

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA LOSAS DE CONCRETO DE $f'c=210$ kg/cm² UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA – TACNA.”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. YAPUCHURA PLATERO, RICHARD JORDY

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE CIVIL

Tesis

**“INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO
DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA
LOSAS DE CONCRETO DE F’C=210 KG/CM2 UTILIZANDO
AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA – TACNA.”**

Tesis sustentada y aprobada el 26 de junio de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

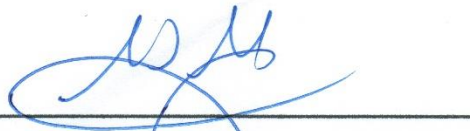
PRESIDENTE:


Mtro. Dina Marlene Cotrado Flores


SECRETARIO:


Mtro. Edgar Hipólito Chaparro Quispe

VOCAL:


Mtro. Wilber Percy Mendoza Ramírez

ASESOR:


Mtro. Cesar Julio Cruz Espinoza

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo RICHARD JORDY YAPUCHURA PLATERO en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 47720794. Declaro bajo juramento que:

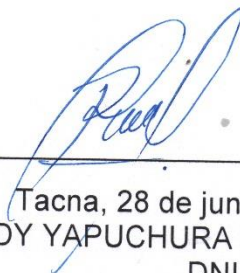
Soy autor de la tesis titulada: **“INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA LOSAS DE CONCRETO DE $f'c=210$ kg/cm² UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA – TACNA.”**, la misma que presento para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.

1. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada.

En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



Tacna, 28 de junio de 2019
RICHARD JORDY YAPUCHURA PLATERO
DNI 47720794

DEDICATORIA

A dios por darme la vida y bendecirme siempre, a mis padres que nunca dejaron de creer en mí, en lo bueno y malo de mi exaltada juventud.

A mis hijos, Sebastián y Tatiana por el impulso que me dan, a mi esposa por incentivar me todos los días a seguir adelante y lograr nuestros objetivos.

A todos mis amigos que me apoyaron durante los años de estudio y también me apoyaron a realizar la tesis, a la Universidad Privada de Tacna, a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Profesional de ingeniería civil, y a todos los miembros que lo conforman.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Tacna por brindarnos todas las facilidades necesarias para el uso de laboratorio y demás instalaciones para el desarrollo de la tesis.

A los catedráticos de la Universidad Privada de Tacna de la Escuela Profesional de Ingeniería civil, por sus enseñanzas y conocimientos brindados para lograr una buena formación profesional.

A mi asesor, al Ing. Julio Cesar Cruz Espinosa, por su orientación a encaminar esta investigación y por apoyarme durante el desarrollo de la tesis con sus conocimientos y aportaciones.

A mis amigos y compañeros de estudio, por el apoyo incondicional durante la realización de los ensayos para el presente proyecto de investigación

Gracias a Dios, a mis padres y familiares, a mis hijos y esposa porque ellos son el motivo y apoyo moral e incondicional para lograr cualquier meta.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO	1
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL:	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:.....	16
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5 HIPÓTESIS	17
1.5.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL:	17
1.5.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS:	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS	20
2.2.1. EL CONCRETO.....	20
2.2.2. CENIZA VOLANTE.....	22
2.2.3. LOS CEMENTOS	25
2.2.4. LOS AGREGADOS	25
2.2.5. EL AGUA	28
2.2.6. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES	29
2.2.7. DISEÑO DE MEZCLAS.....	29
2.2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.034)	34
2.2.9. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO	35

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	36
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	39
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:	39
3.1.1. EL TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.2. EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:	39
3.2. LA POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	39
3.2.1. LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	39
3.2.2. LA MUESTRA DE ESTUDIO:	39
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.4.1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS.....	41
3.4.2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS.....	42
3.4.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	43
3.4.4. EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	44
3.4.4. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	46
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	48
3.5.1. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	48
3.5.2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO	50
3.5.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	51
3.5.4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	51
3.5.5. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO	52
3.5.6. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO	54
3.5.7. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO.....	54
3.5.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	55
3.5.9. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – MUESTRA PATRON.....	56
3.5.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 2.5 % DE CENIZA VOLANTE..	60
3.5.11. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 5 % DE CENIZA VOLANTE.....	60
3.5.12. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 10 % DE CENIZA VOLANTE..	61
3.5.13. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 15 % DE CENIZA VOLANTE..	61
3.5.14. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (NTP 339.183)62	
MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) (NTP 339.035).....	62
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	65
4.1. RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS.....	65
4.1.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	65
4.1.2 RESULTADOS PARA EL DISEÑO COMPRESIÓN:	66
4.1.2.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS:..	66
4.1.2.2 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS:	
.....	67

4.1.2.3 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS:	68
4.1.2.4 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 90 DÍAS:	69
4.1.2.5 RESUMEN RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN.....	70
4.1.3 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN.....	71
4.1.3.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS	72
4.1.3.2 RESUMEN RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN	72
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Principales tipos de carbón</i>	24
Tabla 2: <i>Características de los tipos de carbón (análisis inmediato)</i>	24
Tabla 3: <i>Características de los tipos de carbón (análisis último)</i>	25
Tabla 4: <i>Análisis mineral de la ceniza</i>	25
Tabla 5: <i>Determinación de las características de la ceniza</i>	25
Tabla 6: <i>tipos de cemento</i>	26
Tabla 7: <i>Límites de granulometría para el agregado fino</i>	27
Tabla 8: <i>Clasificación de la arena por su módulo de finura</i>	27
Tabla 9: <i>Límites de granulometría para el agregado grueso</i>	28
Tabla 10: <i>Resistencia a la compresión promedio ACI</i>	31
Tabla 11: <i>Resistencia a la compresión promedio RNE</i>	31
Tabla 12: <i>Consistencia y asentamientos</i>	32
Tabla 13: <i>Requerimientos aprox. De agua de mezclado y de contenido de aire</i>	32
Tabla 14: <i>Relación agua/cemento de diseño</i>	33
Tabla 15: <i>Requisitos para condiciones especiales de exposición</i>	33
Tabla 16: <i>Módulo de fineza del agregado fino</i>	34
Tabla 17: <i>Operacionalización de variables</i>	41
Tabla 18: <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	49
Tabla 19: <i>Análisis granulométrico del agregado fino corregido</i>	50
Tabla 20: <i>Peso unitario suelto del agregado fino (PUS)</i>	51
Tabla 21: <i>peso unitario compactado del agregado fino (PUC)</i>	51

Tabla 22: <i>Peso específico del agregado fino</i>	52
Tabla 23: <i>Porcentaje de absorción del agregado fino</i>	52
Tabla 24: <i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	52
Tabla 25: <i>Granulometría del agregado grueso</i>	53
Tabla 26: <i>Análisis granulométrico del agregado grueso corregido</i>	54
Tabla 27: <i>Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)</i>	55
Tabla 28: <i>peso unitario compactado del agregado grueso (PUC)</i>	55
Tabla 29: <i>Peso específico del agregado grueso</i>	55
Tabla 30: <i>Porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	56
Tabla 31: <i>Contenido de humedad del agregado grueso</i>	56
Tabla 32: <i>Características de los materiales</i>	57
Tabla 33: <i>proporción en peso del diseño de mezclas para concreto 2019</i>	66
Tabla 34: <i>Resistencia a la compresión a los 7 días</i>	67
Tabla 35: <i>Resistencia a la compresión a los 14 días</i>	68
Tabla 36: <i>Resistencia a la compresión a los 28 días</i>	69
Tabla 37: <i>Resistencia a la compresión a los 90 días</i>	70
Tabla 38: <i>Resistencia promedio a la compresión a los 7, 14, 28 y 90 días</i>	71
Tabla 39: <i>resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo</i>	73
Tabla 40: <i>resumen de resultados para el diseño a flexión</i>	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: <i>componentes del concreto</i>	22
Figura 02: <i>Central termoeléctrica ilo 21, muelle de la planta, se aprecia la ceniza volante compactada almacenada</i>	24
Figura 03: <i>Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz</i>	36
Figura 04: <i>curva granulométrica del agregado fino</i>	50
Figura 05: <i>curva granulométrica del agregado grueso</i>	54
Figura 06: <i>resistencia del concreto según porcentaje de ceniza volante</i>	71
Figura 07: <i>resistencia al concreto según días transcurridos</i>	72
Figura 08: <i>módulo de rotura según porcentaje de ceniza volante</i>	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: <i>Hoja técnica CEMENTO PORTLAND 1P</i>	80
Anexo 02: <i>Acta de conformidad de entrega de muestras</i>	84
Anexo 03: <i>panel fotográfico</i>	85
Anexo 04: <i>Certificados de control de calidad del concreto</i>	108
Anexo 05: <i>matriz de consistencia</i>	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar la influencia de la ceniza volante en el incremento a la resistencia a compresión y flexión para lozas de concreto de $f_c=210$ kg/cm², utilizando agregados de la cantera Arunta, en la ciudad de Tacna.

A los agregados utilizados durante el desarrollo de la presente investigación (grueso y fino), se les realizó los respectivos ensayos indicados en la norma ASTM para averiguar sus propiedades físicas, mientras que las propiedades físicas del Cemento fueron proveídas por el fabricante. La dosificación de la ceniza volante que se utilizó fue en base a porcentajes propuestos.

La Central térmoelectrica Ilo 21 genera electricidad a base de quema de carbón y cuyo residuo es la ceniza volante, material contaminante del medio ambiente, el cual lo usamos como sustituto del cemento para la elaboración del concreto, en tal sentido el objetivo de la presente tesis fue obtener la dosificación de mezcla para concreto, adicionando ceniza volante en reemplazo del cemento de tal manera que no disminuya la resistencia a compresión y flexión y ayude a mitigar el impacto al medio ambiente. El material y método empleado es el concreto normal con adiciones de ceniza volante en reemplazo con el cemento en proporciones de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 7, 14, 28 y 90 días para la resistencia a compresión y en proporciones de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 28 días para la resistencia a flexión.

Los resultados indican que a los 28 días se tienen resistencias a compresión en promedio de 221.7kg/cm² para concreto sin reemplazo, para concreto con 2.5% de ceniza volante 236.4kg/cm², para el 5.0% de ceniza volante 249.2kg/cm², para el 10.0% de ceniza volante 229.8 kg/cm² y 201.4kg/cm² para el 15% de ceniza volante y con respecto a las resistencia a flexión a los 28 días se tiene un promedio de 34.47 kg/cm² para concreto sin reemplazo, para concreto con 2.5% de ceniza volante 35.89 kg/cm², para el 5.0% de ceniza volante 36.81 kg/cm², para el 10.0% de ceniza volante 32.02 kg/cm² y 27.63 kg/cm² para el 15% de ceniza volante. En conclusión, la ceniza volante se debe utilizar como sustituto del cemento en un rango menor al 10%, más allá de este valor disminuye la resistencia a compresión y flexión del concreto, por lo que puede resultar perjudicial a la hora de realizar los controles de calidad.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the influence of fly ash on the increase in compression and flexural strength in concrete slabs of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, using aggregates from the Arunta quarry, in the city of Tacna

To the aggregates used during the development of the present investigation (coarse and fine), they were made the respective tests indicated in the ASTM standard to find out their physical properties, while the physical properties of cement were provided by the manufacturer. The dosage of the fly ash that was used was based on proposed percentages.

The Ilo 21 thermal power plant generates coal-based electricity and the waste is fly ash, a material that pollutes the environment, which is used as an addition to cement for the manufacture of concrete from different civil works, in this sense the objective of This thesis was the dosage of concrete mixtures adding fly ash in such a way that does not decrease the resistance to compression and bending and help mitigate the impact to the environment. The material and method used is normal concrete with additions of fly ash in proportions of 2.5%, 5.0%, 10.0% and 15.0% for breaks at 7, 14, 28 and 90 days for resistance to compression and in proportions of 2.5 %, 5.0%, 10.0% and 15.0% for breaks at 28 days for flexural strength.

The results indicate that at 28 days there are compression resistances on average of 221.7 kg/cm^2 for concrete without replacement, for concrete with 2.5% of fly ash 236.4 kg/cm^2 , for 5.0% of fly ash 249.2 kg/cm^2 , for 10.0% of fly ash 229.8 kg/cm^2 and 201.4 kg/cm^2 for 15% of fly ash and with respect to flexural strength at 28 days, there is an average of 34.47 kg/cm^2 for concrete without replacement, for concrete with 2.5% fly ash 35.89 kg/cm^2 , for 5.0% flying ash 36.81 kg/cm^2 , for 10.0% flying ash 32.02 kg/cm^2 and 27.63 kg/cm^2 for 15% flying ash. In conclusion, fly ash should be used as a substitute for cement in a range of less than 10%, beyond this value it decreases the resistance to compression and bending of concrete, so it can be detrimental when performing the controls of quality.

Key words: flying ash, ash, improve the concrete, compression resistance, flexion resistance.

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más usados en la Región Tacna y el Perú para la construcción de todo tipo de obras civiles (construcción de edificios, canales, reservorios, represas, pavimentos, puentes, obras de arte, etc). Su dosificación requiere el uso de adiciones de distinta naturaleza, de manera que se tenga un concreto de mayor calidad, en este sentido surge la posibilidad de utilización de la ceniza volante por sus características como sustituto del cemento en la dosificación del concreto para darle mayor resistencia, durabilidad y trabajabilidad y no solo eso, sino que al ser un material contaminante del medio ambiente, su utilización en pequeñas cantidades en la dosificación del concreto resulta ser adecuada de tal manera reducir su impacto ambiental en zonas de exposición.

Las cenizas volantes se constituyen en un residuo ecológicamente problemático que deben eliminar las centrales termoeléctricas evitando que permanezcan en los depósitos donde son almacenados y ubicadas al aire libre. Esta práctica se convierte en un peligro ambiental, ya que su contacto con el agua, el suelo y el aire, genera graves problemas de contaminación. Siendo la contaminación ambiental, cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua, el suelo y otros factores ambientales que pueden afectar de manera adversa la salud, la supervivencia y las actividades de los seres vivos.

La ceniza volante a utilizar serán las de la central térmica Ilo 21 ubicado en Moquegua, es una central de generación eléctrica a carbón y está ubicada al sur de la ciudad de Ilo. Posee un generador accionado por una turbina a vapor con una potencia nominal de 135 MW. Entró en operación comercial en agosto 2000.

Se realizó el presente estudio experimental a la ceniza volante, para determinar la resistencia a compresión del concreto sustituyendo ceniza volante por el cemento mediante especímenes de concreto de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 7, 14, 28 y 90 días y para determinar la resistencia a flexión mediante especímenes de concreto de 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% para roturas a los 28 días.

El presente trabajo de investigación ha sido dividido en cinco capítulos:

El Capítulo I, corresponde al Planteamiento del problema, en el cual se desarrolló la descripción del problema, la formulación del problema, la justificación e importancia, el objetivo general, así como los objetivos específicos, la hipótesis general y las hipótesis específicas.

En el Capítulo II, se desarrolló el Marco Teórico, donde se describen los antecedentes de la investigación tanto internacionales como locales, las bases teóricas del concreto y sus componentes, el cemento, los agregados, el agua, los aditivos, el procedimiento para diseño de mezclas y sobre resistencia a la compresión de los especímenes de concreto.

El Capítulo III, describe el Marco Metodológico, en donde se muestra el tipo investigación, el diseño de la investigación, la población de estudio, la muestra de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos, y sobre el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio.

El Capítulo IV, corresponde a los Resultados de la investigación, donde se muestran los resultados de los distintos tratamientos realizados al concreto, mostrados en tablas y gráficos, con el respectivo análisis y comentario de dichos resultados.

El Capítulo V, corresponde a la Discusión, en donde se muestra comparación con los diferentes resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Por último, se muestran las conclusiones y las recomendaciones de presente trabajo, la bibliografía utilizada y los respectivos anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día en la industria de la construcción que involucren el uso de concreto adicionado o modificado en Perú y en la ciudad de Tacna, se encuentra en alza, construyendo edificaciones de más de 5 niveles, puentes, represas, etc. Es por esa razón la búsqueda de adiciones que se puedan agregar o sustituir al cemento portland IP, para conseguir mayores resistencias iniciales usando materiales que además de aumentar la resistencia a compresión y la resistencia a flexión del concreto, ayudan a menguar el impacto ambiental que ocasionan las industrias del mercado de quema de carbón.

En tal sentido se propone el uso de ceniza volante de la central termoeléctrica Ilo 21 de la empresa Engie, como reemplazo del cemento, la ceniza volante es producto de la quema de carbón, es un material altamente contaminante al medio ambiente y por ello proponer el uso de este producto genera un beneficio para la humanidad y además de acrecentar el comportamiento del concreto en su resistencia a compresión y resistencia a flexión, por lo cual se puede usar como sustituto del cemento en la formulación del diseño del concreto y uso en edificaciones de concreto.

En la actualidad se viene usando la ceniza volante como sustituto del cemento en países más avanzados, los efectos de la ceniza volante en el hormigón han sido estudiados en numerosas investigaciones, sea como reemplazo de parte del cemento portland, sea simplemente como adición en el concreto.

Menos frecuentes son los estudios realizados con cenizas volantes empleadas en la fabricación de cementos, comparándolos con cementos portland sin adición. Los resultados obtenidos en la generalidad de ellos, señalan ventajas y desventajas semejantes a las mostradas por cementos con adiciones de puzolanas naturales. La razón es comprensible, puesto que las puzolanas naturales y las cenizas volantes provienen de fenómenos relativamente comparables.

