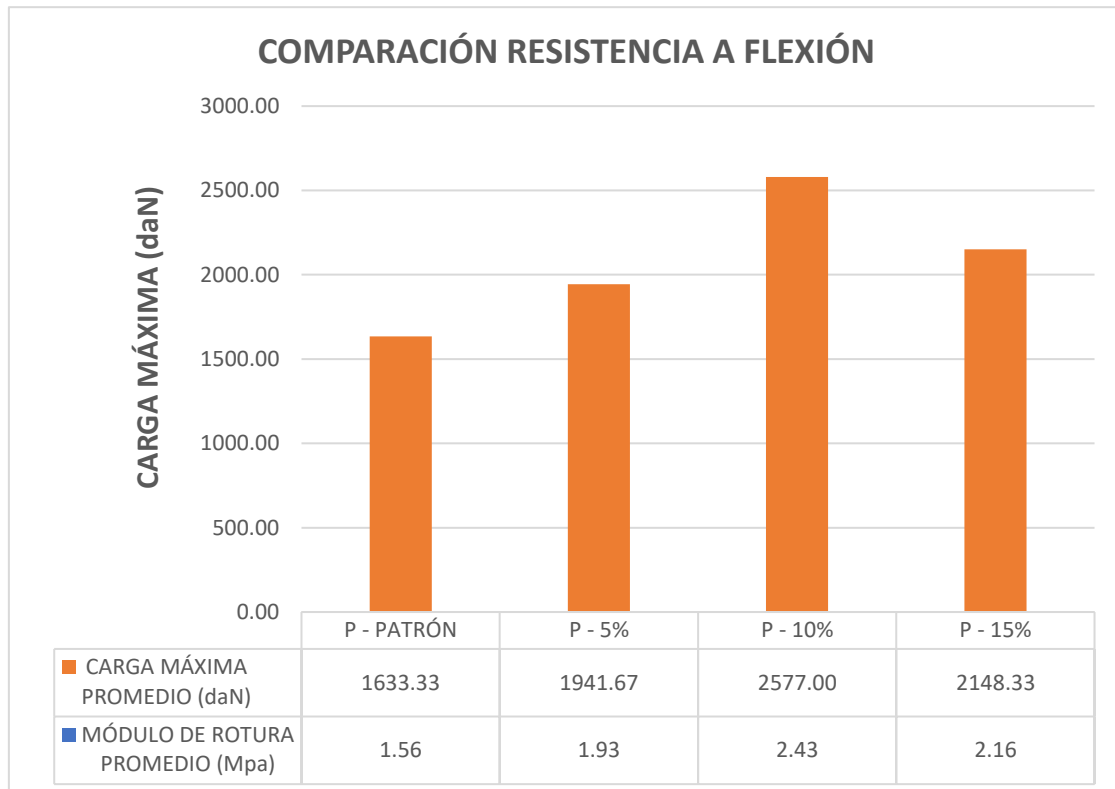
Carga máxima promedio sin acero de refuerzo (daN)

Resistencia a la flexión – 28 días		
Sustitución	Carga máxima promedio (daN)	Módulo de rotura promedio (MPa)
P-01 – Patrón	1633.33	1.56
P-02 – 5%	1941.67	1.93
P-03 – 10%	2577.00	2.43
P-03 – 15%	2148.33	2.16

Fuente. *Elaboración propia (2021).*

Figura 11

Resistencia promedio máxima a flexión de vigas sin acero de refuerzo



Fuente. *Elaboración propia (2021).*

En la figura 11, de resistencia a flexión sin acero de refuerzo; el módulo de rotura máxima promedio sin acero de refuerzo en la viga P – 10% (viga con sustitución del 10% del cemento por la mezcla de MK y CV), alcanzando un módulo de rotura de 2.43 Mpa y la mayor carga puntual máxima (2577.00 daN).

El Módulo de rotura promedio sin acero de refuerzo para la viga P – PATRÓN (viga con una sustitución del 0% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 1.56 Mpa y la carga máxima promedio es de 1633.33 daN. El Módulo de rotura promedio sin acero de refuerzo para la viga P – 5% (viga con sustitución del 5% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 1.93 Mpa y la carga máxima promedio es de 1941.67 daN. El Módulo de rotura promedio sin acero de refuerzo para la viga P – 15% (viga con una sustitución del 15% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 2.16 Mpa y la carga máxima promedio es de 2148.33 daN. Todos los módulos de rotura promedio y carga máxima promedio de sustitución de mezcla de MK y CV al 5%, 10% y 15% fueron mayores al módulo de rotura promedio del concreto patrón.



4.2 Discusión

Conforme a los resultados obtenidos se puede indicar que, los resultados obtenidos del Ph del Metacaolín fue de 4.43 y de la Ceniza Volante fue de 12.44 (Anexo 18). Esto implica que el Ph de metacaolín es más bajo que el de la ceniza volante. Asimismo, la composición química del muestra la presencia de Dióxido de Silicio SiO_2 (57.50%), Trióxido de Aluminio Al_2O_3 (23.50%), Trióxido de Hierro Fe_2O_3 (0.77) %, Oxido de Calcio CaO (2.54%) y (15.69%) de elementos livianos que se pierde al calcinar la arcilla, mientras que la estructura química de la Ceniza Volante demuestran la presencia de Dióxido de Silicio SiO_2 (59.18%), Trióxido de Aluminio Al_2O_3 (14.72%), Trióxido de Hierro Fe_2O_3 (3.53) %, Oxido de Calcio CaO (7.81%) y (14.76%) de elementos livianos que se pierde al calcinar la arcilla .

Al realizar el diseño de mezcla óptimo que alcance una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para un concreto patrón, este se hizo mediante un ensayo de consistencia por dos veces y se tomó en cuenta los porcentajes de 5%, 10% y 15%. El resultado para cada caso de sustitución de mezcla de MK y CV, conservando la cantidad de agua según el diseño de mezcla, se promedió dando lugar a los siguientes resultados: Para el concreto patrón se obtiene un Slump promedio de 3.1. pulgadas, al sustituir 5% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.4 pulgadas al sustituir 10% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.6 pulgadas mientras que al sustituir 15% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtiene un slump promedio de 3.2 pulgadas; lo cual indica que existe mayor resistencia al 10%. Asimismo, se buscó determinar las características físicas del Concreto estructural $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para un concreto patrón y un concreto con sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1 a 28 días; esta fue medida por dos veces, obteniendo los resultados en base al con una temperatura promedio de $21.3\text{ }^\circ\text{C}$ y para la sustitución de 5% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de $21.1\text{ }^\circ\text{C}$, para la sustitución de 10% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de $21.5\text{ }^\circ\text{C}$, para la sustitución de 15% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo una temperatura promedio de $22.7\text{ }^\circ\text{C}$; obteniendo mayor temperatura en la sustitución al 15%. Es corroborada con la investigación de Torres (2018), de su investigación sobre las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, realizada en Nuevo Chimbote, en el 2018; quien en el estudio concluye que las propiedades mecánicas de concreto mejoran el 5% al sustituir



el cemento por arcilla pulverizada, demostrando que, a mayor tiempo existente, la resistencia también es más consistente. Esto explica que la existencia del metacaolín en el ladrillo de arcilla pulverizado, permite que los óxidos ácidos como la sílice amorfa (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), la inclusión del óxido de hierro (Fe_2O_3), agregado con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento, se obtiene como producto el silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado (C_4AH_13), determinando que estos compuestos son los que generan una alta resistencia. Asimismo, la investigación es corroborada con Patiño y Venegas (2017), cuyo estudio sobre las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30%, sustituyen al cemento; concluye que al aplicar la mezcla añadida con ceniza volante para reemplazar al cemento con porcentaje de 10%, 20% y 30% se logra mejorar la resistencia de una mezcla $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, demostrando la depreciación de sus resistencias con relación al concreto patrón $f'_{cr}=295\text{kg/cm}^2$. Asimismo, conforme al análisis de costos muestra una reducción proporcional con respecto al material sustitutorio.