Por lo planteado se considera de interés establecer las reales condiciones y efectos del concreto con sustitución y procediendo a un estudio comparativo de los resultados de ensayos obtenidos con especímenes de concreto para resistencia a compresión y flexión usando las cenizas volantes de la termoeléctrica de Ilo 21 para adecuarlo a nuestra realidad y su uso posterior para aminorar costos, mitigar los impactos ambientales que generan las cenizas volantes y establecer una nueva forma de formulación de un diseño de mezclas usando la ceniza volante.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL:

¿Cuál es la influencia de la ceniza volante como reemplazo porcentual del cemento en el incremento de la resistencia a la compresión y flexión en losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ¿Cuáles son las características de los agregados que se utilizaran en el diseño de concreto con y sin ceniza volante en losas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Qué porcentaje de ceniza volante en reemplazo porcentual con el cemento mejora la resistencia a compresión y flexión en losas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Cuáles son los resultados de la resistencia a compresión con y sin ceniza volante en las losas concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Cuáles son los resultados de la resistencia a flexión con y sin ceniza volante en las losas concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se justifica en la medida en que garantiza obtener un correcto concreto con cemento portland IP, con la sustitución porcentual del cemento en la formulación del diseño de mezclas del concreto.

La importancia del presente trabajo radica en proponer una alternativa para disminuir los riesgos que trae la ceniza volante en el medio ambiente, dándole un uso en la industria de la construcción como reemplazo porcentual del cemento. Para ello se plantea el uso de ceniza volante como reemplazo porcentual del cemento, los cuales modificarían las propiedades del concreto obteniendo mejores resultados.

La ceniza volante que se usará como reemplazo porcentual del cemento es de la central térmica ilo 21. El uso de este reemplazo es completamente sostenible ya que esta central de quema de carbón produce ceniza volante en cantidades suficientes para abastecer el mercado de Tacna y del sur del Perú, además de adecuar a nuestra realidad un cemento ya usado en países más avanzados.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la ceniza volante como reemplazo porcentual del cemento en el incremento de la resistencia a la compresión y flexión para losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características de los agregados que se utilizaran en el diseño de concreto con y sin ceniza volante en losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar el porcentaje de ceniza volante en reemplazo con el cemento que mejora la resistencia a compresión y flexión en losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar la resistencia compresión con y sin ceniza volante en las losas concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar la resistencia a flexión con y sin ceniza volante en las losas concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL:

Con la incorporación en el diseño de ceniza volante en reemplazo porcentual del cemento se mejorará la resistencia a compresión y flexión para losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5.2. HIPÓTESIS SECUNDARIAS:

- Conociendo las características de los agregados se podrá definir el diseño del concreto con y sin ceniza volante en losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Variando el porcentaje de ceniza volante en reemplazo con el cemento se puede mejorar su resistencia a compresión y flexión en losas de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Conociendo los resultados del ensayo de rotura a compresión se obtendrá el mejor porcentaje de reemplazo de la ceniza volante con el cemento en la resistencia a compresión en las losas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Conociendo los resultados ensayo de módulo de rotura se obtendrá el mejor porcentaje de reemplazo de la ceniza volante con el cemento en la resistencia a flexión en las losas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El concreto es uno de los materiales más usados en la Región de Tacna y el Perú para la construcción de todo tipo de obras civiles. Su dosificación requiere el uso de adiciones de distinta naturaleza, de manera que se tenga un concreto de mayor calidad, en este sentido surge la posibilidad de utilización de la ceniza volante como sustituto al ser adicionado en la dosificación del concreto para darle mayor resistencia a compresión y flexión y no solo eso, sino que al ser un material contaminante del medio ambiente, su utilización en pequeñas cantidades en la dosificación del concreto resulta ser adecuada de tal manera reducir su impacto ambiental en zonas de exposición.

La ceniza volante, llamado solo ceniza por la empresa termoeléctrica Ilo 21, es el residuo de la combustión del carbón para generar electricidad, dicha empresa quema cuando está en operación alrededor de 1000tn/día para producir 135 MWh de energía y de acuerdo al tipo de carbón emite cenizas en porcentajes que van entre el 6% y 13% del total de quema de carbón del día, produciendo entre 60tn y 130tn por día de ceniza, que de no ser solicitadas para el mercado interno se procede a su almacenamiento compactado con agua de mar y mantenimiento diario de humedecerlo.

Siendo la contaminación del medio ambiente un cambio indeseable para la humanidad, puesto que, contaminan y modifican las características físicas, químicas o biológicas del aire, el agua, el suelo y otros factores ambientales que pueden afectar de manera adversa la salud, la supervivencia y las actividades de los seres vivos. Entonces existe una necesidad apremiante y continua de desarrollar nuevos métodos de reciclaje para la ceniza volante de carbón frente a sus peligros y sus aplicaciones actuales y potenciales incluido el uso en la mejora del suelo, industria de la construcción, industria cerámica, etc. (Yao, y otros, 2015).

La ceniza volante (ceniza) es un subproducto de la quema del carbón en plantas generadoras de electricidad y es el material cementante Unidos (Kosmatka suplementario más utilizado en los Estados, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004). Bajo el calor en la chimenea de quema, casi toda la materia volátil y el carbono del carbón se queman. Durante la quema de carbón, las impurezas minerales del carbón

(tales como arcilla, feldespato, cuarzo y esquisto) se funden en suspensión y se transportan hacia afuera de la cámara por los gases de escape.

Las cenizas volantes son el residuo finamente dividido resultante de la combustión del carbón, ya sea en trozos o en polvo, el cual es transportado desde su almacenamiento por los gases de combustión (Rivva L., 2008). Esta ceniza volante, obtenida de la quema del carbón utilizado como combustible en la generación de energía eléctrica, es considerada como un contaminante siendo beneficioso cuando es adicionada al concreto, en cantidades pequeñas, para mejorar su resistencia, ya que el aumento del contenido de cenizas del 15 al 35% no modifica significativamente el comportamiento mecánico del material (Molina B., Moragues T., & Gálvez R., 2008). La ceniza volante no es muy utilizada en nuestro país debido a la falta de difusión acerca de los beneficios que podría generar en el concreto, en países de mayor desarrollo tecnológico se viene usando como un subproducto para la elaboración de cementos y concretos adicionados.

La ceniza volante es uno de los tipos de adiciones activas empleadas en la fabricación de cementos y hormigones (Rodríguez S., 1988), conocida también como ceniza de combustible pulverizado, es la ceniza precipitada electrostáticamente de los humos escapados de las estaciones de fuerza motriz que funcionan a base de carbón, y es la puzolana artificial más común (Neville M., 1988), en sus componentes prevalecen elementos minerales. La adición de las cenizas al concreto reduce su costo, se utiliza menos cemento y se mejora algunas de sus propiedades como su trabajabilidad, durabilidad, densidad y sangrado, su impermeabilidad, su resistencia al ataque químico sobre todo de sulfatos y su resistencia a la compresión.

Las bajas relaciones agua/cemento, obtenidas como consecuencia de la adición de ceniza volante, permiten reducir la retracción por secado y la resistencia a la abrasión en concretos fluidos. Los resultados obtenidos consolidan los argumentos técnicos y ecológicos para seguir promoviendo el uso de concretos con ceniza volante (Valdez, Duran, Rivera, & Juárez, 2007). El empleo de cemento sulforresistente y adiciones mejora las características mecánicas y durables de los hormigones frente a sulfatos. Las adiciones de humo de sílice presentan una intensa actividad puzolánica a edades tempranas y una estructura porosa más compacta que no experimenta grandes modificaciones con el tiempo. Un comportamiento distinto tiene la ceniza volante y la escoria de alto horno, ya que muestran una evolución positiva de sus propiedades mecánicas y microestructurales a edades más largas, por tanto hormigones elaborados con cementos sulforresistentes y adiciones,

mejoran las características mecánicas y microestructurales de la matriz cementicia (Bernal Camacho, Mahmoud Abdelkader, Reyes Pozo, & Moragues Terrades, 2013).

Por otro lado, en un estudio realizado sobre la porosidad, se ha determinado que las cenizas volantes la reducen parcialmente en la pasta de cemento y las interfaces árido-pasta y armadura-pasta, lo cual contribuye a una mayor durabilidad y, en algunos casos, a una mayor resistencia a largas edades siempre y cuando el hormigón se haya curado en condiciones de humedad (Argiz, Menéndez, & Sanjuán, 2013). Así también estos concretos presentan condiciones durables adecuadas a los ciclos de hielo-deshielo (Menéndez, de Frutos, & Andrade, 2009), los cuales pueden resultar beneficiosas para regiones que se encuentran a gran altura respecto al nivel del mar.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL CONCRETO

Para Rivva López (2000) “El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado” (p.8).

El concreto es una mezcla de pasta de cemento (cemento + agua + vacíos), agregados y eventualmente otros productos (aditivos y/o adiciones). La pasta de cemento, el componente activo, envuelve los agregados (que se suponen inertes) y llena los espacios entre ellos. Ella actúa primero como un lubricante, y luego como un adhesivo. Las burbujas de aire pueden subsistir después de la colocación del concreto. Los agregados de uso más común son la arena y la grava, o rocas trituradas. (Salamanca Correa, 2001, p.34)

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (Pasquel Carbajal, 1998, p.11)

Componentes del Concreto

“En la elaboración del diseño del concreto moderno se define cuatro componentes: Cemento, agua, agregados, aditivos y el aire como elemento pasivo. La definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento

opcional y poco necesario, en la práctica moderna actual estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrados los beneficios de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra, colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento.” (Pasquel Carbajal, 1998, p.13)

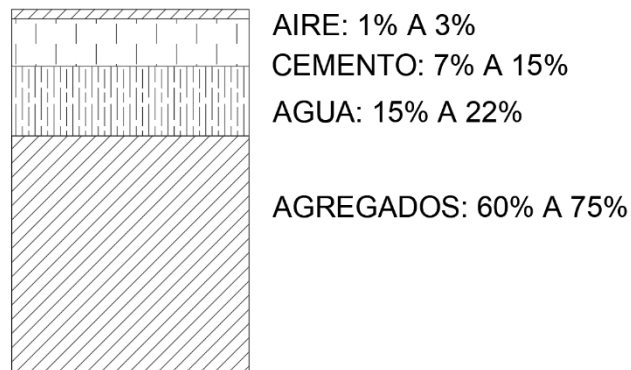


Figura 1: Componentes del concreto
Fuente: elaboración propia

Impermeabilidad

“La impermeabilidad es una propiedad del concreto que puede ajustarse, usualmente, disminuyendo la proporción de agua en el diseño. Mientras más se use el agua se deja más vacíos después de la evaporación, si están interconectadas, el agua podría atravesar el concreto. La adición de aire (pequeñas burbujas) así como un buen curado, podrían aumentar la impermeabilidad.” (Abanto Castillo, 2009, p.57)

Durabilidad

“El concreto debe resistir la intemperie, desgaste y acción de productos tóxicos, a los que estará sujeto en su vida útil. La mayoría de daños documentados sufridos por el concreto son a causa de congelación y descongelación. Podría mejorarse los daños aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire aplicando un revestimiento en la superficie o un agente inclusor de aire.” (Abanto Castillo, 2009, p.58)

Tipos de concreto

Según Abanto Castillo (2009), se clasifican en:

Concreto Simple. Es una mezcla de cemento Portland, agregado grueso, piedra (canto rodado o chancado) y agua.

Concreto Armado. Se le llama así al concreto simple con acero como refuerzo.

Concreto Estructural. Se le llama así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones.

2.2.2. CENIZA VOLANTE

Las ceniza volante o solo ceniza es un residuo de la quema de carbón de diferentes características en las centrales termoeléctricas. Los productos de esta combustión se subdividen en cenizas y otros productos químicos. Las características de estas cenizas varían según el tipo de carbón, el calor de combustión y el tipo de colectores empleados. También cuando estas cenizas sean de una misma producción, sus propiedades físicas y químicas presentan cierto rango de variación.

2.2.2.1 ENGIE

La central termoeléctrica de Ilo pertenece a la empresa ENGIE. ENGIE Energía Perú es una empresa extranjera dedicada a la generación y comercialización de energía eléctrica en nuestro país.

2.2.2.1.1 LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA ILO21

La Central Termoeléctrica Ilo21 es una planta de generación eléctrica a base de quema carbón y está ubicada al sur de la ciudad de Ilo en el distrito de Moquegua.



Figura 2: Central termoelectrica ilo 21, muelle de la planta, se aprecia la ceniza volante compactada almacenada.

Fuente: Vista satelital, Google Eart

Tabla 1.

Principales tipos de carbón.

	Carbón	Puerto de descarga	Cantidad de descarga (tn)
1	COBIS	ILO21	48,971
2	COCEE	ILO21	45,000
3	COCEE	ILO21	42,148
4	COCED	ILO21	47,331

Fuente: Central termoeléctrica ilo 21.

Tabla 2.

Características de los tipos de carbón (análisis inmediato).

Carbon	ANÁLISIS INMEDIATO					
	Base Seca					
	Poder Calorífico Bruto	Poder Calorífico Neto	Ceniza	Materia Volátil	Azufre	Carbón Fijo
	kcal/kg	kcal/kg	%	%	%	%
COBIS	6619	6366	6.72	44.87	1.11	48.41
COCEE	6772	6527	12.73	39.31	0.78	47.95
COCEE	6950	6709	12.07	37.19	0.70	50.74
COCED	7037	6789	11.04	37.53	0.67	51.43

Fuente: Central termoeléctrica ilo 21

Tabla 3.*Características de los tipos de carbón (análisis último).*

ANÁLISIS ULTIMO						
Base Seca						
Carbón	Carbono	Hidrógeno	Nitrogeno	Azufre	Ceniza	Oxígeno
	%	%	%	%	%	%
COBIS	68.36	4.92	1.55	1.11	6.72	17.34
COCEE	69.05	4.76	1.47	0.78	12.73	11.21
COCEE	70.20	4.69	1.45	0.70	12.07	10.89
COCED	72.53	4.82	1.48	0.67	11.04	9.46

*Fuente: Central termoeléctrica ilo 21.***Tabla 4.***Análisis mineral de la ceniza*

ANÁLISIS MINERAL DE LA CENIZA												
Base Seca												
CARBON	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	TiO2	SO3	P2O5	MnO2	No Determinado
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
COBIS	57.73	20.12	7.45	3.46	2.14	0.50	1.55	1.04	4.43	0.22	0.03	1.33
COCEE	57.52	20.37	7.15	3.56	2.16	0.52	1.58	1.06	4.25	0.21	0.04	1.58
COCEE	60.98	20.09	7.54	1.96	1.83	0.94	1.74	1.22	1.74	0.24	0.05	1.67
COCED	57.99	20.78	9.22	2.76	1.53	0.97	1.69	0.93	2.53	0.26	0.04	1.30

*Fuente: Central termoeléctrica ilo 21.***Tabla 5.***Determinación de las características de la ceniza*

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CENIZA					
Base Seca					
CARBON	Tipo	Base	Acid	Base/Acid ratio	Mercurio
		%	%	-	mg/kg
COBIS	Bituminoso	15.10	78.89	0.19	0.060
COCEE	Bituminoso	14.97	78.95	0.19	0.060
COCEE	Bituminoso	14.01	82.29	0.17	0.043
COCED	Bituminoso	16.17	79.70	0.20	0.060

Fuente: Central termoeléctrica ilo 21.

2.2.3. LOS CEMENTOS

Tabla 6.

Tipos de cementos

TIPOS DE CEMENTOS				
Cemento Portland	Tipos de Cemento Portland (NTP 334.009)	Tipos de Cemento Puzolánico (NTP 334.090)	Tipo de cemento Adicionado (NTP 334.090)	Tipo de Cemento Especificación De Su Performance (NTP 334.082)
El cemento Portland es tipo de cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, que al ser mezclado con agregados (áridos) agua y acero, se consiguen masas endurecidas duraderas y resistentes	Tipo I, Tipo II Tipo III Tipo IV Tipo V	“Cemento Tipo IP, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica entre 15 - 45 “Cemento Tipo IPM, es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica hasta un 15	“Cemento Tipo IS, adición de escorias de altos hornos “Cemento Tipo ISM, adición de escorias de altos hornos finamente molidas hasta un 15%.	“Tipo GU “Tipo HE Tipo MS Tipo HS Tipo MH Tipo LH

FUENTE: elaboración propia

2.2.4. LOS AGREGADOS

Rivera López (sf): “Los agregados son materiales inertes, granulares, naturales o artificiales de cantera, también llamados áridos, que mezclados con el cemento Portland y agua forman un todo compacto conocido como concreto (piedra artificial)” (p.41).

Clasificación

Según Abanto Castillo (2009) afirma que: Los agregados naturales se clasifican en:

- a) Agregados finos (arena fina, arena gruesa)

b) Agregados gruesos (grava, piedra)” (p.23).

Agregado fino:

El agregado fino es aquel material conglomerante que proviene de la desintegración de las rocas en partículas más pequeñas por acción de fenómenos de la naturaleza y de manera artificial en las canteras los cuales pasan el tamiz NTP 9.4mm (3/8”) y cumple con lo establecidos en normas internacionales o nacionales (ASTM C33 ,NTP 400.037).