Para determinar las propiedades mecánicas del Concreto estructural $F'_c=210\text{kg/cm}^2$, para un concreto patrón y un concreto con una sustitución porcentual del cemento por la mezcla de metacaolín y ceniza volante en 5%, 10% y 15% en proporción 1:1 a 28 días. Esta medida fue realizada dos veces obteniendo una resistencia promedio de 225.3kg/cm^2 . y para la sustitución de 5% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de 258.8kg/cm^2 ., para la sustitución de 10% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo un promedio de 298.7kg/cm^2 ., para la sustitución de 15% de cemento por la mezcla de MK y CV se obtuvo una resistencia de 277.5kg/cm^2 en promedio.; obteniendo mayor resistencia en la sustitución al 10%. Esto implica que el desarrollo de la resistencia a la compresión en probetas y flexión en vigas, a la edad de 28 días de curado, siendo la más favorable el 10 % de sustitución. Con relación a la flexión sin acero de refuerzo, el módulo de rotura máxima para la viga P – PATRÓN (viga con sustitución del 0% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 1.56Mpa y la carga máxima promedio es de 1633.33daN .

El Módulo de rotura promedio sin acero de refuerzo para la viga P – 5% (viga con sustitución del 5% del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 1.93Mpa y la carga máxima promedio es de 1941.67daN . El Módulo de rotura promedio sin acero de refuerzo para la viga P – 15% (viga con sustitución del 15% del cemento por la



mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante), fue de 2.16 Mpa y la carga máxima promedio es de 2148.33 daN. Estos resultados indican la rotura promedio y carga máxima promedio de sustitución de mezcla de MK y CV al 5%, 10% y 15%, los cuales fueron mayores al módulo de rotura promedio del concreto patrón. Es corroborada con la investigación de Lozano (2017), sobre la resistencia a la compresión y flexión en morteros activados alcalinamente con ceniza volante sin utilización de cemento portland; concluyó que la capacidad mecánica y durable que se puede mostrar en la mezcla geo polimérica activada con la NaOH alcanzó mejor desempeño, porque desde el punto de vista se podría enfocar en el uso de materiales dentro de la fabricación de morteros premezclados y de los elementos pre fabricados, para lo cual la pasta desempeña el óptimo trabajo de los morteros premezclados la NTC 3993, que se especifica resistentes en compresión de 17.5 MPa a 28 días y en los adoquines en concreto la NTC 220 fijado para un mínimo de módulo de rotura de 5.0 MPa a 28 días.

Al comparar los resultados con el concreto patrón se puede observar que al sustituir el 10% del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV), existe una probabilidad del 99.7% que las resistencias a compresión obtenidas sean mayores a la de diseño comprendidas entre 268.4 kg/cm² y 330.6 kg/cm² a los 28 días. Es corroborada con la investigación de Huaquisto y Belizario (2017), sobre el uso de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento; concluyó que la ceniza volante debe tener un uso sustitutorio al cemento con un rango inferior al 10%; asimismo, tiene un valor que disminuye la resistencia del concreto, de tal manera que puede tener consecuencias negativas al momento de pasar los controles de calidad.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín y Ceniza Volante mejora las propiedades físicas y mecánicas de una mezcla de concreto patrón para una resistencia de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, validando la hipótesis que: “Si se hace la sustitución del cemento por la mezcla de metacaolín (MK) y ceniza volante (CV), entonces las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $F'c=210\text{Kg/cm}^2$ mejorará”, en tal sentido se acepta la hipótesis.

Los resultados obtenidos del Ph del Metacaolín fue de 4.43 y de la C.V. fue de 12.44.

La composición química del Metacaolín, resultante por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, muestra la presencia de Dióxido de Silicio SiO_2 (57.50%), Trióxido de Aluminio Al_2O_3 (23.50%), Trióxido de Hierro Fe_2O_3 (0.77) %, Oxido de Calcio CaO (2.54%) y (15.69%) de elementos livianos, que se pierde al calcinar la arcilla, mientras que la composición química de la Ceniza Volante muestra la presencia de Dióxido de Silicio SiO_2 (59.18%), Trióxido de Aluminio Al_2O_3 (14.72%), Trióxido de Hierro Fe_2O_3 (3.53) %, Oxido de Calcio CaO (7.81%) y (14.76%) de elementos livianos que se pierde al calcinar la arcilla.

La temperatura del concreto patrón y del concreto con una sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, fueron óptimos, siendo estos valores aceptados porque según lo estipulado en la norma ASTM C1064, aseverando la calidad del concreto, mientras que la consistencia del concreto para la sustitución del 5%, 10% y 15% de cemento por la mezcla de MK y CV aumenta la manejabilidad con relación al concreto patrón.

Los resultados obtenidos demuestran que la sustitución del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV) al concreto en los porcentajes de 5, 10 y 15 %, mejoran el progreso de la resistencia a la compresión en probetas y flexión en vigas, a la edad de 28 días de curado, siendo el más favorable el 10 % de sustitución de la misma.

Al suplir el 10% del cemento por la mezcla de Metacaolín (MK) y Ceniza Volante (CV), hay una posibilidad del 99.7% que las resistencias a compresión alcanzadas sean superiores a la de diseño incluidas en el rango de 268.4 kg/cm^2 y 330.6 kg/cm^2 durante 28 días.



5.2. Recomendaciones

Culminado la investigación es menester realizar las siguientes recomendaciones:

Se recomienda usar el metacaolín y Ceniza Volante, como sustituto del cemento, porque tiene mayor resistencia.

Continuar realizando los estudios sobre el metacaolín y ceniza volante, con el fin de aportar mejores precisiones a futuras investigaciones.

Considerar laboratorios disponibles que faciliten las investigaciones y sean más económicos para integrar con más permanencias el apego a los estudios en el área de construcción.

Realizar investigaciones prácticas de tipo experimental, manteniendo el respeto a las normativas del sector y cuidado del medio ambiente.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS



VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrián, Y. (2021). Definición de Concreto. Última Edición. Recuperado de: <http://conceptodefinición.de/concreto/>.
- Agudelo, A. y Espinoza, B. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con adición de ceniza volante de termopaipa* (Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Colombia)
- Arias, A. y Becerra, J. (2017). *Análisis de la resistencia a compresión y a flexión en morteros elaborados con geopolímeros a base de ceniza volante y metacaolín activados alcalinamente* (Tesis de licenciatura, Universidad La Gran Colombia)
- Aroca (1999). ¿Qué es estructura? Recuperado de: <http://www.significados.com/estructura/>
- Bain, A. Mineralogical assessment of raw materials for burnt clay puzzolans. Lime and alternative cement. 1974. P60 – 72
- Patiño, C. y Venegas, E. (2017). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución parcial de cemento* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Cusco)
- Chang Jun, Cheng Xin, Lu Lingchao, Liu Futian y Zhu Jianping (2001) *The Influences of two admixtures on white Portland cement*. Departamento de ciencias de los materiales e ingeniería, Jinan, China. Cement and Concrete Research.
- Curcio, F., De Angelis, A. y Pagliolico, S. *Metacaolín como una adición puzolánica para alto comportamiento en morteros*. Departamento de Ciencias de los Materiales e Ingeniería Química, Politécnico de Torino, Italia. Cement and Concrete Research.
- Delgado, E. (2021). ¿Qué es la investigación cuasiexperimental? Edit. Question Pro. Obtenido de: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-cuasi-experimental/>
- Huaquisto y Belizario (2017). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento.
- Landa, A., Almeraya, F., Gaona, T. y Baltazar, M. (2019). Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de concretos sustentables a base de agregados reciclados y ceniza de bagazo de caña de azúcar. Congreso Latinoamericano México.
- Landau, L. y Lifshitz, E. (1979). Curso Abreviado de Física Teórica.
- Lozano, J. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión y flexión en morteros activados alcalinamente con ceniza volante sin la utilización de cemento portland* (Tesis de licenciatura, Universidad la gran Colombia)



- Martínez, L., & Rosario, L. (2017). *Análisis comparativo de resistencia y permeabilidad de mezclas de hormigón con escombros de demolición de concreto y mampostería como sustitutos de agregado grueso* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Santo Domingo)
- NORMA NTC 30 - Cemento Pórtland, Clasificación y Nomenclatura.
- Orchesi (2019). Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas de cáscaras de arroz
- Osorio, H. (2015). Comportamiento del Concreto Reciclado Como Agregado Grueso En Diseño de Mezclas $F'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ y $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$. España: Editorial Académica Española.
- Poon, S., Lam, L., Kou, C., Wong, Y. y And Wong (2001) Rate of pozzolanic reaction of metakaolin in highperformance cement pastes.
- Rodriguez, R. (2016). Comportamiento del Hormigón Añadido Metacaolín como Sustituto, Utilizando los Agregados Existentes en la Provincia de Pastaza. (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato).
- Sha, W. y Pereira, B. Estudio por medio de DSC de la pasta de cemento Portland ordinario que contiene Metacaolín y un acercamiento teórico a la actividad del Metacaolín. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Belfast, Belfast, U.K. Cement and Concrete Composites, 2001.
- Torres, L. (2018). Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018
- Ucha, F. (2013). Definición ABC tu diccionario Hecho Fácil. Obtenido de: <https://www.definicionnabc.com/general/cemento.php>
- Wild, S.; Khatib, M. and Jones, A. (1996). Relative strength, pozzolanic activity and cement hydration in superplasticised metakaolin concrete. Cement and Concrete Research 26. 1996. P 1537 – 1544
- Zhu, Ding y Li, Zhonjin (2002). Mejoramiento de las propiedades del cemento portland con la incorporación de Metacaolín y Escorias. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Hong Kong, China. Cement and Concrete Research.



CAPÍTULO VII

ANEXOS



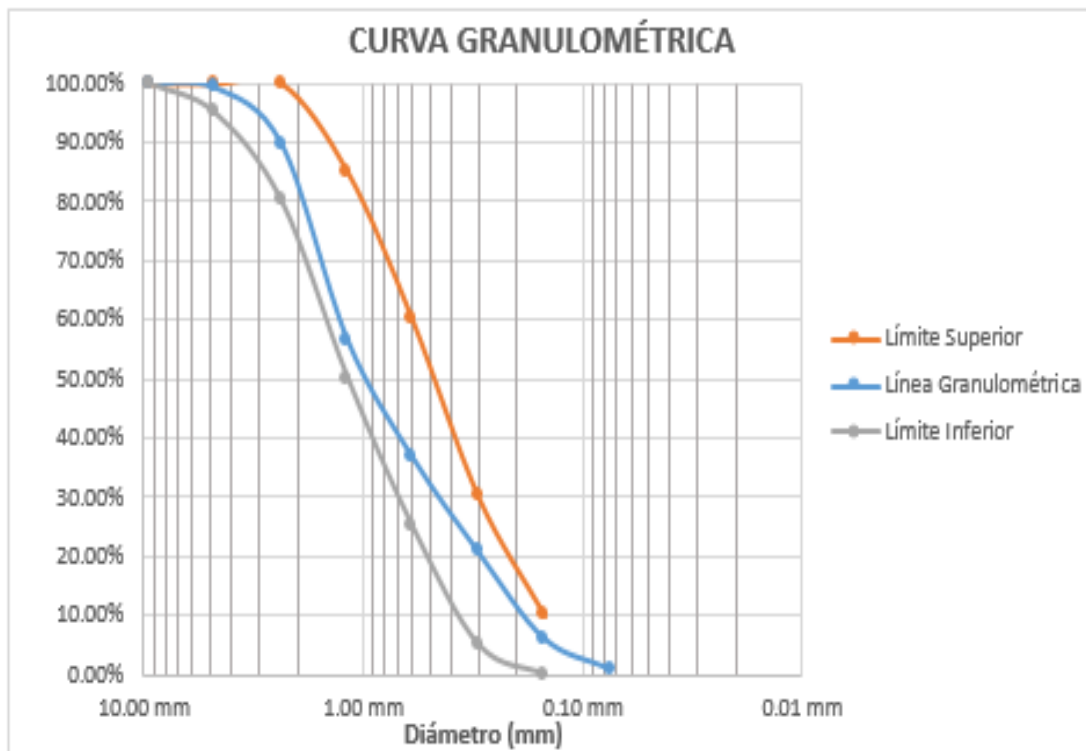
ANEXO 1: Análisis granulométrico del agregado fino (ASTM C136/NTP 400.037)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.012)

Peso inicial seco (gr)		1252.26			
Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.050	0.000	0.000	0.000	100.000
1/2"	12.500	0.000	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000
Nº 04	4.750	10.540	0.840	0.840	99.160
Nº 08	2.360	118.770	9.480	10.330	89.670
Nº 16	1.180	415.580	33.190	43.510	56.490
Nº 30	0.600	246.430	19.680	63.190	36.810
Nº 50	0.300	201.560	16.100	79.290	20.710
Nº 100	0.150	183.770	14.680	93.960	6.040
Nº 200	0.074	64.480	5.150	99.110	0.890
Cazoleta		11.130	0.890	100.000	0.000
TOTAL		1252.260	100.000		





ANEXO 2: Análisis granulométrico del agregado grueso (ASTM C136/NTP 400.037)