Granulometría

“La granulometría será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.” (Rivva López, 2000, p.180).

Tabla 7.

Límites de granulometría para el agregado fino

Tamiz		% que pasa
3/8"	9.5 mm	100
Nro. 4	4.75 mm	95 a 100
Nro. 8	2.36 mm	80 a 100
Nro. 16	1.18 mm	50 a 85
Nro. 30	600 um	25 a 60
Nro. 50	300 um	10 a 30
Nro. 100	150 um	2 a 10

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

“El agregado fino deberá tener no más de 45% retenido entre 2 tamices consecutivos de los indicados en la tabla anterior.” (Salguero Girón, 2004, p.2).

Tabla 8.

Clasificación de la arena por su módulo de finura

Tipo	Módulo de finura
Gruesa	2.9 - 3.2 gramos
Media	2.2 - 2.9 gramos
Fina	1.5 - 2.2 gramos
Muy fina	1.5 gramos

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

Salguero Girón (2004), afirma que:

“El módulo de finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 y si varía más del 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones para concreto, deberá ser rechazado a menos que se verifiquen ajustes adecuados con el objeto de compensar la diferencia de graduación.” (p.3)

Agregado grueso:

Es el material conglomerante que proviene de la desintegración de las rocas en partículas más pequeñas por acción de fenómenos de la naturaleza y de manera artificial en las canteras los cuales pasan el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas nacionales NTP 400.037 o normas internacionales ASTM C 33. Estará conformado por partículas de canto rodado o redondeadas.

Granulometría

El agregado grueso estará dentro de los límites especificados en la Tabla 2, para mallas de la Serie Tyler.

Tabla 9.

Límites de granulometría para el agregado grueso

Tamaño Nominal	% que pasa por las siguientes mallas							No. 4	No. 8
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"			
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-	
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-	
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5	
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.1	0.5	
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0.15	0.5	
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0.1	

Fuente: Norma ASTM C-33 o NTP 400.037

Propiedades físicas

El agregado grueso y fino deben estar conformado de granos duros y compactos de forma adecuada y perfilada preferentemente, estos agregados por su naturaleza pueden contener partículas de limo, arcillas y otras materias orgánicas presentes en la zona de explotación.

Peso Unitario (ASTM C-29)

Resulta de dividir el peso del agregado entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al agregar los espacios entre partículas se influye en la forma de acomodo de los agregados. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. (p.47)

Peso específico

Según Salguero Girón (2004):

La densidad o masa de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico. (p.7)

Absorción y Contenido de humedad

El contenido de humedad de los agregados es importante determinarlos ya que al diseñar el concreto se deben tener en cuenta los aportes de humedad de estos para una correcta formulación del diseño de mezclas. Una variación de contenido de humedad del 1%, podría generar un cambio en la resistencia final del concreto.

“Es poco probable que los agregados lleguen a obra en forma ideal, pero podría llegarse a ella por una operación aritmética.” (Salguero Girón, 2004, p.6).

$$\text{humedad superficial} = \text{humedad total} - \text{factor de absorción}$$

“Para los agregados gruesos el porcentaje de absorción se puede hallar de acuerdo con la norma ASTM C -127 y para los agregados finos de acuerdo a la norma ASTM C -128” (Salguero Girón, 2004, p.6).

Módulo de finura

“Módulo de finura o de fineza es el índice del grosor de los agregados. Es la suma de acumulativa de porcentaje de agregados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, estos en porcentaje.” (Rivva López, 2000, p.167)

2.2.5. EL AGUA

El agua empleada para la elaboración y curado de los bloques de concreto y vigas de concreto será agua potable de la ciudad de Tacna, libre de sustancias perjudiciales.

2.2.6. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

El material cementante (cemento y ceniza volante) y los agregados deben almacenarse de manera que se prevenga su deterioro o la introducción de materias extrañas.

Los agregados se almacenarán de manera de proteger de golpes y roturas, se debe evitar la mezcla con agregados de características diferentes.

2.2.7. DISEÑO DE MEZCLAS

En el diseño de mezclas, se aplica conocimientos científicos adquiridos en el transcurso del tiempo, es la ciencia y uso de las teorías científicas sobre sus elementos y la relación entre ellos, para lograr un concreto ideal que cumpla eficientemente lo requerido en los proyectos y satisfaga con los estándares internacionales.

Es sabido el uso de tablas y métodos para el diseño de mezclas del concreto ya establecidas a nivel internacional y de acuerdo a las características de los materiales de cada ciudad, aun así, es necesario el debido conocimiento y destreza de quien elabora el diseño basado en su experiencia y su criterio particular a todos los factores intervinientes en el lugar de diseño.

Métodos de Diseño de Mezclas de Concreto

- I. Método del ACI (American Concrete Institute)
- II. Método de WALKER
- III. Método del módulo de fineza
- IV. Método del agregado global
- V. Método de fuller
- VI. Otros.

Datos y pasos necesarios para el diseño de mezclas

- a. "Análisis granulométrico de los agregados" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- b. "Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)" (Laura Huanca, 2006, p.4).

- c. "Peso específico de los agregados (fino y grueso)" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- d. "Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- e. "Perfil y textura de los agregados" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- f. "Tipo y marca del cemento" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- g. "Peso específico del cemento" (Laura Huanca, 2006, p.4).
- h. "Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados" (Laura Huanca, 2006, p.4).

"PASOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS" (Método del comité 211 del ACI)

- 1) Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada.

"Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 4, para la determinación de la resistencia promedio requerida" (Laura Huanca, 2006,p.6).

Tabla 10

Resistencia a la compresión promedio ACI

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Comité ACI 318

Tabla 11

Resistencia a la compresión promedio RNE

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: RNE Norma E-060 Concreto Armado

2) Se procede con la elección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

3) Selección del asentamiento.

“Si las especificaciones técnicas requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:” (Laura Huanca, 2006, p.6).

Tabla 12

Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado 2002

4) selección del volumen de agua de diseño. La tabla 6,

Tabla 13

Requerimientos aprox. De agua de mezclado y de contenido de aire

Asentamiento	Agua en lt/m ³ Para Los Tamaños Máximos Nominales de Agregado y Consistencia Indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% aire atrapado	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Concreto Con Aire Incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	--
% Aire Atrapado en función del grado de exposición								
Normal	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Extrema	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Re aprobado 2002

5) Elección del contenido de aire atrapado, utilizando la Tabla 7.

- 6) Selección de la relación agua – cemento (a/c) por resistencia o por durabilidad
 “Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo IP o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 8” (Laura Huanca, 2006, p.8).

Tabla 14*Relación agua/cemento de diseño*

F'cr (28 días)	Relación Agua-Cemento Diseño en Peso	
	Sin Aire Incorporado	Con Aire Incorporado
450	0,38	--
400	0,43	--
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Reaprobado 2002

Tabla 15*Requisitos para condiciones especiales de exposición.*

Condición de la exposición	Relación máxima a/c para concretos de peso normal	f'c mínimo para concretos de peso normal
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,50	280
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	310
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0,40	350

Fuente: RNE Norma E-060 Concreto Armado

7) Determinación del factor cemento (Fc)

“Estimadas la relación a/c (agua cemento), la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c” (Laura Huanca, 2006, p.11).

$$factor\ cemento = \frac{Volumen\ Unitario}{\frac{a}{c}}$$

8) Determinación del contenido de agregado grueso

Tabla 16

Módulo de fineza del agregado fino.

agregado grueso	Módulo de Fineza del Agregado Fino			
	2,4	2,6	2,8	3
3/8"	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,6
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,7
2"	0,75	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Comité ACI 211.1-91 Re aprobado 2002

9) “Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso” (Comité 211 del ACI).

10) “Determinación del volumen absoluto de agregado fino y determinación del peso seco del agregado fino” (Comité 211 del ACI).

11) “Calcular los estándares de diseño de los componentes del concreto” (Comité 211 del ACI).

12) “Corrección por humedad y absorción del agregado fino y grueso” (Comité 211 del ACI).

13) “Determinación de las proporciones en peso” (Comité 211 del ACI).

2.2.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (NTP 339.034)

“La resistencia a la compresión es la máxima resistencia que soporta el espécimen de concreto o de mortero sometido a carga. Se expresa unidades nacionales e internacionales en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a edades de 7, 14 y 28 días; se representa con el símbolo f'_c .” (Castellon Corrales & De la Osa Arias, 2013, p.78)

“Para realizar el ensayo se empleará probetas cilíndricas standard de 15cm de diámetro x 30cm de alto, una barra compactadora, recta de acero lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60cm. de longitud y terminada en punta roma” (Ruiz Panduro, 2008, p.68).

Para realizar el ensayo de resistencia a flexión se emplearan vigas de concreto rectangulares de 15cm x 15cm x 50 cm, una barra compactadora, recta de acero lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60cm. de longitud y terminada en punta roma”

“Este ensayo es muy importante por lo que nos da más o menos una idea de la calidad de concreto que se está preparando, aunque se sabe que no es la única propiedad importante, porque existen otras que son igual o más importante que ésta.” (Ruiz Panduro, 2008, p.68)

Según Ruiz Panduro (2008), el cálculo de la resistencia será:

$$f' = \frac{P}{A}$$

Donde:

“ f' : Resistencia a la compresión del concreto en Kg/cm²” (p.68).

“ P ”: Carga máxima en Kg” (p.68).

“ A ”: Área de la probeta normal a la carga en cm²” (p.68).

Si la relación entre la altura/diámetro (L/D) de la probeta cilíndrica es menor de 1.75 usar la tabla que sigue

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

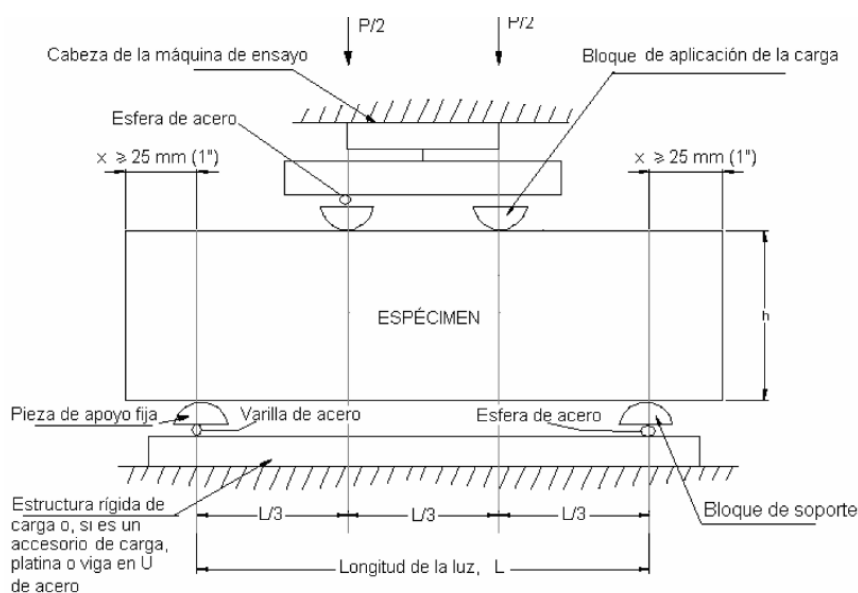
2.2.9. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ

Este método tiene como objetivo establecer el procedimiento para la determinación del módulo en MPa (lb/pulg²) de rotura de una viga de concreto con aplicación de fuerza a los tercios de luz de él espécimen.

Este ensayo es utilizado para determinar el módulo de rotura para su utilización en losas de concreto y pavimentos.

Del equipo: la máquina de ensayo debe cumplir con lo establecido en la norma NTP 339.078 y ASTM C78 (resistencia a flexión de vigas de concreto – carga a los tercios) y las normas de elaboración y curado de especímenes.



Nota: Este equipo se puede usar invertido, si la máquina de ensayo aplica la fuerza a través de una cabeza asentada en una rótula, el pivote central se puede omitir.

Figura 3. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.

Fuente: ASTM C 78-02

Del espécimen: las vigas de concreto deben cumplir con lo requerido en los ensayos ASTM C 42, ASTM C 31, los especímenes deben ser rectos y sin irregularidades, liso, libre de concavidades agujeros o marcas.

Se fabricó y usó moldes de triplay de 15mm de espesor para la creación de vigas de concreto de dimensiones interiores de 15cm*15cm* 50cm el presente ensayo.

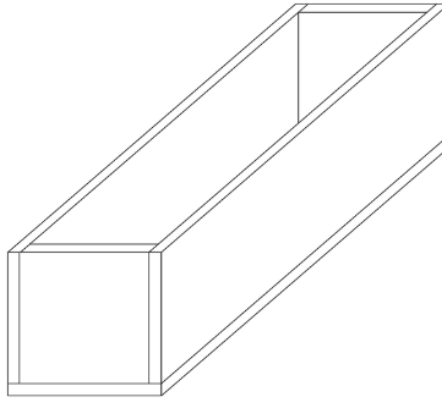


Figura 4. Molde de triplay para los especímenes de concreto de medidas interiores 15cm*15cm*50cm.

Fuente: elaboración propia.

El módulo de rotura (r) de incremento de la carga se calcula usando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{S b d^2}{L}$$

donde:

r = Modulo de rotura, MN/min (lb/min),

S = incremento de la tensión en la fibra extrema, MPa/min (psi/min),

b = ancho promedio de la muestra, mm (pulg),

d = altura promedio de la muestra, mm (pulg),

L = longitud de la luz de la muestra, mm (pulg),

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- ceniza volante: las cenizas volantes son los residuos que se obtienen por precipitación electrostática o por la captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados.

- Resistencia a la compresión: esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse.
- Resistencia a la flexión: esfuerzo máximo o módulo de rotura desarrollado por una viga justo antes de que se agriete o se rompa en un ensayo de flexión.
- Módulo de rotura: el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo.
- Incorporar: unir una cosa con otra de manera q formen un todo homogéneo.
- Reemplazo: sustitución de una cosa por otra.
- Porcentaje: numero o cantidad que se representa la proporcionalidad de una parte a un total que se considera dividido en cien unidades.
- Cemento: Material compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua y aridos, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón y en argamasas.
- Concreto: es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al unirse y producirme las reacciones quimicas constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes.
- Puzolana: Roca volcánica muy fragmentada y de composición basáltica; se utiliza como aislante en la construcción y para la fabricación de cemento hidráulico.
- Agregado fino: se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- Agregado grueso: es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- Agua de mezclado: El agua empleada para la elaboración y curado de los bloques de concreto y vigas de concreto será agua potable de la ciudad de Tacna, libre de sustancias perjudiciales.
- Agua de curado: agua de la red pública, almacenada y libre de contaminantes para en curado del concreto y armaduras.
- Cantera: Es el punto de explotación de agregados, de forma natural o artificial en medidas de acuerdo a lo solicitado.
- Cemento Portland: Cemento hidráulico producido con Clinker Portland y yeso natural. Se comercializa en cinco tipos diferentes.

- **Diseño de Mezcla:** es el proceso de selección de los insumos adecuados para la elaboración del concreto, con la finalidad de obtener un producto que tenga trabajabilidad y consistencia y sean adecuados para generar una pasta ideal de acuerdo a las especificaciones solicitados en obra.
- **Dosificación del concreto:** es el proceso final de un diseño de mezcla, en el cual se determina las proporciones de cemento, agua, agregados y aditivos para introducirlos a él mezclador.
- **Especímenes de concreto:** Son las probetas y vigas de concreto elaboradas con el fin de Investigación.
- **Investigación experimental:** Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada.
- **Resistencia a la compresión:** es la carga máxima que resiste un material antes de romperse, se expresa en kg/cm^2 .
- **Segregación:** Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), cuyo resultado es una mezcla sin uniformidad.
- **Tamaño máximo nominal:** Corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido.
- **Tiempo de Fragua:** Tiempo para el cual el concreto fresco o recién preparado de acuerdo a la dosificación especificada va adquiriendo una consistencia dura hasta que finalmente endurece creándose así un elemento resistente, dúctil y rígido.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

3.1.1. EL TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación corresponderá al tipo explicativo, ya que utiliza la recopilación de datos (reemplazo de ceniza volante y la resistencia a la compresión y la resistencia a flexión del concreto a distintas edades), para explicar el comportamiento de una variable dependiente en función de variables independientes y para demostrar la hipótesis, en función a mediciones numéricas.

3.1.2. EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

Se utilizará el diseño de laboratorio, porque se utilizarán, cinco tratamientos y un testigo con tres repeticiones, en total 60 unidades experimentales para los ensayos a compresión y 10 unidades experimentales para ensayos a flexión.

3.2. LA POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1. LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de para este estudio serán bloques cilíndricos de concreto para roturas a compresión y vigas de concreto (vigas de concreto de 15cm x 15cm x 60cm) para roturas a flexión.

3.2.2. LA MUESTRA DE ESTUDIO:

El tratamiento que se utilizará en la investigación será el reemplazo del concreto con ceniza volante en 0%, 2.5%, 5%, 10% y 15% con respecto a su peso. los porcentajes son propuestos por el investigador, de estos se harán 60 unidades de bloques de concreto para roturas a compresión y 10 vigas de concreto para roturas a flexión.

La muestra de estudio está conformada por 5 tipos de tratamiento del concreto como son: concreto muestra patrón 0%, concreto con 2.5% de reemplazo de cemento, concreto con 5% de reemplazo de cemento, concreto con 10% de reemplazo de cemento, concreto con 15% de reemplazo de cemento, en probetas para compresión se realizaron para roturas a los 7, 14, 28 y 90 días, y para las vigas de concreto se realizaron para roturas a los 28 días.

Las muestras serán ensayadas con la ayuda de una presa hidráulica para determinar su resistencia a los 7, 14, 28 y 90 días de haber realizado las probetas y las vigas de concreto serán ensayadas a los 28 días de curado con un equipo de rotura a flexión.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 17

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSION	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Ceniza volante VARIABLE DEPENDIENTE: <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión • Resistencia a la flexión. 	Ceniza volante: Las ceniza volante o solo ceniza es un residuo de la quema de carbón de diferentes características en las centrales termoeléctricas Resistencia a la compresión: Capacidad máxima de carga que resiste un material antes de llegar a su límite de ruptura, se expresa en kg/cm ² . Resistencia a la flexión: el módulo de rotura en la flexión es el esfuerzo máximo en la fibra cuando se produce el fallo	Diseño de elementos de concreto - probetas cilíndricas - vigas de concreto	Ceniza Volante: en porcentajes 0%, 2.5%, 5%, 10%, 15%. Resistencia a la compresión: Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$. Resistencia a la flexión: Resistencia a la flexión del concreto en un rango de 10%-20% de f'_c .

FUENTE: elaboración propia

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se procedió de acuerdo a lo siguiente:

1. Revisión bibliográfica: Primeramente, se hizo una revisión bibliográfica de todo lo relacionado a la investigación a realizar, buscando libros, tesis, estudios realizados.

2. Se procedió con el estudio de campo.
3. Se hizo una visita de campo a la empresa que me brindaría las muestras de ceniza volante.
4. Se recolectaron agregados de la cantera Arunta.
5. Una vez obtenidos los agregados y la ceniza volante se procedieron a realizar los estudios de laboratorio en el laboratorio de suelos y cimentaciones de la universidad privada de Tacna.
6. Se obtuvieron los resultados de los ensayos de laboratorio para la formulación del diseño de mezclas con el método del ACI.
7. Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar las probetas cilíndricas y las vigas de concreto para los respectivos ensayos.
8. De acuerdo paso el tiempo se procedió a las roturas de probetas cilíndricas a los 7,14 y 28 días de curado del concreto, anotando todos los datos en nuestras hojas de campo.
9. A los 28 días de curado de las vigas de concreto se procedió a sus roturas a flexión en el laboratorio de suelos y rocas de la Universidad Nacional Jorge Basadre de Grohmann.
10. A los 90 días de curado se procedió a la rotura de las probetas cilíndricas restantes.
11. Se hizo las consultas a los especialistas, jefe de laboratorio, asesores para continuar con la tesis.
12. Se comenzó con el trabajo de escritorio, organizando la información, realizando cuadros comparativos y cuadros de los resultados obtenidos para concluir con la tesis.

Los pasos anteriores se detallan a continuación más detalladamente, de acuerdo a los resultados obtenidos en los laboratorios.

3.4.1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS.

El muestreo de los agregados es muy importante, porque permite obtener las muestras de los agregados a las cuales se les harán los ensayos respectivos para conocer sus propiedades físico mecánicas. Para la conformación de las muestras de ensayo, existen varios procedimientos para reducir las muestras al tamaño de prueba, el método más utilizado es el cuarteo manual.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Pala
- Lonas
- Balanza
- Charolas
- Brochas
- Agregado fino
- Agregado grueso

PROCEDIMIENTO

- Se eligió una zona limpia del laboratorio donde se vació el agregado fino y grueso.
- Con la ayuda de una pala se mezcló el agregado, procediendo a hacerse un montículo y se aplano en forma uniforme.
- Se dividió el agregado en cuatro partes idénticas.
- Se tomó 2 muestras diametralmente contrarias y se separó del resto del material para después volver a repetir el procedimiento con ellas.
- El material eliminado se depositó en sus lonas correspondientes y el material elegido en las charolas.

3.4.2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza
- tamices ASTM conformado por:
Tamices para el agregado Fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.
Tamices para el agregado grueso 2, 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, N°4, N°8
- Horno
- Taras
- Recipientes
- Cuchara

PROCEDIMIENTO

- Se colocó el agregado en el horno (a 110°C) para obtener un peso uniforme

- Se ordenaron las mallas y se colocó el agregado en la primera malla, ordenandos desde el N°4 al N°100.
- Continuamos con el movimiento oscilante para el tamizado de forma manual.
- Finalmente con los agregados en las mallas se procedió a pesar y anotar para los cálculos correspondientes.
- Luego se determinó el módulo de finura.

FÓRMULAS

1. Módulo de finura del agregado fino

$$MF = \frac{\sum \% \text{Ret. Acum} (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

3.4.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

Se debe mezclar y secar a temperatura ambiente las muestras para la determinación del peso unitario.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza
- Horno
- Recogedor plano
- Varilla compactadora de acero liso recto de 5/8"
- Recipientes cilíndricos
- Vidrio de 1"

PROCEDIMIENTO

Volumen del Recipiente (V)

Determinamos el volumen de nuestro recipiente.

- Se llenó el recipiente cilíndrico con agua y se cubrió con el vidrio para eliminar las burbujas y el exceso de agua, y se procedió a pesarlo.
- Se determinó la masa del agua requerida.
- Se calculó el volumen (V) del recipiente dividiendo la masa del agua requerido entre su densidad (1000 kg/m³).

Peso unitario suelto (PUS)

- Llenamos en recipiente hasta lograr que rebose, dejamos caer el agregado desde una altura de 5cm.
- Se eliminó con una espátula los excedentes para eliminar vacíos.
- Se halló la masa del recipiente con y sin contenido con precisión de 5gr.

Peso Unitario Compactado (PUC)

- Se llenó el molde cilíndrico hasta la tercera parte.
- Se procedió con el apisonado de la muestra con la barra compactadora de 5/8" con 25 golpes por toda la superficie, se llenó hasta las 2/3 partes del recipiente y se niveló y apisonó con 25 golpes de la misma manera que el anterior. Luego se llenó completamente el recipiente hasta rebosar y se culminó con dar 25 golpes más con la barra.
- Se enrasó el recipiente utilizando la barra compactadora como regla.
- Se halló la masa del recipiente con contenido y sin contenido.

FÓRMULAS

$$P.U. = \frac{W_s}{V}$$

W_s = Peso del agregado (kg)

V = volumen del molde cilíndrico (m³)

3.4.4. EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 Y ASTM C-127.

MATERIALES

- Horno
- Una balanza
- Brocha
- Espátula
- Material saturado

PROCEDIMIENTO

- Seleccionamos una muestra del agregado grueso al azar.
- Se lavó para eliminar el polvo y coloco en una batea con agua 24 horas para saturarlo.
- Se pesó la muestra saturada y se anota.
- Se procedió a secar las muestras con un paño absorbente haciéndolas rodar sobre la superficie de secado
- Se pesó la muestra saturada parcialmente seca.
- Se colocaron las muestras en horno a temperatura de 110°C, para luego obtener su peso.

FÓRMULAS

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B-C}$$

$$\text{Peso específico saturado superficialmente seco} = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{Peso específico Aparente} = \frac{A}{A-C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B-C}{A} * 100$$

DONDE:

A: Peso de la muestra seca al horno.

B: preso en el aire de la muestra saturada seca.

C: peso en el agua de la muestra saturada.

EL AGREGADO FINO

MATERIALES

- Bandeja metálica
- Balanza
- Fiola
- Horno
- Molde metálico en forma de cono truncado
- Apisonador metálico

PROCEDIMIENTO:

- Se cuarteo y selecciono 1 000g de agregado fino, se colocó al horno 110°C.

- Retiramos la muestra introducimos en agua y se dejó en reposo por 24 horas.
- Tendimos la muestra en una superficie plana, seca y limpia para garantizar un secado uniforme.
- colocamos el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando su superficie 25 veces con la varilla.
- Se levantó el molde para liberar la arena, hasta que se derrumbe, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado de superficie seca.
- Se introdujo la mitad del agregado fino en una fiola y se llenó con agua hasta alcanzar la marca de 500ml según las indicaciones del técnico.
- Se eliminaron las burbujas de aire y se procedió a el pesado de la fiola.
- Sacamos el agregado de la fiola para luego dejarlo secar en el horno y pesarlo.
- Se llenó la fiola con agua hasta la marca de 500ml y se pesó para determinar el peso.

FÓRMULAS:

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{w_o}{V-V_o}$$

$$\text{Peso específico Saturado Superficialmente Seco} = \frac{500}{V-V_o}$$

$$\text{Peso específico Aparente} = \frac{w_o}{(V-V_o)-(500-w_o)}$$

$$\text{Absorción} = \frac{500-w_o}{w_o} * 100$$

DONDE

w_o = Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

V = Volumen del frasco (cm³)

V_o = peso(gr) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco.

3.4.4. CONTENIDO DE HUMEDAD

MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza
- Horno

PROCEDIMIENTO

- Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso.
- Se llevó el recipiente con la muestra húmeda al horno, para secarla durante 24 horas.
- Finalmente se pesaron las muestras extraídas del horno y obtenemos el contenido de humedad.

FÓRMULA

$$W\% = \frac{W_W}{W_S} * 100$$

DONDE:

W_W = *Peso de la muestra húmeda*

W_S = *peso de la muestra seca*

$W\%$ = *porcentaje de humedad*

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Análisis granulométrico por tamizado ASTM C-33 de la cantera arunta

Tabla 18:

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz ASTM	Abertura mm	peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	ASTM
3/8"	9.525	0.000	0.000	0.000	100.000	100 100
N° 4	4.760	19.100	3.739	3.739	96.261	95 100
N° 8	2.380	80.200	15.698	19.436	80.564	80 100
N° 16	1.190	68.800	13.466	32.903	67.097	50 85
N° 30	0.590	85.200	16.676	49.579	50.421	25 60
N° 50	0.300	118.900	23.273	72.852	27.148	20 30
N° 100	0.149	90.300	17.675	90.527	9.473	2 10
		48.400	9.473	100.000	0.000	-
total		510.9	W. Muestra Natural (gr)			518.2
% error		1.41	=			
			modulo de fineza=			2.69

Fuente: elaboración propia

Masa inicial: 518.2

Masa final: 510.9

Se obtuvo un error de 7.30 gramos lo que corresponde a un 1.41 %

$$Error = \frac{518.2 - 510.9}{518.2} * 100 = 1.41\%$$

Resultados:

En la granulometría del agregado fino se obtuvo errores por lo que se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$Correccion = \frac{error\ en\ gramos}{\# de\ tamices\ donde\ se\ retuvo\ la\ masa}$$

$$Correccion = \frac{7.30}{6} = 1.216gr.$$

Tabla 19:

Análisis granulométrico del agregado fino corregido

Tamiz ASTM	Abertura mm	peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	ASTM	ASTM
3/8"	9.525	0.000	0.000	0.000	100.000	100	100
N° 4	4.760	20.316	3.977	3.977	96.023	95	100
N° 8	2.380	81.416	15.936	19.912	80.088	80	100
N° 16	1.190	70.016	13.704	33.617	66.383	50	85
N° 30	0.590	86.416	16.914	50.531	49.469	25	60
N° 50	0.300	120.116	23.511	74.042	25.958	20	30
N° 100	0.149	91.516	17.913	91.955	8.045	2	10
		48.400	9.473	101.428	-1.428	-	-
total		518.20	W. Muestra Natural (gr)		=	518.2	
% error		0.00	módulo de fineza=			2.74	

Fuente: elaboración propia

En la tabla 19 se observa el análisis granulométrico del agregado fino corregido (agregado grueso) de la cantera Arunta, las aberturas de los tamices, los porcentajes retenidos y acumulados y los límites según norma ASTM C-33.

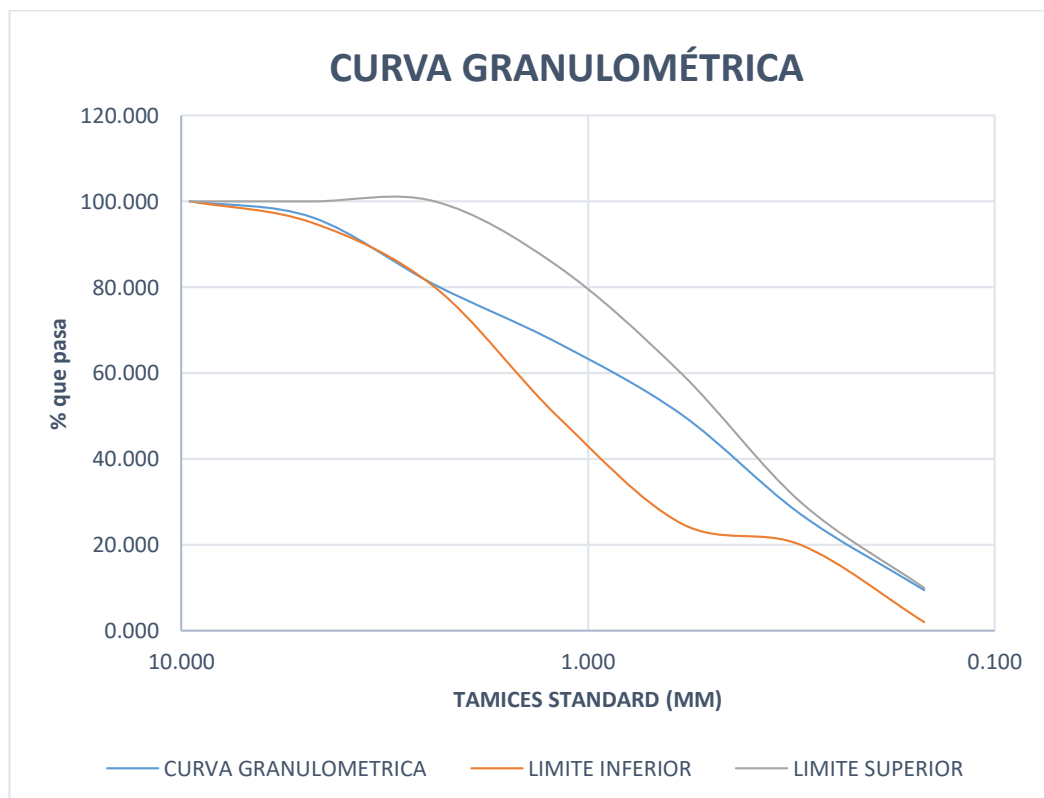


FIGURA 4: *Curva Granulométrica del agregado fino.*

FUENTE: *elaboración propia*

En la figura 4. Se observa que la curva granulométrica del agregado fino (agregado grueso) se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-33.

3.5.2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tabla 20:

Peso unitario suelto del agregado fino (PUS)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555.94	9555.94	9555.94
peso del molde	gr.	4479.00	4479.00	4479.00
peso del molde + muestra	gr.	18950.00	18750.00	18990.00
peso de la muestra	gr.	14471.00	14271.00	14511.00
peso unitario	gr/cc	1.514	1.493	1.519
peso unitario (promedio)	gr/cc		1.509	

Fuente: elaboración propia

Tabla 21:

peso unitario compactado del agregado fino (PUC)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555.94	9555.94	9555.94
peso del molde	gr.	4479.00	4479.00	4479.00
peso del molde + muestra	gr.	22125.00	22140.00	22128.00
peso de la muestra	gr.	17646.00	17661.00	17649.00
peso unitario	gr/cc	1.847	1.848	1.847
peso unitario (promedio)	gr/cc		1.847	

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tabla 22:

Peso específico del agregado fino.