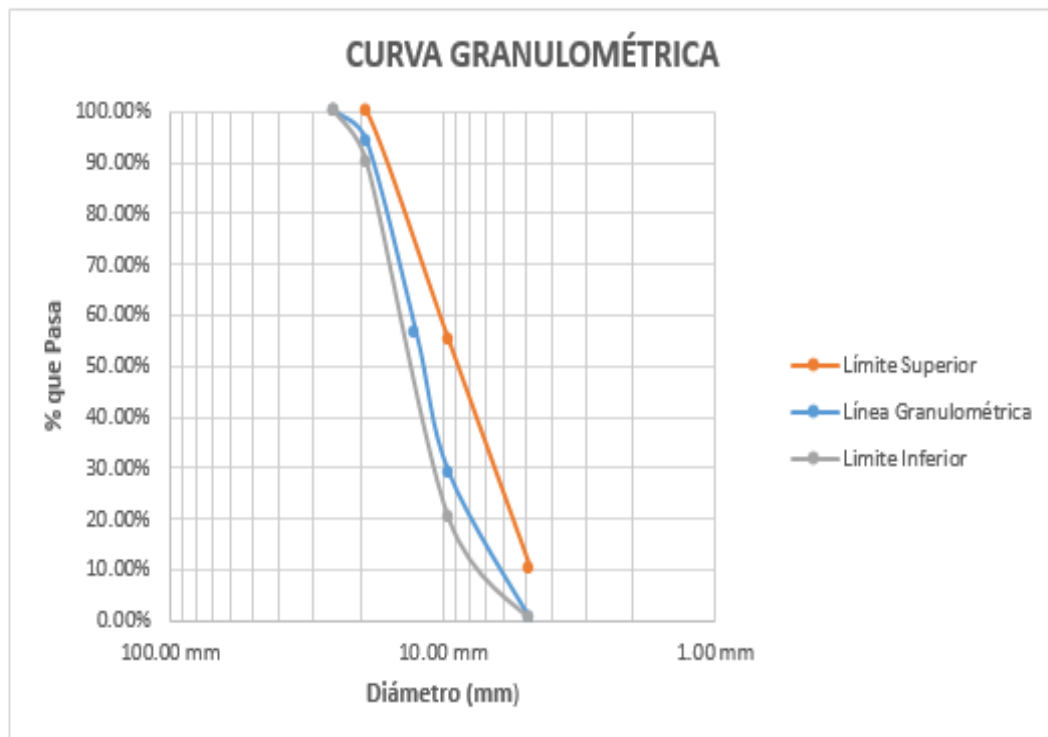
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.012)

Peso inicial seco (gr) 2153.50

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	Tamaño Máximo Nominal
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.400	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.000	125.350	5.821	5.821	94.179	3/4"
1/2"	12.500	809.050	37.569	43.390	56.610	
3/8"	9.500	593.160	27.544	70.934	29.066	
Nº 04	4.750	625.940	29.066	100.000	0.000	
Cazoleta		0.000	0.000	100.000	0.000	
TOTAL		2153.500	100.000			





ANEXO 3: Contenido de humedad del agregado grueso y fino (ASTM D2216-80)

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS**



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

MUESTRA : AGREGADO GRUESO - RUBÉN

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
01 Peso de la tara (gr)	27.094	27.929	27.482
02 Peso tara + suelo húmedo (gr)	173.331	174.720	174.077
03 Peso tara + suelo seco (gr)	172.925	174.257	173.645
04 Peso del agua (gr)	0.406	0.463	0.432
05 Peso del suelo seco (gr)	145.831	146.328	146.163
06 Contenido de humedad %	0.28	0.32	0.30
PROMEDIO	0.30		

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS**



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

MUESTRA : AGREGADO FINO - RUBÉN

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
01 Peso de la tara (gr)	27.064	28.479	27.502
02 Peso tara + suelo húmedo (gr)	187.395	184.186	186.095
03 Peso tara + suelo seco (gr)	186.490	183.315	185.229
04 Peso del agua (gr)	0.905	0.871	0.866
05 Peso del suelo seco (gr)	159.426	154.836	39.61
06 Contenido de humedad (%)	0.5	0.56	0.55
PROMEDIO	0.56		



ANEXO 4: Peso específico y absorción de los agregados naturales (NORMA ASTM C-127-C-128 Y NTP 400.021-400.0

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS**



PESO ESPECIFICO - ABSORCIÓN (ASTM C128 / NTP 400.022)

MUESTRA		: AGREGADO FINO - RUBÉN
01	S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	500.00
02	A = Peso de la muestra seca (gr)	496.00
03	B = Peso del picnómetro + agua (gr)	536.50
04	C = Peso del picnómetro + muestra saturada superficialmente seca + agua (gr)	839.00
05	Peso Específico Nominal	2.62
06	Absorción (%)	1.35

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y DE TECNOLOGÍA DE
CONCRETO DE LA UNS**



PESO ESPECIFICO - ABSORCIÓN (ASTM C127 / NTP 400.021)

MUESTRA		: AGREGADO GRUESO - RUBÉN
01	A = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	2986.8
02	B = Peso de la muestra seca (gr)	2996.9
03	C = Peso de la muestra sumergida (gr)	1877.4
04	Peso Específico Nominal	2.69
05	Absorción (%)	0.34



ANEXO 5: Peso específico suelto del agregado fino natural (NORMA ASTM C-29 Y NTP
400.017)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS



PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

MUESTRA		: AGREGADO FINO - RUBÉN			
	DESCRIPCIÓN	M 1	M 12	M 3	PROMEDIO
1	Peso del molde (gr)	1970.00	1970.00	1970.00	
2	Volumen del molde (cm ³)	2763.46	2763.46	2763.46	
3	Peso del molde + muestra suelta (gr)	5992.00	5971.00	6040.00	
4	Peso de la muestra suelta (gr)	4022.00	4001.00	4070.00	
5	Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1455.42	1477.82	1472.79	1458.68



**ANEXO 6: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso natural (NORMA
ASTM C-29 Y NTP 400.017)**

7.1.6. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso natural

(NORMA ASTM C-29 Y NTP 400.017)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
TECNOLOGÍA DE CONCRETO DE LA UNS



PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

MUESTRA		: AGREGADO GRUESO - RUBÉN			
DESCRIPCIÓN		M 1	M 12	M 3	
01	Peso del molde (gr)	3570.00	3570.00	3570.00	
02	Volumen del molde (cm ³)	9022.86	9022.86	9022.86	PROMEDIO
03	Peso del molde + muestra suelta (gr)	17670.00	17794.00	16970.00	
04	Peso de la muestra suelta (gr)	14100.00	14224.00	13400.00	
05	Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1562.70	1576.44	1485.12	1541.42

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE TECNOLOGÍA
DE CONCRETO DE LA UNS




PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

MUESTRA		: AGREGADO GRUESO - RUBÉN			
DESCRIPCIÓN		M 1	M 12	M 3	
01	Peso del molde (gr)	3570.00	3570.00	3570.00	
02	Volumen del molde (cm ³)	9022.86	9022.86	9022.86	PROMEDIO
03	Peso del molde + muestra compactada (gr)	18420.00	18535.00	18545.00	
04	Peso de la muestra compactada (gr)	14850.00	14965.00	14975.00	
05	peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1645.82	1658.57	1659.67	1654.69



ANEXO 7: Diseño de mezcla

Diseño de mezcla		
Diseño de Mezcla de la Muestra Patrón		
Resistencia A La Compresión Especificada (F'c)		210 kg/cm²
<hr/>		
1. Desviación estándar:		84 kg/cm²
2. Resistencia Promedio Requerida F'cr:		294 kg/cm²
3. Peso específico del cemento:		3.11 gr/cm³
4. Ingresar Slump:		3" a 4"
5. Tamaño máximo del agregado:		3/4"
6. Peso específico del agua:		1000 kg/m³
Características Físicas Del Agregado Fino		
1. Peso Específico:		2.62 gr/cm³
2. Módulo de Fineza:		2.91
3. Porcentaje de Absorción:		1.35%
4. Contenido de Humedad:		0.56%
5. Peso Volumétrico Suelto:		1458.68Kg/m³
Características Físicas Del Agregado Grueso		
1. Peso Específico:		2.69 gr/cm³
2. Peso Volumétrico Suelto:		1541.42 kg/m³
3. Peso Volumétrico Compactado Seco:		1654.69 kg/m³
4. Porcentaje de Absorción:		0.34%
5. Contenido de Humedad:		0.30%
Selección Del Contenido De Agua Y Porcentaje Según Tabla		
1. Peso del agua de amasado (Ref. Tabla 1)		205 kg
2. Volumen del agua		0.205 m³
3. Porcentaje de aire atrapado (Ref. Tabla 1)		2.00%
Selección De La Relación Agua /Cemento Según Tabla		
1. Relación Agua/Cemento	Rango F'c	Rango A/C
(Ref. Tabla 2, interpolación lineal)	250 kg/cm²	0.62
	294 kg/cm²	0.56
	300 kg/cm²	0.55
Contenido De Cemento		
1. Peso del cemento		366.07 kg
2. Volumen del cemento		0.118 m³