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la tara	gr.	31.2	36.2	34.9
peso de la tara + muestra SSS	gr.	410	412.6	425.8
peso de la muestra seca	gr.	381.2	385.9	382.1
peso de la muestra + fiola + agua	gr.	925.2	912.2	948.2
peso de la fiola + agua	gr.	680	675.2	668.1
peso de la muestra SSS	gr.	378.8	376.4	390.9
peso específico aparente (seco)	gr/cc	2.59	2.96	2.63
peso específico aparente (SSS)	gr/cc	2.62	2.98	2.66
peso específico nominal	gr/cc	2.66	3.03	2.7
peso específico aparente (seco)(prom.)	gr/cc		2.73	
peso específico aparente (SSS)(prom.)	gr/cc		2.75	
peso específico nominal (promedio)	gr/cc		2.8	

Fuente: elaboración propia

Tabla 23:

Porcentaje de absorción del agregado fino

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la tara + muestra seca SSS	gr	512.2	510.2	530.5
peso muestra seca	gr	508.1	507.1	527
absorción	%	0.81	0.61	0.66
absorción (promedio)	%		0.69	

Fuente: elaboración propia

3.5.4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Tabla 24:

Contenido de humedad del agregado fino

MUESTRA N°	UND.	1	2
Peso de la tara	gr	75.1	89.5
peso de la tara + muestra húmeda	gr.	315.2	210.4
peso de la tara + muestra seca	gr.	309.7	207.1
peso de la muestra húmeda	gr.	240.1	120.9
peso de la muestra seca	gr.	234.6	117.6
peso del agua	gr.	5.5	3.3
contenido de humedad parcial	%	2.34	2.81
contenido e humedad total	%	2.58	

Fuente: elaboración propia

3.5.5. LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 25:

Granulometría del agregado grueso

Tamiz ASTM	Abertura mm	peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	ASTM
2"	50.8					
1 1/2"	38.1	0	0.000	0.000	100.000	100 100
1"	25.4	1.58	0.076	0.076	99.924	95 100
3/4"	19.05	485.25	23.420	23.496	76.504	
1/2"	12.7	965.2	46.585	70.081	29.919	25 60
3/8"	9.525	402.1	19.407	89.488	10.512	
N° 4	4.76	148.6	7.172	96.660	3.340	0 10
N° 8	2.36	69.2	3.340	100.000	0.000	0 5
N° 16	1.19					
N° 20	0.84					
N° 40	0.42					
N° 50	0.297					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					
total		2071.93		W. Muestra Natural (gr)		
% error		0.64		=		2085.2

Fuente: elaboración propia

Masa inicial: 2085.2

Masa final: 2071.93

Obtuvimos un error de 13.27 gramos lo que corresponde a un 1.41 %

$$Error = \frac{2085.2 - 2071.93}{2085.2} * 100 = 0.64\%$$

Resultados:

En la granulometría del agregado grueso se obtuvo errores por lo que se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$Correccion = \frac{error\ en\ gramos}{\#\ de\ tamices\ donde\ se\ retuvo\ la\ masa}$$

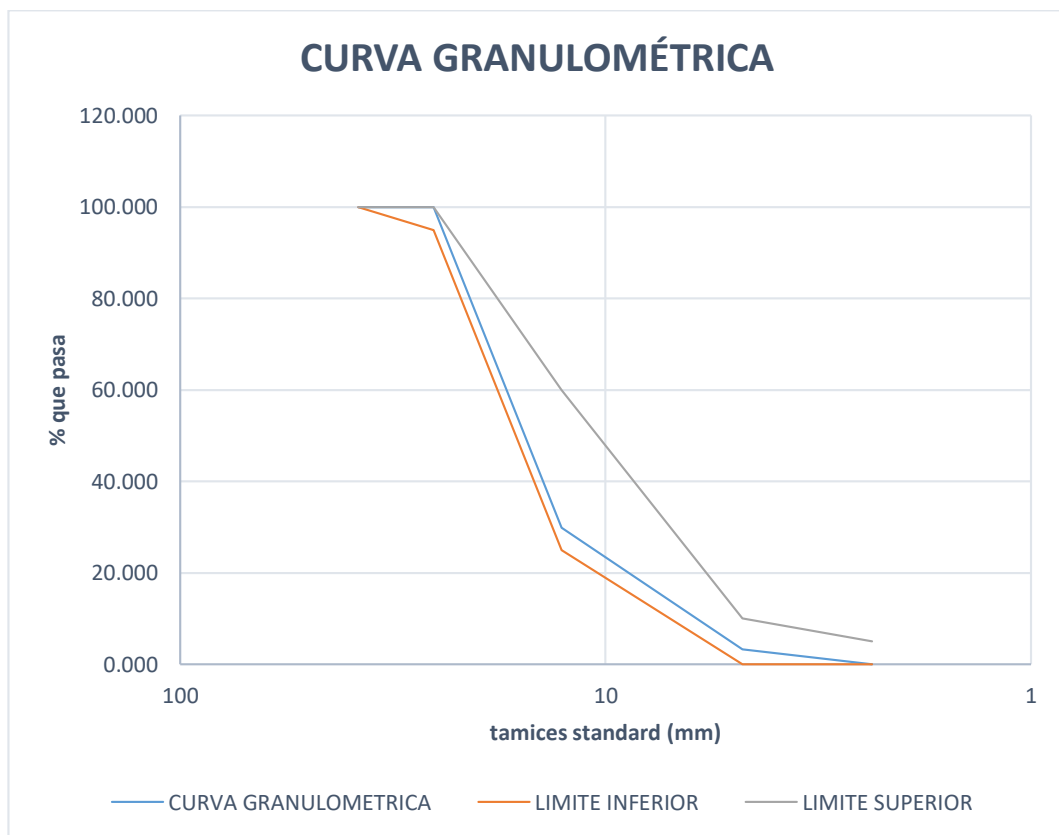
$$Correccion = \frac{13.27}{6} = 2.212gr.$$

Tabla 26:*Análisis granulométrico del agregado grueso corregido*

Tamiz ASTM	Abertura mm	peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	ASTM
2"	50.8					
1 1/2"	38.1	0	0.000	0.000	100.000	100 100
1"	25.4	3.792	0.183	0.183	99.817	95 100
3/4"	19.05	487.462	23.527	23.710	76.290	
1/2"	12.7	967.412	46.691	70.401	29.599	25 60
3/8"	9.525	404.312	19.514	89.915	10.085	
N° 4	4.76	150.812	7.279	97.194	2.806	0 10
N° 8	2.36	71.412	3.447	100.641	-0.641	0 5
N° 16	1.19					
N° 20	0.84					
N° 40	0.42					
N° 50	0.297					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					

total	2085.20	W. Muestra Natural (gr)	
% error	0.00	=	2085.2

Fuente: elaboración propia

Figura 5: *curva granulométrica del agregado grueso.*Fuente: *elaboración propia*

En la figura 5. Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso, se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-33.

3.5.6. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 27:

Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555.94	9555.94	9555.94
peso del molde	gr.	4479.00	4479.00	4479.00
peso del molde + muestra	gr.	17952.00	17892.00	17864.00
peso de la muestra	gr.	13473.00	13413.00	13385.00
peso unitario	gr/cc	1.410	1.404	1.401
peso unitario (promedio)	gr/cc		1.405	

Fuente: elaboración propia

Tabla 28:

peso unitario compactado del agregado grueso (PUC)

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Volumen del molde	cc.	9555.94	9555.94	9555.94
peso del molde	gr.	4479.00	4479.00	4479.00
peso del molde + muestra	gr.	21432.00	21339.00	21250.00
peso de la muestra	gr.	16953.00	16860.00	16771.00
peso unitario	gr/cc	1.774	1.764	1.755
peso unitario (promedio)	gr/cc		1.764	

Fuente: elaboración propia.

3.5.7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 29:

Peso específico del agregado grueso.

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
peso de la tara + muestra SSS	gr.	320.2	345.1	318.2
volumen inicial sin muestra SSS	ml	500	500	500
volumen final + muestra SSS	ml	615	630	620
volumen desplazado	ml	115	130	120
peso específico nominal	gr/ml	2.78	2.65	2.65
peso específico nominal (promedio)	gr/cc		2.70	

Fuente: elaboración propia

Tabla 30:*Porcentaje de absorción del agregado grueso*

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso de la tara + muestra				
seca SSS	gr	410.5	365.2	309.2
peso muestra seca	gr	408.5	363.79	307.2
absorción	%	0.49	0.39	0.65
absorción (promedio)	%	0.51		

Fuente: elaboración propia

3.5.8. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**Tabla 31:***Contenido de humedad del agregado grueso*

MUESTRA N°	UND.	1	2
Peso de la tara			
	gr	83	92.8
peso de la tara + muestra			
humeda	gr.	480.3	500.2
peso de la tara + muestra seca	gr.	478.9	498.8
peso de la muestra humeda	gr.	397.3	407.4
peso de la muestra seca	gr.	395.9	406
peso del agua	gr.	1.4	1.4
contenido de humedad parcial	%	0.35	0.34
contenido de humedad total	%	0.35	

Fuente: elaboración propia

3.5.9. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – MUESTRA PATRÓN

El diseño de mezclas $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, se realizó según los pasos descritos en el punto 2.2.7. teniendo como datos iniciales las características de los materiales.

Tabla 32:

Características de los materiales

CARACTERÍSTICAS	UND	AG. FINO	AG. GRUESO	CEMENTO
tamaño máximo nominal	-	-	1"	-
módulo de fineza (media)	-	2.74	-	-
peso unitario suelto	gr/cc	1.509	1.405	-
peso unitario compactado	gr/cc	1.847	1.764	-
contenido de humedad	%	2.58	0.35	-
peso específico	gr/cc	2.8	2.7	2.85
absorción	%	0.69	0.51	-

Agua del servicio de agua potable

Fuente: elaboración propia.

1) Selección de la resistencia promedio.

Al no encontrarse un registro de ensayos para el cálculo de la desviación estándar, se utilizó la **Tabla 4**. Para el cálculo de la resistencia promedio.

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

$$f'_{cr} = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = 294$$

Se obtiene como resistencia de diseño final 294 kg/cm²

2) Selección del tamaño máximo nominal (TMN).

De acuerdo a la granulometría del agregado grueso, el primer retenido se da en la malla de 1", por lo tanto:

$$\text{El Tamaño Maximo Nominal} = 1"$$

3) Selección del asentamiento.

La mezcla requiere que tenga una consistencia plástica. Por lo tanto, utilizando la tabla 6. Se determina que:

$$\boxed{\text{Asentamiento} = 3'' - 4''}$$

- 4) Selección del agua de diseño.

Utilizando la **tabla 7**. Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN de 1", obtenemos un volumen unitario de agua de 193 lt/m³

- 5) Selección del contenido de aire.

Ingresando a la tabla 7. Vemos que para un TMN de 1", el aire atrapado es de 1.5%

- 6) Selección de la relación agua-cemento (a/c)

Utilizando la tabla 8. Para un concreto $f'c = 294 \text{ kg/cm}^2$ y concreto sin aire incorporado obtenemos por regla de tres simples una relación de agua cemento (a/c) de 0.5584

- 7) Determinación del factor cemento (Fc)

El factor cemento se obtiene dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento.

$$fc = (\text{volumen unitario}) / (a/c)$$

$$fc = 193 / 0.5584$$

$$fc = 345.63$$

Entonces tenemos que el factor de cemento o la cantidad de cemento es de 345.63 kg/m³.

- 8) Determinación del contenido de agregado grueso.

Se utiliza la tabla 10. Con un módulo de fineza del agregado fino de 2.74 y un TMN del agregado grueso de 1", con una regla de tres simples tenemos que $(b/bo) = 0.676$.

$$\text{cant. Agreg. Grueso} = \left(\frac{b}{bo}\right) * P. U. C. \text{ agreg. Grueso}$$

$$\text{cant. Agreg. Grueso} = 0.676 * 1764$$

$$\text{cant. Agreg. Grueso} = 1192.46$$

Entonces tenemos que el peso del agregado grueso es de 1192.46 kg/m³.

9) Determinación de la suma de los volúmenes absolutos (C+A+Ai+AG)

Como ya conocemos el volumen de aire atrapado, así como los pesos del agregado grueso, cemento y agua, seguidamente calculamos la suma de los volúmenes absolutos.

$$\text{cemento} = (345/2.85) * 1000 = 0.121$$

$$\text{agua} = (193/1) * 1000 = 0.193$$

$$\text{aire} = (1.5\%) * 1000 = 0.015$$

$$\text{agregado grueso} = (1192.46/2.7) * 1000 = 0.442$$

$$\text{suma de volúmenes conocidos} = 0.771$$

10) Determinación del peso seco del agregado fino

Para calcular el volumen absoluto del agregado fino debemos restar la unidad cubica menos la suma de los volúmenes absolutos. El peso seco del agregado fino resulta de la multiplicación del volumen absoluto por su peso específico.

$$\text{Volumen absoluto del Ag. Fino} = 1 - 0.771 = 0.229 \text{ m}^3$$

$$\text{peso seco del agregado fino} = 0.229 * 2.8 * 1000 = 641.2 \text{ kg/m}^3$$

11) Determinación de los valores de diseño de los componentes del concreto

los valores de diseño serán:

$$\text{cemento} = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado fino} = 641.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado grueso} = 1192.46 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agua} = 193 \text{ lt}$$

12) Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción.

Procedemos a la corrección por humedad y absorción

$$\text{peso humedo del Ag. fino} = 641.2 * 1.0258 = 657.74 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{peso humedo del Ag. grueso} = 1192.46 * 1.0035 = 1196.63 \text{ kg/m}^3$$

Posteriormente se determina la humedad superficial:

$$\text{agregado fino} = 2.58 - 0.69 = 1.89\%$$

$$\text{agregado grueso} = 0.35 - 0.51 = -0.16\%$$

Calculamos el aporte de humedad:

$$\text{agregado fino} = 641.2 * 1.89/100 = 12.12 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{agregado grueso} = 1192.46 * -0.16/100 = -1.91 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{aporte total de humedad de los agregados} = 10.21 \text{ lt/m}^3$$

Para obtener el agua efectiva, tendremos que descontar a la cantidad de agua obtenida:

$$\text{agua efectiva} = 193 - 10.21 = 182.79 \text{ lt/m}^3$$

Entonces los pesos de los materiales corregidos serán los siguientes:

$$\text{cemento} = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado fino} = 657.74 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agregado grueso} = 1196.63 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{agua} = 182.79 \text{ lt/m}^3$$

13) Determinación de las proporciones en peso:

Para determinar la proporción en peso, todos los componentes del concreto se dividen entre la cantidad de cemento:

$$\text{cemento} = 345.63/345.63 = 1$$

$$\text{agregado fino} = 657.74 /345.63 = 1.90$$

$$\text{agregado grueso} = 1196.63/345.63 = 3.46$$

$$\text{agua} = 182.79 /345.63 = 22.50 \text{ lt/bolsa}$$

14) Determinación de los pesos por bolsa de cemento

Una vez concluida con la determinación de las proporciones en peso se multiplica por 42.5 kg (peso de 1 bolsa de cemento) a los componentes del concreto.

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 42.5 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 1.90 * 42.5 = 80.75 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.46 * 42.5 = 147.05 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 22.50 * 1 = 22.5 \text{ lt/bolsa}$$

Se muestran los valores obtenidos para nuestro diseño (muestra patrón)

3.5.10. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 2.5 % DE CENIZA VOLANTE

Con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con ceniza volante al 2.5%, reemplazando el cemento en un 2.5% de su peso.

Por lo tanto, el diseño final de la mezcla con 2.5% de reemplazo será:

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 41.44 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 1.90 * 42.5 = 80.75 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.46 * 42.5 = 147.05 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 22.50 * 1 = 22.5 \text{ lt/bolsa}$$

$$\text{ceniza volante} = 42.5 * 2.5/100 = 1.06 \text{ kg/bolsa}$$

3.5.11. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 5 % DE CENIZA VOLANTE

Con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con ceniza volante al 5%, reemplazando el cemento en un 5% de su peso.

Por lo tanto, el diseño final de la mezcla con 5% de reemplazo será:

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 40.37 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 1.90 * 42.5 = 80.75 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.46 * 42.5 = 147.05 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 22.50 * 1 = 22.5 \text{ lt/bolsa}$$

$$\text{ceniza volante} = 42.5 * 5/100 = 2.13 \text{ kg/bolsa}$$

3.5.12. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 10 % DE CENIZA VOLANTE

Con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con ceniza volante al 10%, reemplazando el cemento en un 10% de su peso.

Por lo tanto, el diseño final de la mezcla con 10% de reemplazo será:

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 38.25 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 1.90 * 42.5 = 80.75 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.46 * 42.5 = 147.05 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 22.50 * 1 = 22.5 \text{ lt/bolsa}$$

$$\text{ceniza volante} = 42.5 * 10/100 = 4.25 \text{ kg/bolsa}$$

3.5.13. EL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211 – 15 % DE CENIZA VOLANTE

Con el diseño de mezclas $f'c=210$ kg/cm² de la muestra patrón, se procedió a la elaboración del diseño de mezclas con ceniza volante al 15%, reemplazando el cemento en un 15% de su peso.

Por lo tanto, el diseño final de la mezcla con 15% de reemplazo será:

$$\text{cemento} = 1 * 42.5 = 36.12 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado fino} = 1.90 * 42.5 = 80.75 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agregado grueso} = 3.46 * 42.5 = 147.05 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{agua} = 22.50 * 1 = 22.5 \text{ lt/bolsa}$$

$$\text{ceniza volante} = 42.5 * 15/100 = 6.38 \text{ kg/bolsa}$$

3.5.14. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (NTP 339.183)

Según la norma procedemos con la fabricación de los especímenes de concreto que serán ensayados a compresión. El procedimiento que seguimos se detalla a continuación:

MEZCLADO

- Para el mezclado se utilizó una mezcladora tipo trompo de 2p3.
- Primeramente, se encontró las proporciones para una tanda de 0.043 m³, permitiendo elaborar 8 probetas por tanda de mezclado.
- Para completar se encontró las proporciones de la segunda tanda de 0.44 m³, permitiendo elaborar 4 probetas y 2 vigas.
- Se pesó cada uno de los componentes de los agregados, cemento, agua y ceniza volante utilizados en las mezclas.
- Una vez pesados, se puso en funcionamiento la mezcladora, introduciendo primeramente el agregado grueso con una parte del agua, luego se agregó el agregado fino, el cemento y la totalidad del agua. Cuando se utilizó la ceniza volante se añadió luego de agregar cemento y luego la totalidad de agua.
- Se mezcló aproximadamente 05 minutos, luego se hecho la mezcla en una carretilla con la mezcladora en movimiento.

MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP) (NTP 339.035)

La norma indica el método para calcular el asentamiento del concreto, el cual se realiza haciendo uso del cono de ABRAMS.

El procedimiento efectuado para la ejecución del ensayo fue la siguiente:

- Se obtuvo una muestra representativa en una carretilla.
- Se colocó el molde humedecido sobre una superficie plana
- Se sostuvo el cono de ABRAMS con las dos manos en los estribos del molde.
- Se llenó el cono a 1/3 de su capacidad total.
- Se varillo la capa 25 veces dando vuelta hacia el centro.
- Se llenó el cono a 2/3 de su capacidad total.
- Se varillo la capa 25 veces en todo su grosor, profundizando 1" en la capa anterior.

- Para la última capa se llenó el cono de ABRAMS completamente.
- Se varillo la capa 25 veces en todo su grosor, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se enraso la última capa con la varilla y se limpió el cono de ABRAMS.
- Se removió el cono de ABRAMS elevándolo hacia arriba en un tiempo de 5seg.
- Luego se midió el asentamiento (SLUMP) con una regla metálica.

LLENADO DE MOLDES

Luego de medir el asentamiento, se continuo con el llenado de los moldes cilíndricos previamente mojados con gasolina para evitar que el concreto se pegue en las paredes del molde. El procedimiento fue el siguiente:

- Se vació la mezcla en una carretilla limpia.
- Con ayuda de un cucharón se llenó la briqueta a aproximadamente 1/3 de su volumen.
- Se varillo 25 veces en toda su área.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces con un martillo de goma.
- Se llenó la briqueta a 2/3 de su capacidad total.
- Se varillo 25 veces, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces
- con un martillo de goma.
- Para la última capa se llenó la briqueta totalmente.
- Se varillo 25 veces uniformemente, profundizando 1" en la capa anterior.
- Se golpeó exteriormente la briqueta para testigos de concreto de 10 a 15 veces con un martillo de goma.
- Se enraso la superficie con la varilla y se alisó con una plancha.
- Se acondicionó un lugar adecuado para luego ser desmoldado a las 24 horas.

CURADO DE ESPECÍMENES

Los especímenes de concreto (60 briquetas y 10 vigas) se colocaron en las pozas del laboratorio para su respectivo curado, cubiertos completamente en el agua hasta completar los 7, y 14 , 28 y 90 días de elaborado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrarán los resultados de los ensayos realizados al concreto endurecido con los diferentes tratamientos y a diferentes edades. Estos ensayos se encuentran en las normas NTP 339.034 para roturas a compresión y NTP 339.078 para roturas a flexión. Con los resultados se generarán cuadros comparativos entre la muestra patrón y las diferentes variaciones con ceniza volante.

A su vez la NTP 034.34 indica que si la relación altura/diámetro (L/D) de la probeta es 1.75 o menor, se deberá corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección de la siguiente tabla

L/D	1.75	1.50	1.25	1
factor	0.98	0.96	0.93	0.87

4.1. RESULTADOS DE LOS TRATAMIENTOS

4.1.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

El diseño de mezclas fue realizado para un concreto de El diseño de mezclas fue realizado para un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, asentamiento de 3"-4" y relación agua cemento 0.558. La determinación de la proporción en peso del diseño, mostró los siguientes resultados: Cemento $345.63/345.63=1$, Agregado Fino $657.74/345.63=1.9$, Agregado Grueso: $1196.63/345.63=3.46$, Agua $182.79/345.63=0.558$. Por tanto, la proporción en peso del diseño de la mezcla de concreto es la mostrada en la tabla 33.

Tabla 33:

proporción en peso del diseño de mezclas para concreto 2019

componentes	% de ceniza volante utilizada en el diseño				
	0.00%	2.50%	5.00%	10.00%	15.00%
Cemento (kg)	42.5	41.44	40.37	38.25	36.12
Ceniza Volante(kg)	0	1.06	2.13	4.25	6.38
Agregado Fino (kg)	80.75	80.75	80.75	80.75	80.75
Agregado Grueso (kg)	147.05	147.05	147.05	147.05	147.05
Agua (l)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5

Fuente: elaboración propia en base a ensayos de laboratorio

4.1.2 RESULTADOS PARA EL DISEÑO COMPRESIÓN:

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 28 y 90 días se presentan en la tabla 26, 27, 28 y 29 con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

4.1.2.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS:

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días se presentan en la tabla 34, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 34:

Resistencia a la compresión a los 7 días

7 días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
P- 0%	15.2	30.2	13064	1.99	232.51	181.459	130.66
	15.3	30.2	13152	1.97	245.65	183.854	136.24
	15.1	30.2	13114	2.00	239.45	179.079	136.35
P-2.5%	15.3	30.2	13150	1.97	249.85	183.854	138.57
	15.3	30.3	13089	1.98	254.63	183.854	141.22
	15.2	30.3	13126	1.99	251.25	181.459	141.19
P-5%	15.2	30.2	13165	1.99	269.85	181.459	151.64
	15.1	30.3	13099	2.01	270.18	179.079	153.84
	15.3	30.2	13177	1.97	267.98	183.854	148.63
P-10%	15.2	30.2	13085	1.99	265.58	181.459	149.24
	15.2	30.2	13050	1.99	258.67	181.459	145.36
	15.1	30.3	13136	2.01	260.96	179.079	148.59
P-15%	15.3	30.3	13125	1.98	241.24	183.854	133.80
	15.3	30.2	13085	1.97	238.21	183.854	132.12
	15.1	20.3	13198	1.34	236.84	179.079	134.86

Fuente: elaboración propia

4.1.2.2 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS:

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días se presentan en la tabla 35, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 35:

Resistencia a la compresión a los 14 días

14 días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
P-P	15.3	30.3	13041	1.98	345.5	183.854	191.62
	15.3	30.2	13142	1.97	325.8	183.854	180.70
	15.2	30.2	13165	1.99	339.7	181.459	190.89
P-2.5	15.2	30.2	13098	1.99	358.8	181.459	201.63
	15.1	30.2	13110	2.00	349.9	179.079	199.24
	15.2	30.3	13085	1.99	360.9	181.459	202.81
P-5	15.2	30.2	13125	1.99	365.9	181.459	205.62
	15.1	30.3	13088	2.01	370.8	179.079	211.14
	15.3	30.2	13127	1.97	366.9	183.854	203.49
P-10	15.2	30.2	13110	1.99	360.5	181.459	202.58
	15.2	30.2	13089	1.99	357.5	181.459	200.90
	15.2	30.2	13122	1.99	349.7	181.459	196.51
P-15	15.1	30.3	13121	2.01	331.8	179.079	188.93
	15.3	30.3	13079	1.98	335.7	183.854	186.19
	15.1	20.3	13116	1.34	330.8	179.079	188.36

Fuente: elaboración propia

4.1.2.3 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS:

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días se presentan en la tabla 36, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 36:

Resistencia a la compresión a los 28 días

28 días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
P-P	15	20.3	13140	1.35	390.1	176.715	225.10
	15.3	30.3	13092	1.98	388.6	183.854	215.53
	15.2	30.2	13155	1.99	399.6	181.459	224.55
P-2.5	15.2	30.2	13136	1.99	418.8	181.459	235.34
	15.3	30.3	13080	1.98	428.6	183.854	237.71
	15.2	20.3	13130	1.34	420.7	181.459	236.41
P-5	15.2	30.3	13155	1.99	435.9	181.459	244.95
	15.1	30.2	13132	2.00	441.7	179.079	251.51
	15.3	30.2	13085	1.97	452.9	183.854	251.19
P-10	15.2	30.3	13198	1.99	412.9	181.459	232.03
	15.2	30.3	13110	1.99	410.4	181.459	230.62
	15.1	30.2	13122	2.00	398.6	179.079	226.97
P-15	15.3	30.3	13133	1.98	345.1	183.854	191.40
	15.2	20.3	13082	1.34	342.1	181.459	192.24
	15.2	30.3	13152	1.99	347.1	181.459	195.05

Fuente: elaboración propia

4.1.2.4 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN A LOS 90 DÍAS:

Los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a los 90 días se presentan en la tabla 37, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 37:

Resistencia a la compresión a los 90 días

90 días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	L/D	Fuerza Aplicada (KN)	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
P-P	15.2	20.3	13129	1.34	398.7	181.459	224.05
	15.2	30.3	13110	1.99	394.9	181.459	221.91
	15.3	30.2	13089	1.97	405.5	183.854	224.90
P-2.5	15.2	30.2	13120	1.99	428.4	181.459	240.74
	15.2	30.3	13075	1.99	435.9	181.459	244.95
	15.2	20.3	13078	1.34	429.1	181.459	241.13
P-5	15.2	30.3	13150	1.99	445.9	181.459	250.57
	15.1	30.2	13145	2.00	482.5	179.079	274.74
	15.3	30.2	13111	1.97	469.1	183.854	260.17
P-10	15.3	30.3	13113	1.98	416.5	183.854	231.00
	15.2	30.3	13096	1.99	415.2	181.459	233.32
	15.2	30.2	13133	1.99	421.1	181.459	236.64
P-15	15.2	30.3	13108	1.99	359.8	181.459	202.19
	15.2	20.3	13079	1.34	350.1	181.459	196.74
	15.1	30.3	13143	2.01	360.8	179.079	205.44

Fuente: elaboración propia

4.1.2.5 RESUMEN RESULTADOS PARA EL DISEÑO A COMPRESIÓN

resultados de la resistencia promedio a la compresión del concreto a los 7, 14, 28 y 90 días se presentan en la tabla 38, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 38

Resistencia promedio a la compresión a los 7, 14, 28 y 90 días

% de ceniza volante	7 días	14 días	28 días	90 días
0	134.42	187.74	221.73	223.62
2.5	140.33	201.22	236.49	242.27
5	151.37	206.75	249.22	261.83
10	147.73	200.00	229.87	233.65
15	133.59	187.83	194.36	201.46

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 36 se observa que valores máximos de resistencias a compresión simple del concreto, a los 7, 14, 28 y 90 días, son alcanzadas para un contenido de ceniza volante del 5%. Contenidos de ceniza volante mayor al 10% reduce la resistencia del concreto, inclusive por debajo del permitido, en cambio valores por debajo del 7,5% de ceniza volante mantienen la resistencia a compresión simple del concreto en un rango permitido. Por otro lado, también se puede observar que no hay diferencia significativa de la resistencia a los 90 días respecto de los 28.

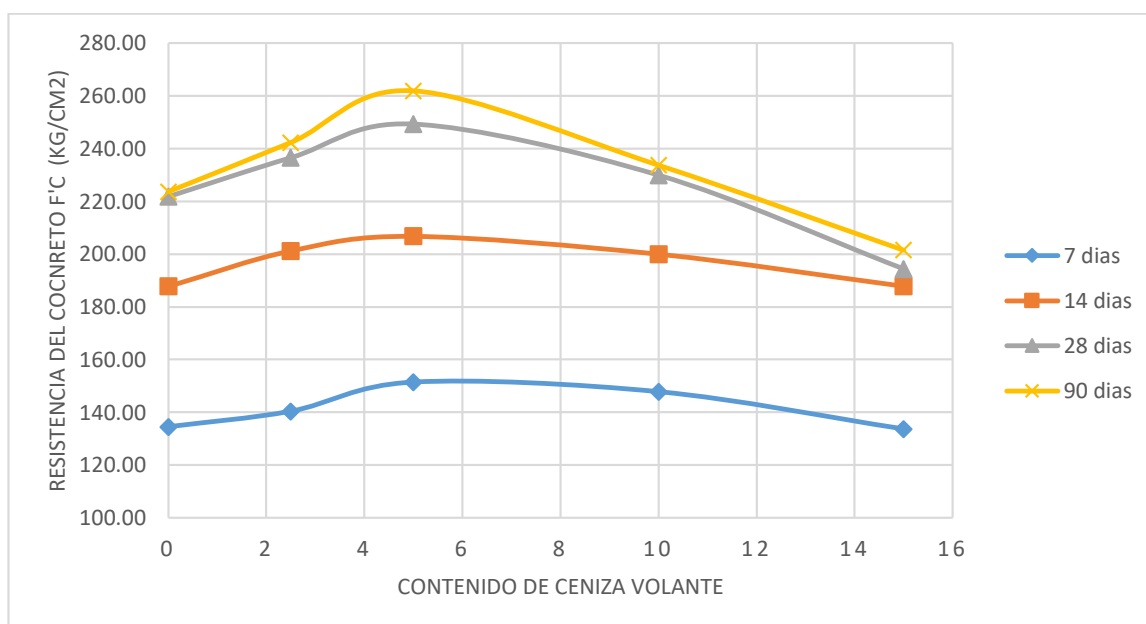


Figura 6: resistencia del concreto según porcentaje de ceniza volante

Fuente: elaboración propia

La resistencia del concreto en función al porcentaje de ceniza volante y según el número de días transcurridos aumenta hasta un punto máximo y disminuye a medida que este contenido de ceniza volante aumenta, tal como se ilustra en la figura 5. El porcentaje óptimo está dentro del rango aproximado del 3% al 10% de contenido de ceniza, siendo un valor medio el más óptimo.

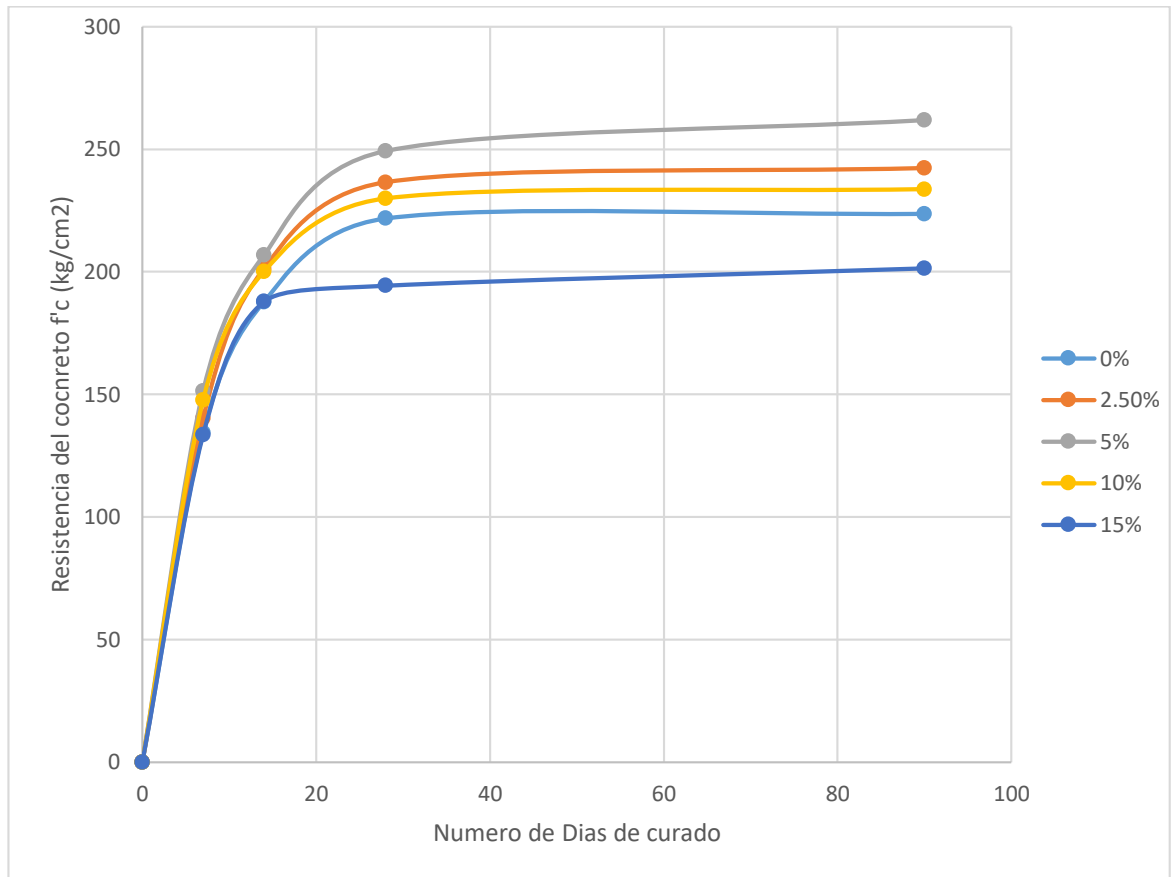


Figura 7: resistencia al concreto según días transcurridos.

Fuente: elaboración propia

De la figura 7 se observa que la resistencia del concreto aumenta según días transcurridos. Alcanza una resistencia considerable hasta los 28 días a partir del cual la pendiente de la curva tiende a ser más horizontal. También se observa que entre el 0% y 5% de ceniza volante no hay mucha diferencia a los 90 días.

4.1.3 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN

Los resultados de la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días se presentan en la tabla 39 con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

4.1.3.1 RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS

Tabla 39:

Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

% DE CENIZA VOLANTE	EDAD (días)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (mm)	CARGA MÁXIMA (KN)	MÓDULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO MÓDULO DE ROTURA (MPa)
0%	28	151.00	150.00	450.00	25.60	3.39	3.38
		152.00	151.00	450.00	26.00	3.38	
2.5%	28	152.00	150.00	450.00	26.80	3.53	3.52
		150.00	152.00	450.00	27.00	3.51	
5%	28	151.00	152.00	450.00	27.60	3.56	3.61
		152.00	150.00	450.00	27.80	3.66	
10%	28	152.00	150.00	450.00	24.20	3.18	3.14
		152.00	151.00	450.00	23.80	3.09	
15%	28	151.00	150.00	450.00	20.50	2.72	2.71
		152.00	151.00	450.00	20.80	2.70	

Fuente: elaboración propia a base de ensayos de laboratorio

4.1.3.2 RESUMEN RESULTADOS PARA EL DISEÑO A FLEXIÓN

Los resultados de la resistencia promedio a la flexión del concreto a los 28 días se presentan en la tabla 40, con los respectivos % de ceniza volante adicionados a la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento.