Selección Del Agregado Grueso

1. Volumen del agregado grueso compactado en seco	Mod. Fineza	Rango Agregado.
	2.8	0.62 m3
(Ref. Tabla 3, interpolación lineal)	2.86	0.612 m3
	3	0.60 m3
2. Volumen del agregado grueso		0.609 m3
3. Peso del agregado grueso		992.81 kg/m3

Volúmenes Absolutos

Componente	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso	Proporción (en peso)
1. Cemento	0.118 m3	3110 kg/m3	366.07 kg	1
2. Arena (seca)	0.288 m3	2620 kg/m3	755.13 kg	2.06
3. Piedra (seca)	0.369 m3	2690 kg/m3	992.81 kg	2.71
4. Agua	0.205 m3	1000 kg/m3	205.00 kg	23.80 Lt/saco
5. Aire	0.020 m3			
TOTAL	1.000 m3		2319.65 kg	

Componente	Peso Absoluto	Corrección por Humedad	Peso Corregido
1. Peso arena húmeda	755.13 kg	1.0056	759.36 kg
2. Peso piedra húmeda	992.81 kg	1.0030	995.79 kg
APORTE DE AGUA			

Elemento	Humedad	Absorción	Humedad Superficial	Contribución de agua
1. Arena	0.56%	1.35%	-0.79%	-5.97 kg
2. Piedra	0.30%	0.34%	-0.04%	-0.04 kg

Proporción Final Corregido Por Humedad Y Absorción

Componente	Peso Absoluto	Corrección	Peso Corregido	Proporción (en peso)
1. Cemento	366.07 kg		366.12 kg	1
2. Arena	755.13 kg	1.0056	759.36 kg	2.07
3. Piedra	992.91 kg	1.0030	995.79 kg	2.72
4. Agua	205.00 kg	-6.36 kg	211.36 kg	24.54 Lt/saco



ANEXO 8: Trabajabilidad del Concreto (NTP 339.035 / ASTM C143)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE TECNOLOGÍA
DE CONCRETO DE LA UNS



Trabajabilidad del Concreto (NTP 339.035 / ASTM C143)

Muestras	Concreto Patrón	Concreto con Sustitución CV - MK 5%	Concreto con Sustitución CV - MK 10%	Concreto con Sustitución CV - MK 15%
1	3.1"	3.4"	3.5"	3.1"
2	3"	3.3"	3.6"	3.2"
Promedio	3.1"	3.4"	3.6"	3.2"



ANEXO 9: Temperatura del Concreto (NTP 339.114 / ASTM C150)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE TECNOLOGÍA
DE CONCRETO DE LA UNS



Temperatura del Concreto (NTP 339.114 / ASTM C150)

Muestras	Concreto Patrón	Concreto con Sustitución CV - MK 5%	Concreto con Sustitución CV - MK 10%	Concreto con Sustitución CV - MK 15%
1	21.0° C	23.0° C	21.5° C	22.2° C
2	21.1° C	21.2° C	21.4° C	22.5° C
Promedio	21.1° C	21.3° C	21.5° C	22.4° C



ANEXO 10: Ensayo de flexión de vigas de hormigón P - Patrón



CORPORACION GEOTECNIA SAC.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.L. Primero de Mayo Mz. C.L1.09 Nuevo Chimbote - Tel: 043 - 763305

ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019

UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH

TESISTAS Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor

FECHA DE VACEADO: 16 DE MARZO DEL 2021

FECHA DE ENSAYO : 13 DE ABRIL DEL 2016

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
P- 01 Patron	50.50	15.20	15.00	33.70
P- 02 Patron	50.40	15.00	15.30	33.60
P- 03 Patron	50.40	15.40	15.30	33.60

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexion

PRISMA	Carga mxL (daN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
P- 01 Patron	1400.00	1.36	1.56
P- 02 Patron	1850.00	1.77	
P- 03 Patron	1650.00	1.54	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]
Q = carga máxima registrada [daN]
L = luz entre apoyos [cm]
b = ancho medio de la probeta [cm]
h = altura media de la probeta [cm]

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS E IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Juan Carlos Vasquez Pinedo
Nº 37390 - RUC 450



ANEXO 11: Ensayo de flexión de vigas de hormigón P – 5%



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.J. Primero de Mayo Mz. C 11.09 Nuevo Chimbote – Telf 043 – 763305

ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor
FECHA DE VACEADO: 23 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE ENSAYO : 20 DE ABRIL DEL 2016

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
P- 01 - 5%	50.40	15.00	15.00	33.60
P- 02 - 5%	50.70	15.00	15.00	33.80
P- 03 - 5%	49.80	15.00	15.00	33.20

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexion

PRISMA	Carga max. (daN)	Modulo de Rotura (Mpa)	Modulo de Rotura Promedio (Mpa)
P- 01 - 5%	1850.00	1.84	1.93
P- 02 - 5%	2025.00	2.03	
P- 03 - 5%	1950.00	1.92	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]
Q = carga máxima registrada [daN]
L = luz entre apoyos [cm]
b = ancho medio de la probeta [cm]
h = altura media de la probeta [cm]

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS E IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO
Ing. Juan Rodriguez Pimentel
043-763305 - RUC 455



ANEXO 12: Ensayo de flexión de vigas de hormigón P – 10%



CORPORACION GEOTECNIA SAC.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.L. Primero de Mayo Mz. C LL09 Nuevo Chimbote – Telf. 043 – 763305

ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor
FECHA DE VACEADO: 29 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE ENSAYO : 26 DE ABRIL DEL 2016

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
P-01 - 10%	50.70	15.60	15.20	33.80
P-02 - 10%	50.60	15.00	15.30	33.74
P-03 - 10%	50.40	15.40	15.30	33.60

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexion

PRISMA	Carga max. (daN)	Modulo de Rotura (Mpa)	Modulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - 10%	2381.00	2.23	2.43
P-02 - 10%	2700.00	2.59	
P-03 - 10%	2650.00	2.47	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]
Q = carga máxima registrada [daN]
L = luz entre apoyos [cm]
b = ancho medio de la probeta [cm]
h = altura media de la probeta [cm]

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS E IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Luis Enrique Rodriguez Pimochano
043 - 763305 - FOC 455



ANEXO 13: Ensayo de flexión de vigas de hormigón P – 15%



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.J. Primero de Mayo Mz. C LL09 Nuevo Chimbote – Telf. 043 – 763305

ENSAYO DE FLEXION DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.079, ASTM C293)

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS Bach. Rodríguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor
FECHA DE VACEADO: 25 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE ENSAYO : 22 DE ABRIL DEL 2016

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Prismas

PRISMA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
P-01 - 15%	50.50	15.00	15.00	33.66
P-02 - 15%	52.00	15.00	15.00	34.60
P-03 - 15%	50.50	15.00	15.00	33.66

Resultados obtenidos del ensayo:

Tabla 1.2 Calculo de la Resistencia a la flexion

PRISMA	Carga max. (daN)	Modulo de Rotura (Mpa)	Modulo de Rotura Promedio (Mpa)
P-01 - 15%	2395.00	2.39	2.16
P-02 - 15%	1996.00	2.05	
P-03 - 15%	2054.00	2.05	

$$R = \frac{Q \times L}{10 \times b \times h^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]
Q = carga máxima registrada [daN]
L = luz entre apoyos [cm]
b = ancho medio de la probeta [cm]
h = altura media de la probeta [cm]

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS E IDENTIFICADAS POR EL SOLICITANTE

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Juan Rodríguez Pinedo
C.I. 107990 - R.C. 455



ANEXO 14: Ensayo de compresión sustitución 10%



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
 P.J. Primavera de Mayo Mz."C", Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf: 043 - 763305

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS : Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
 Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor
FECHA : 12 DE MAYO DEL 2021

ENSAYO DE COMPRESION

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaceado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Res. Dis. (Kg/cm²)	Porcentaje (%)
1	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	35413.27	178.72	213.57	210	149%
2	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	32403.37	178.72	206.53	210	141%
3	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	33258.88	178.72	203.07	210	144%
4	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	35193.07	178.72	212.32	210	149%
5	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	33844.63	178.72	209.38	210	143%
6	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	34375.00	178.72	207.69	210	147%

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

- A los 07 días: 65% de la resistencia de Diseño.
- A los 14 días: 85% de la resistencia de Diseño.
- A los 28 días: 100% de la resistencia de Diseño.

Nota:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO
 Ing. Luis Enrique Rodríguez Pimentel
 RFP 37390 - RC 450



“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
 P.J. Pizarro de Mayo No. 707, L109 Nuevo Chimbote - Telf: 041 - 703069

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL, CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESTISTAS : Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
 Bach. Vasquez Perez, Dante Jailer
FECHA : 12 DE MAYO DEL 2021

ENSAYO DE COMPRESION

N° Prob.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Res. Dis. (Kg/cm²)	Porcentaje (%)
7	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	55258.69	176.72	312.68	210	148%
8	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	54447.55	176.72	308.10	210	147%
9	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	52717.83	176.72	298.89	210	137%
10	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	52330.91	176.72	296.12	210	141%
11	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	55692.76	176.72	315.14	210	150%
12	SUSTITUCION 10%	14/04/2021	12/05/2021	28	52048.16	176.72	294.52	210	140%

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

- A los 07 días: 65% de la resistencia de Diseño.
- A los 14 días: 85% de la resistencia de Diseño.
- A los 28 días: 100% de la resistencia de Diseño.

Nota:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 Ing. Juan J. Rodriguez Perotejo
 CIP 37390 - RC 455



“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.J. Primero de Mayo Mz. "C", L.09 Nuevo Chimbote - Telf: 093 - 763305

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS : Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jailor
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2021

ENSAYO DE COMPRESION

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Fecha de Vacado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Res. Dis. (Kg/cm²)	Porcentaje (%)
13	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	35315.91	178.72	313.91	210	149%
14	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	33557.11	178.72	303.96	210	144%
15	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	48624.88	178.72	275.15	210	131%
16	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	30716.56	178.72	286.98	210	137%
17	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	35247.85	178.72	312.83	210	149%
18	SUSTITUCION 10%	15/04/2021	13/05/2021	28	33147.52	178.72	300.74	210	143%

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

- A los 07 días: 65% de la resistencia de Diseño.
- A los 14 días: 85% de la resistencia de Diseño.
- A los 28 días: 100% de la resistencia de Diseño.

Nota:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Ing. Juan J. Rodríguez Pinochán
093-763305 - RUC 495



“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
 P.J. Primero de Mayo Mc "C", L489 Nuevo Chimbote - Telf: 043 - 703383

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS : Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
 Bach. Vasquez Perez, Dante Jaiior
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2021

ENSAYO DE COMPRESION

N° Prob.	Estructura o Identificación	Fecha de Vacado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Res. Dis. (Kg/cm²)	Porcentaje (%)
19	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	50987.72	176.72	288.41	210	137%
20	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	51396.07	176.72	290.84	210	138%
21	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	49327.38	176.72	278.13	210	132%
22	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	51862.64	176.72	293.47	210	140%
23	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	54224.88	176.72	306.84	210	146%
24	SUSTITUCION 50%	15/04/2021	13/05/2021	28	52800.71	176.72	298.33	210	142%

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

- A los 07 días: 65% de la resistencia de Diseño.
- A los 14 días: 85% de la resistencia de Diseño.
- A los 28 días: 100% de la resistencia de Diseño.

Nota:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
 (LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO)
 Ing. Juan Rodríguez Pizarro
 N° 37300 - REC 408



“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”



CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
ESTUDIOS GEOTECNICOS, PROYECTOS, OBRAS CIVILES, MECANICO ELECTRICAS
P.J. Primero de Mayo Mz."C", Lt.09 Nuevo Chimbote - Telf. 043 - 763003

TESIS : PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE 2019
UBICACION : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - DEP. DE ANCASH
TESISTAS : Bach. Rodriguez Silva, Luis Enrique
Bach. Vasquez Perez, Dante Jaiior
FECHA : 14 DE MAYO DEL 2021

ENSAYO DE COMPRESION

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaceado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Res. Dis. (Kg/cm²)	Porcentaje (%)
25	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	49452.85	176.72	278.84	210	133%
26	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	50164.80	176.72	283.86	210	132%
27	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	55088.81	176.72	311.73	210	148%
28	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	52004.22	176.72	294.27	210	140%
29	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	55309.71	176.72	312.96	210	149%
30	SUSTITUCION 10%	16/04/2021	14/05/2021	28	54152.43	176.72	306.43	210	146%

Observaciones:

La resistencia minima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe se de la siguiente manera:

A los 07 días: 65% de la resistencia de Diseño.
A los 14 días: 85% de la resistencia de Diseño.
A los 28 días: 100% de la resistencia de Diseño.

Nota:

Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

CORPORACION GEOTECNIA S.A.C.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
Inj. Juan J. Vasquez Pimanchura
73961 - REC-450



**ANEXO 15: Reporte de medición y análisis de muestra por fluorescencia de rayos X –
Ceniza volante**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE
MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

SOLICITANTE	Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrique Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor
TESIS	“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”
MUESTRA	CENIZA VOLANTE
FECHA	03 Enero del 2020

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO 52-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de CENIZA VOLANTE, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 942844957

Escaneado con CamScanner



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	59.18	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	7.81	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	14.72	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	3.53	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	0.71	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.56	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.68	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.08	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	0.13	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.012	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.004	
PÉRDIDA POR QUEMADO	11.58	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Calcio (Ca), Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

Ing. Carlos A. Valqui
DIRECCIÓN LASACI

Trujillo, 3 Enero del 2020

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Q 949959632 / 933623974

Escaneado con CamScanner



**ANEXO 16: Reporte de medición y análisis de muestra por el análisis térmico
diferencial – Metacaolín**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

SOLICITANTE	Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrlque Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor
TESIS	"PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019"
MUESTRA	METACAOLÍN
FECHA	03 Enero del 2020
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: METACAOLÍN(10gr).