Tabla 40:*Resumen de resultados para el diseño a flexión*

% de ceniza volante (%)	módulo de rotura 28 días (Mpa)	módulo de rotura 28 días (Kg/cm ²)
0	3.76	38.34
2.5	3.91	39.87
5	4.01	40.89
10	3.49	35.59
15	3.01	30.69

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 38 se observa que valores máximos de resistencias a flexión simple del concreto a los 28 días, son alcanzadas para un contenido de ceniza volante del 5%. Contenidos de ceniza volante mayor al 10% reduce la resistencia del concreto, inclusive por debajo del permitido, en cambio valores por debajo del 7% de ceniza volante mantienen la resistencia a compresión simple del concreto en un rango permitido.

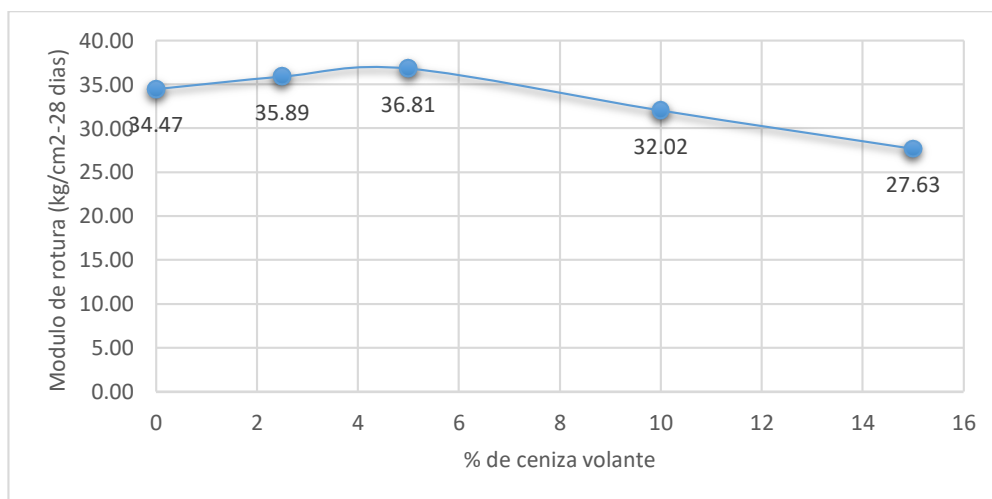


Figura 8: módulo de rotura según porcentaje de ceniza volante

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia del concreto en función al porcentaje de ceniza volante y según el número de días transcurridos aumenta hasta un punto máximo y disminuye a medida que este contenido de ceniza volante aumenta, tal como se ilustra en la figura 5. El porcentaje óptimo está dentro del rango aproximado del 3% al 7% de contenido de ceniza, siendo un valor medio el más óptimo.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten manifestar lo siguiente:

Con la incorporación de ceniza volante en el diseño de mezclas en se pudo mejorar las resistencias a compresión y flexión del concreto en diferentes magnitudes, unas mejor que otras, así se pudo determinar que la ceniza sería un ideal reemplazo para el cemento, mejorando los costos de obra y ayudar a mitigar el impacto generado por la ceniza volante y sus componentes.

Con el desarrollo de los ensayos de laboratorio de acuerdo a normas nacionales NTP correspondientes y a las normas internacionales ASTM correspondientes para los agregados fino y grueso, se comprobó que el agregado de la cantera Arunta de Tacna cumple con los estándares necesarios para realizar el diseño de mezclas para nuestro estudio.

Con los resultados obtenidos de laboratorio para los agregados se elaboró un diseño de mezclas de acuerdo a el método del Comité ACI 211.1-91 Re aprobado 2002 para un concreto de $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$, con el diseño de mezclas obtenido se elaboró un cuadro con porcentajes propuestos por el tesista (tabla 31) de 0% de reemplazo de cemento con la ceniza volante, 2.5% de reemplazo, de 5% de reemplazo, de 10% de reemplazo y de 15% de reemplazo para la elaboración de probetas de concreto y vigas de concreto para sus correspondientes ensayos.

Tabla 33:

proporción en peso del diseño de mezclas para concreto 2019

componentes	% de ceniza volante utilizada en el diseño				
	0.00%	2.50%	5.00%	10.00%	15.00%
Cemento (kg)	42.5	41.44	40.37	38.25	36.12
Ceniza Volante(kg)	0	1.06	2.13	4.25	6.38
Agregado Fino (kg)	80.75	80.75	80.75	80.75	80.75
Agregado Grueso (kg)	147.05	147.05	147.05	147.05	147.05
Agua (l)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5

Fuente: elaboración propia en base a ensayos de laboratorio

Para el comportamiento de los especímenes para compresión a los 7, 14, 28 y 90 días, se encontraron diferencias significativas en los reemplazos, quiere decir que hubo influencia de la ceniza volante en la resistencia alcanzada del concreto

con respecto a los especímenes sin reemplazo de ceniza volante, para los valores de resistencia final, se observa que del 2.5% al 10% se obtienen las mejores resistencias a compresión, siendo el promedio de estos el valor ideal para el uso de ceniza volante.

El mayor promedio se obtiene con el uso del 5% de ceniza volante con 261.83 Kg/cm² luego con 2.5% de ceniza volante con 242.27 Kg/cm² y finalmente con 10% de ceniza volante 233 Kg/cm², los especímenes de 0% y 15% de ceniza volante son inferiores.

Para el comportamiento de los especímenes para flexión a los 28 días, se encontraron diferencias significativas en los reemplazos, quiere decir que hubo influencia de la ceniza volante en la resistencia alcanzada del concreto con respecto a los especímenes sin reemplazo de ceniza volante, para los valores de resistencia final, se observa que del 2.5% al 5% se obtienen las mejores resistencias a flexión, siendo el promedio de estos el valor ideal para el uso de ceniza volante.

El mayor promedio se obtiene con el uso del 5% de ceniza volante con 40.89 Kg/cm² luego con 2.5% de ceniza volante con 39.87 Kg/cm² y finalmente con 0%, 10% y 15% de ceniza volante son inferiores.

CONCLUSIONES

Las conclusiones en orden a los objetivos general y específicos planteados son:

1. Se logró determinar que la ceniza volante influye positivamente en la resistencia final del concreto en los ensayos a compresión y flexión en losas de concreto.
2. Se determinó que los agregados de la cantera Arunta de Tacna, cumplen con los requisitos necesarios para su utilización en esta tesis de acuerdo a las Normas Peruanas (NTP) y normas internacionales (ASTM), con estos agregados se obtuvo el diseño de mezclas para las probetas de concreto y vigas de concreto.
3. Se realizó el diseño de mezclas mediante el método del comité 2011 de ACI para una resistencia a compresión de 210 kg/cm² utilizando cemento Yura IP y agregados de la cantera Arunta – Tacna, para elaborar especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión y flexión, con este resultado se pudo utilizar los reemplazos de 0%, 2.5%, 5%, 10% y 15% con los cuales se obtuvo el porcentaje que da mejores resultados.
4. Los mejores resultados a compresión del concreto se encontraron en los porcentajes de 2.5% a 10% siendo el 5% el porcentaje de reemplazo más adecuado, La resistencia a compresión con 0% de reemplazo de ceniza volante con el cemento es de 221.7kg/cm² a los 28 días y para un 5% de reemplazo de ceniza volante con el cemento es de 249.2 kg/cm² a los 28 días, esto se refleja en un incremento de 12.4% del valor de su resistencia a compresión lo cual indica un cambio importante favorable para el diseño de mezclas y su uso en losas de concreto.
5. Los mejores resultados para la resistencia a flexión se encontraron en los porcentajes de 2.5% a 10% siendo el 5% el más adecuado para su uso. La resistencia a flexión con 0% de reemplazo de ceniza volante con el cemento es de 34.47kg/cm² a los 28 días y para un 5% de reemplazo de ceniza volante con el cemento es de 36.81 kg/cm² a los 28 días, esto se refleja en un incremento de 6.8% del valor de su resistencia a flexión lo cual rindica un cambio importante favorable para el diseño de mezclas y su uso en losas de concreto.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de la ceniza volante como sustituto porcentual con el cemento en un porcentaje del 5% en peso para obtener mejores resultados a compresión y flexión en lozas de concreto.
2. Se recomienda a los profesionales utilizar los agregados de la cantera Arunta de Tacna para la realización de estudios ya que cumplen con los estándares nacionales e internacionales solicitados para la edificación de obras de concreto, previo estudio de laboratorio.
3. Se recomienda a los nuevos tesisistas realizar otros métodos de diseño de mezclas como módulo de fineza, método de fuller, método de Walker, etc. Para ensayarlos con la ceniza volante de la termoeléctrica ilo 21. Además, se recomienda a futuros trabajos de investigación realizar un análisis químico y físico de la ceniza volante para mejorar aún más las resistencias a compresión y flexión del concreto.
4. Se recomienda a los estudiantes elaborar más probetas de concreto añadiendo las propiedades de la ceniza volante y así mejorar las resistencias finales, ya que en este estudio no se consideraron las propiedades físicas de la ceniza volante, como peso específico, humedad o granulometría.
5. Se recomienda a los estudiantes influenciar en las autoridades de la Universidad Privada de Tacna para implementar los laboratorios correctamente para obtener resultados más exactos con máquinas modernas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cifuentes P., A., & Ferrer J., C. (2006). *Análisis del comportamiento mecánico a edades tardías del concreto hidráulico con adición de cenizas volantes de termopaipa*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Yao, Z., Ji, X., Sarker, P., Tang, J., Ge, L., Xia, M., & Xi, Y. (2015). A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth-Science Reviews*, 105-121.
- Duran H., A., & Rivera T., J. (2007). Concreto para uso estructural, económico, durable y sustentable con alto contenido de ceniza volanta. *Ciencia FIC*, 39-52.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. EE.UU.: Portland Cement Association.
- Rivva L., E. (2008). *Materiales para concreto*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Molina B., O., Moragues T., A., & Gálvez R., J. (2008). La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón: Propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono. *Anales de la Mecánica de fracturas 25*, 575-580.
- Rodriguez S., J. (1988). Empleo de cenizas volantes en la fabricación de los hormigones. *Revista de obras públicas*
- Valdez, P., Duran, A., Rivera, J., & Juárez, C. (2007). Concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante. *Ciencia UANL*
- Bernal Camacho, J., Mahmoud Abdelkader, S., Reyes Pozo, E., & Moragues Terrades, A. (2013). Estudio de la influencia de los medios con presencia de sulfatos en hormigones con cementos sulforresistentes y adiciones minerales. Parte 1: Hormigones expuestos a sulfato sódico (Na₂SO₄). *Revista de la construcción*, 14-29.
- Las Normas Técnicas Peruanas (NTP), las normas de la American Society for Testing and Materials – ASTM y las normas de la American Welding Society - AWS citadas se consideran parte de esta Norma.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja técnica CEMENTO PORTLAND 1P



DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

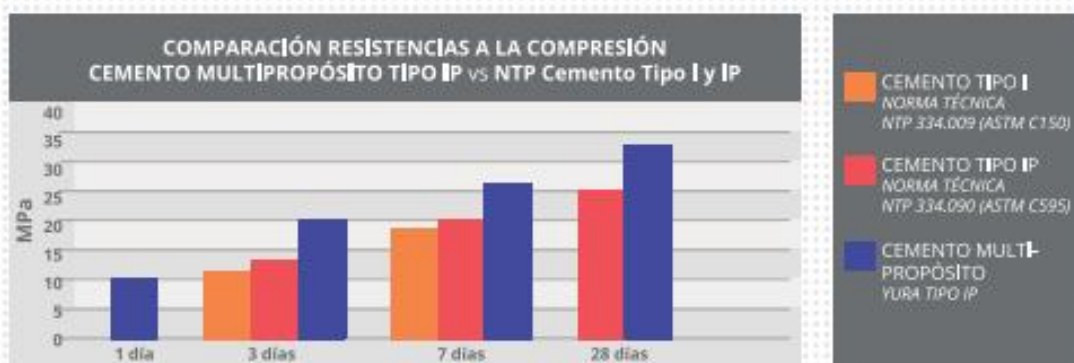
"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-695		REQUISITOS NORMA NTP 334.099 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO B)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)	1.5 a 2.4		6.00 Máx.			
SO ₃ (%)	1.5 a 2.3		4.00 Máx.			
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 3.8		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm ³)	2.77 a 2.85		-			
Expansión en autoclave (%)	+0.05 a 0.03		+0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx.			
Resistencia a la compresión	kgf/cm²	MPa	kgf/cm²	MPa	kgf/cm²	MPa
1 día	80 a 104	7.8 a 10.2	-	-	-	-
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	13	122 Mín.	12
7 días	225 a 260	22.0 a 25.4	204 Mín.	20	194 Mín.	19
28 días	306 a 350	30.0 a 34.3	255 Mín.	25	-	-
Resistencia a la tracción	%		%		%	
% Expansión a los 6 meses	< 0.021%		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0.023%		0.10 Máx			

YURA

COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



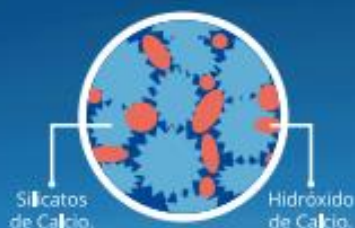
PROPIEDADES

1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

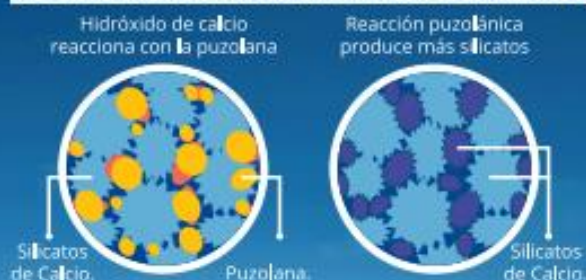
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP



La puzolana que contiene el cemento MULTI-PROPÓSITO YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.



2. RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.



3. MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

4. REDUCE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.



RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.

- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular



ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 25 Kg	Ergonómico, ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
Bolsas 42.5 Kg	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAÍS	NORMA	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.090	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 Of.68	Cemento Puzolánico	GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolan Cement	TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Puzolánico	TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 490	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 5736	Cimento Portland pozolánico	TIPO CP IV 32
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland	TIPO 1

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.


YURA



Cuidemos juntos el medio ambiente.
Big Bag: Se sugiere desechar como basura común.
Bolsas: Se sugiere reciclar el envase.



Anexo 2. Ata de Conformidad de entrega de muestras.



Acta de Conformidad N.º 015-ILO-2019

Conste por el presente documento, la conformidad sobre la realización de la actividad/programa ejecutado por ENGIE Energía Perú S.A., con RUC N.º 20333363900, según el siguiente detalle:

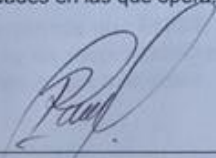
Actividad/Programa	: Donación para Tesis
Beneficiario (OSB/Asociación/Otros)	: Richard Jordy Yapuchura Platero
Cargo	: Bachiller de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna

Breve descripción de la actividad (Nro. de beneficiarios / participantes / materiales entregados / hospitalidad recibida / otros):

Donación de 2 bolsas de 25kg cada una de ceniza volante para uso de investigación de Tesis.

Monto total de inversión	: S/. 0.00
Monto en letras	: Cero con 00/100 soles
Lugar y fecha	: Ilo, 22 de marzo de 2019

Se deja constancia que ENGIE Energía Perú S.A. realizó esta actividad en el marco de su programa de responsabilidad social a fin de promover el desarrollo integral de las comunidades en las que opera.