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	35 MG	

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C
SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967,
ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN
51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 942844957

Escaneado con CamScanner

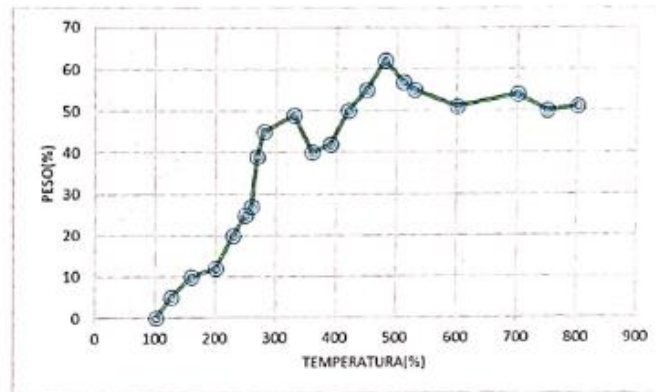


UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



4. RESULTADOS

e. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la mezcla conformada por METACOLÍN, el porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.31%.
- El análisis termo gravimétrico de METACOLÍN indica un pico de temperatura máxima de 490°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 440 y 600 °C

Ing. Carlos A. Valqui
DIRECTOR LASACI




Trujillo, 3 Enero del 2020

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 949959632 / 942844957

Escaneado con CamScanner



**ANEXO 17: Reporte de medición y análisis de muestra por fluorescencia de rayos X –
Metacaolín**

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION</p> <hr/> <p>LASACI</p>									
<p>REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">SOLICITANTE</td> <td>Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrique Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor</td> </tr> <tr> <td>TESIS</td> <td>“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>METACAOLÍN</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td>03 Enero del 2020</td> </tr> </table>			SOLICITANTE	Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrique Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor	TESIS	“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”	MUESTRA	METACAOLÍN	FECHA	03 Enero del 2020
SOLICITANTE	Bach. RODRIGUEZ SILVA, Luis Enrique Bach. VÁSQUEZ PÉREZ, Dante Jailor									
TESIS	“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”									
MUESTRA	METACAOLÍN									
FECHA	03 Enero del 2020									
<p>MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO</p>										
<p>1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES</p> <p>CONDICIONES DE LA MEDICION: El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca BRUKER, MODELO S2-PICOFOX. Fuente de rayos x: tubo de Mo. Tiempo de medida: 2000 segundos.</p> <p>ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga) Concentración: g/l.</p>										
<p>2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA</p> <p>Se analizó 25 mg de la muestra de METACAOLÍN, la cual fue tamizada previamente a malla 200.</p>										
<p>3. METODO</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> • BASADO EN LA NORMA • VOLUMETRIA </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ¡ ASTM C25 ¡ USAQ-ME06 </td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> • BASADO EN LA NORMA • VOLUMETRIA 	<ul style="list-style-type: none"> ¡ ASTM C25 ¡ USAQ-ME06 						
<ul style="list-style-type: none"> • BASADO EN LA NORMA • VOLUMETRIA 	<ul style="list-style-type: none"> ¡ ASTM C25 ¡ USAQ-ME06 									
<p>JEFE DE LABORATORIO ANALISTA RESPONSABLE</p>		<p>ING. CARLOS VALQUI MENDOZA ING. CARLOS VALQUI MENDOZA</p> 								
<hr/> <p>AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA</p>										



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	57.50	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	2.54	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	23.50	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	0.77	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	1.02	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.33	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.68	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.21	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	0.08	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.05	
PÉRDIDA POR QUEMADO	12.31	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Calcio (Ca), Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).


Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI

Trujillo, 3 Enero del 2020

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

Escaneado con CamScanner



**“PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON
SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLÍN Y CENIZA VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE,
2019”**

**ANEXO 18: Reporte de medición y análisis de muestra por fluorescencia de rayos X –
Ceniza volante**



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 202(0611-001

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: LUIS ENRIQUE RODRIGUEZ SILVA.
DIRECCIÓN	: Urb. Nicolás Garatea Mz. 24 Lote 21 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADOS
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 02 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-01-03
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-01-03
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-01-03
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 210611-1

RESULTADOS

**“PROPIEDADES FÍSICAS – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR METACAOLIN Y CENIZA
VOLANTE, NUEVO CHIMBOTE, 2019”**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
METACAOLIN	4,43
CENIZA VOLANTE	12,44

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Diminencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, 03 de Enero 2020.
GVR/jms

LC-MP-HRSE
Rev. 05
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
Gustavo Vargas Ramos
BIOLÓGO MICROBIÓLOGO
C. R. P. 128
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com



ANEXO 19: Escala de valoración de dispersión

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control (Kg/cm²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coefficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0



PANEL FOTOGRAFICO



FOTOGRAFIA N°01



MUESTRA CENIZA VOLANTE DE LA PLANTA
TERMoeLECTRICA ILO21

FOTOGRAFIA N°02



CALCINACION DEL CAOLIN A 550° - 650°C



FOTOGRAFIA N°03



EXTRACCION DEL AGREGADO DE LA CANTERA “RUBEN”

FOTOGRAFIA N°04



REALIZACION DEL CUARTEO DEL AGREGADO FINO



FOTOGRAFIA N°05



REALIZACION DEL CUARTEO DEL AGREGADO GRUESO

FOTOGRAFIA N°06



VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO PARA EL ENSAYO DE
PESO UNITARIO



FOTOGRAFIA N°07



**CALCULANDO EL PESO SUELTO DEL
AGREGADO FINO**

FOTOGRAFIA N°08



**REALIZACION DEL TAMIZAJE DE LOS
AGREGADOS**



FOTOGRAFIA N°09 Y N°10



PESANDO LAS MUESTRAS RETENIDAS EN LAS MALLAS

FOTOGRAFIA N°11 Y N°12



REALIZACION DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL



FOTOGRAFIA N°13



REALIZACION DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL

FOTOGRAFIA N°14



ARMADO DEL ENCOFRADOS PARA LAS VIGAS



FOTOGRAFIA N°14 Y N°15



LIMPIEZA Y APLICACIÓN DE ADITIVO DESMOLDANTE EN EL ENCOFRADO DE

FOTOGRAFIA N°16 Y N°17



MUESTRA DEL METACAOLIN Y CENIZA VOLANTE PARA LA ELABORACION DEL



FOTOGRAFIA N°18



AGREGADOS LISTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

FOTOGRAFIA N°19



SATURACION DEL TROMPO ANTES DE AÑADIR LOS AGREGADOS



FOTOGRAFIA N°20 y N°21



AÑADIENDO LA CENIZA VOLANTE Y METACAOLIN AL TROMPO PARA LA ELABORACION DE LA MEZCLA DE

FOTOGRAFIA N°22 y N°23



REALIZANDO LA PRUEBA DEL SLUMP DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO PARA LAS PROBETAS



FOTOGRAFIA N°24



TOMA DE TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO PARA LAS PROBETAS

FOTOGRAFIA N°25 y N°26



VACIADO Y VARILLADO RESPECTIVO DE LAS PROBETAS

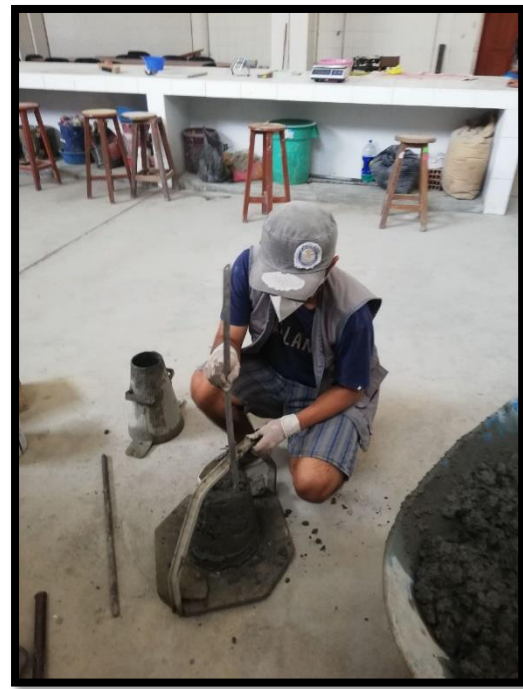
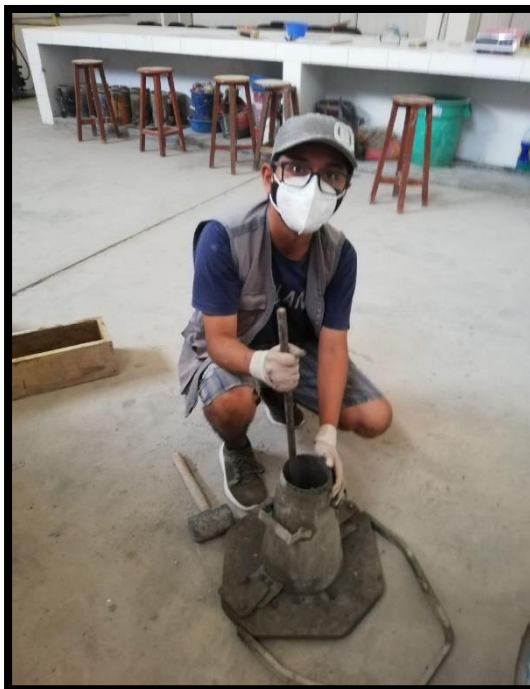


FOTOGRAFIA N°27



DESENCOFRADO DE LAS PROBETAS PARA SU POSTERIOR CURADO

FOTOGRAFIA N°28 y N°29



REALIZANDO LA PRUEBA DEL SLUMP DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO PARA LAS VIGAS



FOTOGRAFIA N°30



TOMA DE TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO PARA LAS VIGAS

FOTOGRAFIA N°31 Y N°32



VACIADO Y VARILLADO RESPECTIVO DE LAS VIGAS

FOTOGRAFIA N°33 Y N°34



DESENCOFRADO Y CURADOS DE LAS VIGAS

FOTOGRAFIA N°35



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PATRON A LOS 7 DIAS DE CURADO

FOTOGRAFIA N°36 Y N°37



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PATRON A LOS 14 Y 28 DIAS DE

FOTOGRAFIA N°38 Y N°39



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 5% DEL CEMENTO POR CV Y MK, A LOS 7,

FOTOGRAFIA N°40 Y N°41



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 10% DEL CEMENTO POR CV Y MK, A LOS 7, 14 Y 28 DIAS DE CURADO

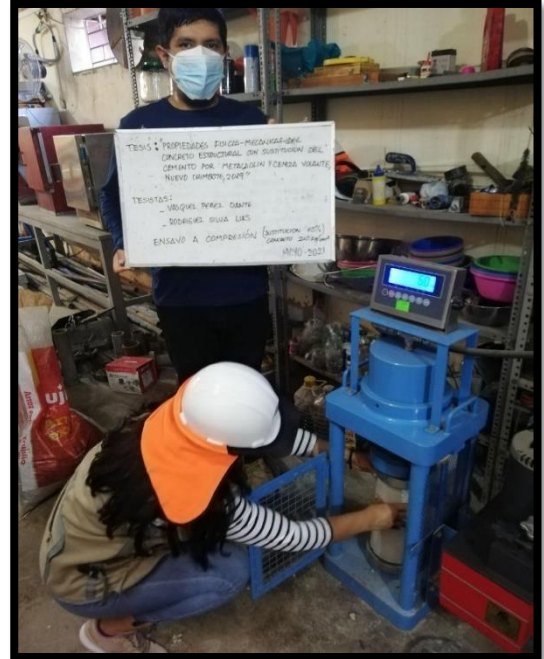
FOTOGRAFIA N°42 Y N°43



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR CV Y MK; A LOS 7, 14 Y 28 DIAS DE CURADO



FOTOGRAFIA N°44 Y N°45



ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 10% DEL CEMENTO POR CV Y MK, A LOS 28 DIAS DE CURADO, PARA LA DESVIACIÓN ESTANDAR

FOTOGRAFIA N°46



ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO PATRON A LOS 28 DIAS DE CURADO



FOTOGRAFIA N°47 Y N°48



ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 5% DEL CEMENTO POR CV Y MK A LOS 28 DIAS DE CURADO

FOTOGRAFIA N°49 Y N°50



ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 10% DEL CEMENTO POR CV Y MK A LOS 28 DIAS DE CURADO



FOTOGRAFIA N°51 Y N°52



ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR CV Y MK A LOS 28 DIAS DE CURADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%
INDICE DE SIMILITUD

26%
FUENTES DE INTERNET

2%
PUBLICACIONES

12%
TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.uns.edu.pe **6%**
Fuente de Internet

2 repositorio.uandina.edu.pe **3%**
Fuente de Internet

3 hdl.handle.net **2%**
Fuente de Internet

4 repositorio.ucv.edu.pe **2%**
Fuente de Internet

5 Submitted to Universidad Cesar Vallejo **1%**
Trabajo del estudiante

6 repositorio.uss.edu.pe **1%**
Fuente de Internet

7 alicia.concytec.gob.pe **1%**
Fuente de Internet

8 1library.co **1%**
Fuente de Internet

9 Submitted to Universidad Andina del Cusco **1%**
Trabajo del estudiante

10	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.mincetur.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
19	repository.ugc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Santo Tomas	

Trabajo del estudiante

<1 %

22

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

24

Submitted to Universidad de Huanuco

Trabajo del estudiante

<1 %

25

cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

www.na-seychely.cz

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota

Trabajo del estudiante

<1 %

29

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Fundación Universitaria del Area Andina

Trabajo del estudiante

<1 %

31

fr.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

32	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
33	congresoconpat.org Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Jose Carlos Mariategui Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
36	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
40	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

43	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Militar Nueva Granada Trabajo del estudiante	<1 %
45	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
49	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
50	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
51	savedwebhistory.org Fuente de Internet	<1 %
52	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to Corporación Universitaria Remington Trabajo del estudiante	<1 %

54	www.adaltis.net Fuente de Internet	<1 %
55	Portal.ct.gov Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
60	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	www.monografias.com Fuente de Internet	<1 %
65	"Estudios regionales: análisis y propuestas de desarrollo económico y social", Universidad	<1 %

66 I. García-Díaz, F. Puertas, M. F. Gazulla, M. P. Gómez, M. Palacios. "Efecto del ZnO, ZrO₂ y B₂O₃ en el proceso de clinkerización. Parte II. Metodología de separación de fases y distribución en las fases del clínker", *Materiales de Construcción*, 2009
Publicación <1 %

67 archive.org
Fuente de Internet <1 %

68 biblioteca.usbbog.edu.co:8080
Fuente de Internet <1 %

69 repositorio.unamad.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

70 repositorio.usmp.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

71 www.intosai.org
Fuente de Internet <1 %

72 www.mammaluisa.es
Fuente de Internet <1 %

73 www.tesintegra.net
Fuente de Internet <1 %

74 www.ventanalegal.com
Fuente de Internet <1 %

75	easychair.org Fuente de Internet	<1 %
76	moam.info Fuente de Internet	<1 %
77	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
78	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
79	repositorio.usanpedro.pe Fuente de Internet	<1 %
80	www.umng.edu.co Fuente de Internet	<1 %
81	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
82	sigaa.ufrn.br Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Apagado
Excluir bibliografía Apagado

Excluir coincidencias Apagado