 <hr/> Richard Jordy Yapuchura Platero Bachiller de Ingeniería Civil Universidad Privada de Tacna	<hr/> ENGIE Energía Perú S.A.
--	--------------------------------------

Anexo 3. Panel fotográfico

1. Extracción de muestras de Agregado Grueso y piedra chancada de 1/2" de la cantera arunta.



2. Almacenamiento de las muestras en el laboratorio de la universidad privada de Tacna.



3. Recojo de muestras de ceniza volante en la termoeléctrica ilo 21, Moquegua.



4. Muestras de ceniza volante aprox. 50kg



5. Muestras para realizar los ensayos.



6. Pesado de muestras para los ensayos correspondientes.



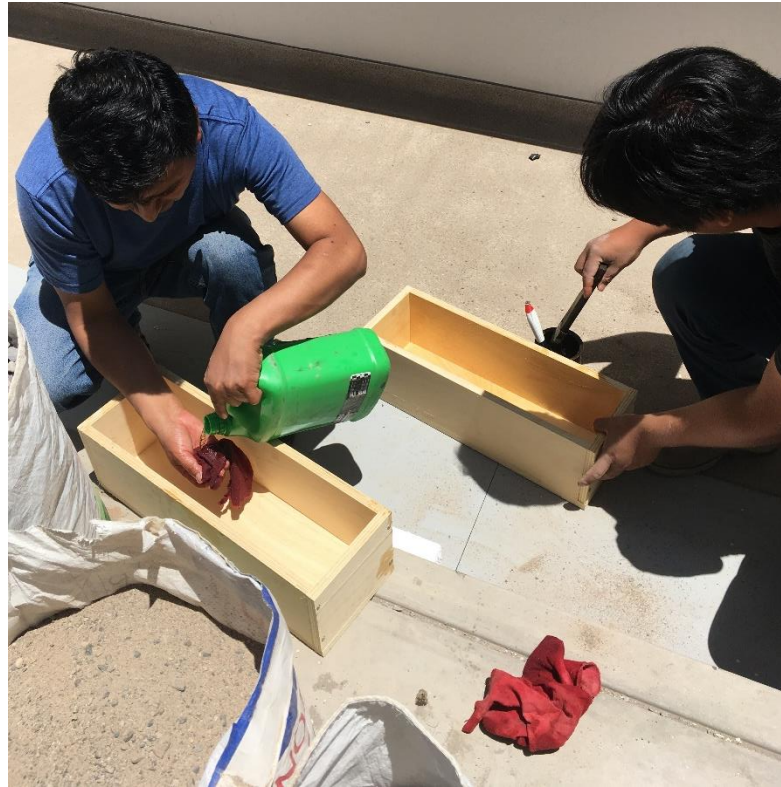
9. Limpieza de los moldes cilíndricos de concreto, luego de ser limpiadas se lubrican con gasolina para que la mezcla no se adhiera



10. Moldes de 15cm*15cm*50cm para en ensayo a flexión.



11. Limpieza de los moldes rectangulares de concreto, luego de ser limpiadas se lubrican con gasolina para que la mezcla no se adhiera



12. Pesado de los agregados, el cemento y el agua de acuerdo a la dosificación calculada para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$.



13. Pesado del cemento con el reemplazo de ceniza volante en proporciones 0%, 2.5%, 5%, 10% y 15% para los diferentes diseños de mezcla.



14. Encendemos el trompo mezclador de concreto para realizar la mezcla de acuerdo al diseño calculado.



15. Colocando el agregado fino, agregado grueso, agua y cemento para mezclar y obtener la pasta de diseño.



16. Conjuntamente con el asistente de laboratorio, se comprueba la correcta dosificación y se verifica si es necesario hacer alguna corrección del agua.



17. La mezcla está en el rango de trabajabilidad en el cual fue diseñado, por lo que se procede a realizar los especímenes de concreto



18. Se inicia con la elaboración de los especímenes de concreto para el primer tratamiento.



19. Se da el acabado final a las probetas cilíndricas.



20. Se inicia con la elaboración de los especímenes de concreto (vigas de concreto) para el primer tratamiento.



21. Se da el acabado final a las vigas de concreto.



22. Se continua con el mezclado en las diferentes proporciones de reemplazo del cemento con la ceniza volante.



23. Pesado del cemento (gris claro) y ceniza volante (gris oscuro)



24. Probetas cilíndricas de concreto de acuerdo al diseño de mezclas



25. Probetas rectangulares de concreto de acuerdo al diseño de mezclas



26. Luego de 24hs se procedio el desmoldado de las probetas cilindricas (notese el color de las diferentes proporciones de concreto).



27. Luego de 24hs se procedio el desmoldado de las probetas cilindricas (notese el color de las diferentes proporciones de concreto).



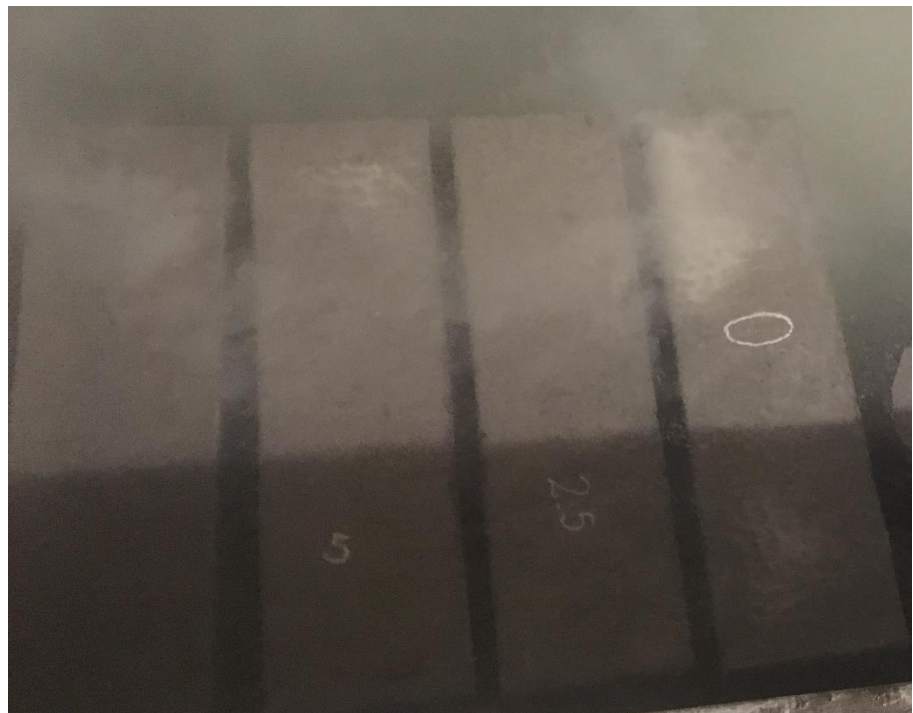
28. Se tuvo que usar un taladro para desarmar las vigas de concreto.



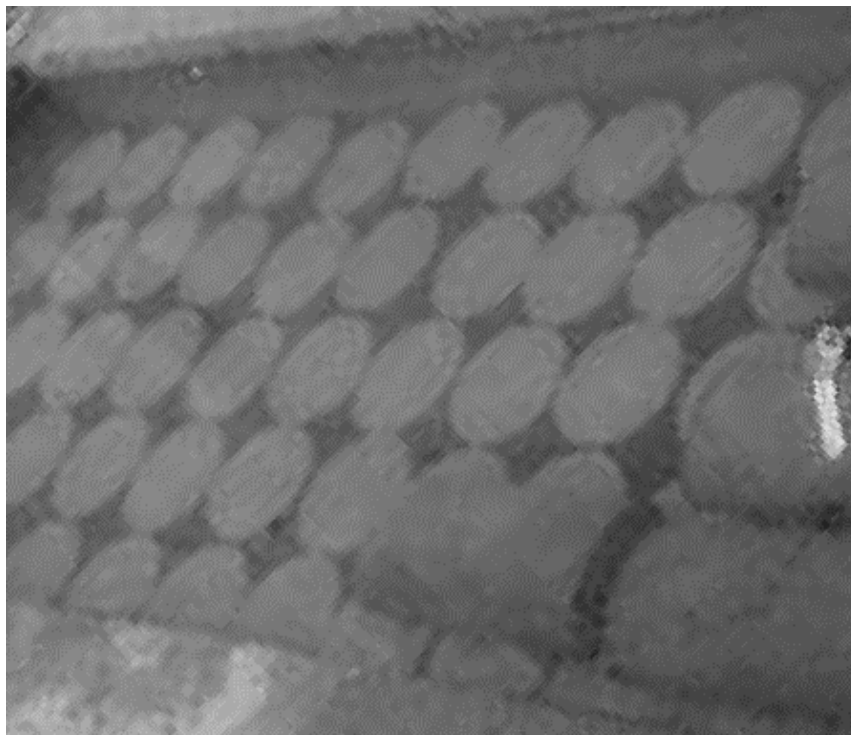
29. Se verifica que la viga de concreto no tenga ninguna irregularidad para continuar con los ensayos.



30. Se procedió con el curado de los especímenes rectangulares de concreto para sus roturas a flexion en 7,14,28 y 90 días.



31. Se procedió con el curado de los especímenes rectangulares de concreto para sus roturas a flexion en 7,14,28 y 90 días.



32. Ensayos a compresión de testigos de concreto, colocando al molde para la prueba.



33. sometemos a esfuerzos de compresión los especímenes de concreto a los 7, 14, 28 y 90 días.



34. falla de los especímenes de concreto para el ensayo a compresion.



35. sometemos a esfuerzos de compresión los especímenes de concreto a los 7, 14, 28 y 90 días.



36. secado de las vigas de concreto 24 hrs. antes de los ensayos a flexión.



37. equipo usado para el ensayo de flexión en vigas con carga a los 2/3 en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Jorge Basadre g.



38. reloj del equipo.



39. Apoyo del laboratorista en la realización del ensayo.



40. Marcación de las vigas de concreto para la aplicación de cargas y ubicación en los apoyos.



41. Ubicación en la máquina de ensayo de acuerdo a las medidas consideradas para el ensayo.



42. Aplicación de fuerza para medir el módulo de rotura de las vigas de concreto.



43. Rotura en el tercio medio de la viga de concreto.



44. Rotura en el tercio medio de la viga de concreto para lo cual se determinó el uso de la formula pertinente para hallar el módulo de rotura.



45. Vista de la termoeléctrica ilo21 en Moquegua.



46. Vista panorámica de la termoeléctrica ilo21 en Moquegua.



Anexo 4. Certificados de control de calidad del concreto.



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TESIS: "INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN LOSAS DE CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA - TACNA."

UBICACION: TACNA - TACNA - TACNA
F'C : 210 KG/CM2


OPERADOR: Personal del laboratorio
TECNICO: Miguel A. Martinez Llanqui
ASESOR: Ing. Cesar Cruz Espinoza

N°	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (d)	AREA cm2	RESISTENCIA Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
1	P-0%	17/01/2019	7	25/01/2019	232.51	15.2	181.459	130.66	210	62
2	P-0%	17/01/2019	7	25/01/2019	245.65	15.3	183.854	136.24	210	65
3	P-0%	17/01/2019	7	25/01/2019	239.45	15.1	179.079	136.35	210	65
4	P-2.5%	17/01/2019	7	25/01/2019	249.85	15.3	183.854	138.57	210	66
5	P-2.5%	17/01/2019	7	25/01/2019	254.63	15.3	183.854	141.22	210	67
6	P-2.5%	17/01/2019	7	25/01/2019	251.25	15.2	181.459	141.19	210	67
7	P-5%	17/01/2019	7	25/01/2019	269.85	15.2	181.459	151.64	210	72
8	P-5%	17/01/2019	7	25/01/2019	270.18	15.1	179.079	153.84	210	73
9	P-5%	17/01/2019	7	25/01/2019	267.98	15.3	183.854	148.63	210	71
10	P-10%	17/01/2019	7	25/01/2019	265.58	15.2	181.459	149.24	210	71
11	P-10%	17/01/2019	7	25/01/2019	258.67	15.2	181.459	145.36	210	69
12	P-10%	17/01/2019	7	25/01/2019	260.96	15.1	179.079	148.59	210	71
13	P-15%	17/01/2019	7	25/01/2019	241.24	15.3	183.854	133.8	210	64
14	P-15%	17/01/2019	7	25/01/2019	238.21	15.3	183.854	132.12	210	63
15	P-15%	17/01/2019	7	25/01/2019	236.84	15.1	179.079	134.86	210	64

Obs:



ASESOR



MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecanica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tec. DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TESIS: "INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN LOSAS DE CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA – TACNA."

UBICACION: TACNA - TACNA - TACNA
F'C : 210 KG/CM2

OPERADOR: Personal del laboratorio
TECNICO: Miguel A. Martinez Llanqui
ASESOR: Ing. Cesar Cruz Espinoza


N°	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (d)	AREA cm2	RESISTENCIA Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
1	P-0%	17/01/2019	14	1/02/2019	345.5	15.3	183.854	191.62	210	91
2	P-0%	17/01/2019	14	1/02/2019	325.8	15.3	183.854	180.7	210	86
3	P-0%	17/01/2019	14	1/02/2019	339.7	15.2	181.459	190.89	210	91
4	P-2.5%	17/01/2019	14	1/02/2019	358.8	15.2	181.459	201.63	210	96
5	P-2.5%	17/01/2019	14	1/02/2019	349.9	15.1	179.079	199.24	210	95
6	P-2.5%	17/01/2019	14	1/02/2019	360.9	15.2	181.459	202.81	210	97
7	P-5%	17/01/2019	14	1/02/2019	365.9	15.2	181.459	205.62	210	98
8	P-5%	17/01/2019	14	1/02/2019	370.8	15.1	179.079	211.14	210	101
9	P-5%	17/01/2019	14	1/02/2019	366.9	15.3	183.854	203.49	210	97
10	P-10%	17/01/2019	14	1/02/2019	360.5	15.2	181.459	202.58	210	96
11	P-10%	17/01/2019	14	1/02/2019	357.5	15.2	181.459	200.9	210	96
12	P-10%	17/01/2019	14	1/02/2019	349.7	15.2	181.459	196.51	210	94
13	P-15%	17/01/2019	14	1/02/2019	331.8	15.1	179.079	188.93	210	90
14	P-15%	17/01/2019	14	1/02/2019	335.7	15.3	183.854	186.19	210	89
15	P-15%	17/01/2019	14	2/02/2019	330.8	15.1	179.079	188.36	210	90

Obs:



ASESOR

ING. CESAR JULIO CUZ ESPINOZA



MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
TEC. LABORATORISTA
Mecanica de Suelos, Concretos y Pavimentos

Tec. DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION


TESIS: "INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN LOSAS DE CONCRETO DE F'c=210 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA - TACNA."

UBICACION: TACNA - TACNA - TACNA
F'c : 210 KG/CM2

OPERADOR: Personal del laboratorio
TECNICO: Miguel A. Martinez Llanqui

N°	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (d)	AREA cm2	RESISTENCIA Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
1	P-0%	17/01/2019	28	15/02/2019	390.1	15	176.715	225.1	210	107
2	P-0%	17/01/2019	28	15/02/2019	388.6	15.3	183.854	215.53	210	103
3	P-0%	17/01/2019	28	15/02/2019	399.6	15.2	181.459	224.55	210	107
4	P-2.5%	17/01/2019	28	15/02/2019	418.8	15.2	181.459	235.34	210	112
5	P-2.5%	17/01/2019	28	15/02/2019	428.6	15.3	183.854	237.71	210	113
6	P-2.5%	17/01/2019	28	15/02/2019	420.7	15.2	181.459	236.41	210	113
7	P-5%	17/01/2019	28	15/02/2019	435.9	15.2	181.459	244.95	210	117
8	P-5%	17/01/2019	28	15/02/2019	441.7	15.1	179.079	251.51	210	120
9	P-5%	17/01/2019	28	15/02/2019	452.9	15.3	183.854	251.19	210	120
10	P-10%	17/01/2019	28	15/02/2019	412.9	15.2	181.459	232.03	210	110
11	P-10%	17/01/2019	28	15/02/2019	410.4	15.2	181.459	230.62	210	110
12	P-10%	17/01/2019	28	15/02/2019	398.6	15.1	179.079	226.97	210	108
13	P-15%	17/01/2019	28	15/02/2019	345.1	15.3	183.854	191.4	210	91
14	P-15%	17/01/2019	28	15/02/2019	342.1	15.2	181.459	192.24	210	92
15	P-15%	17/01/2019	28	15/02/2019	347.1	15.2	181.459	195.05	210	93

Obs:



 ASESOR
 ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA


 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
 TEC. LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos

 Tec. DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CONTROL DE LABORATORIO PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TESIS: "INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EN LOSAS DE CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA - TACNA."

UBICACION: TACNA - TACNA - TACNA
F'C : 210 KG/CM2

OPERADOR: Personal del laboratorio
TECNICO: Miguel A. Martinez Llanqui
ASESOR: Ing. Cesar Cruz Espinoza

N°	DESCRIPCION PROBETAS	FECHA DE MOLDEO	EDAD Dias	FECHA DE ROTURA	LECTURA DEL DIAL EN KN	DIAMETRO (d)	AREA cm2	RESISTENCIA Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% RESISTENCIA
1	P-0%	17/01/2019	90	18/04/2019	398.7	15.2	181.459	224.05	210	107
2	P-0%	17/01/2019	90	18/04/2019	394.9	15.2	181.459	221.91	210	106
3	P-0%	17/01/2019	90	18/04/2019	405.5	15.3	183.854	224.9	210	107
4	P-2.5%	17/01/2019	90	18/04/2019	428.4	15.2	181.459	240.74	210	115
5	P-2.5%	17/01/2019	90	18/04/2019	435.9	15.2	181.459	244.95	210	117
6	P-2.5%	17/01/2019	90	18/04/2019	429.1	15.2	181.459	241.13	210	115
7	P-5%	17/01/2019	90	18/04/2019	445.9	15.2	181.459	250.57	210	119
8	P-5%	17/01/2019	90	18/04/2019	482.5	15.1	179.079	274.74	210	131
9	P-5%	17/01/2019	90	18/04/2019	469.1	15.3	183.854	260.17	210	124
10	P-10%	17/01/2019	90	18/04/2019	416.5	15.3	183.854	231	210	110
11	P-10%	17/01/2019	90	18/04/2019	415.2	15.2	181.459	233.32	210	111
12	P-10%	17/01/2019	90	18/04/2019	421.1	15.2	181.459	236.64	210	113
13	P-15%	17/01/2019	90	18/04/2019	359.8	15.2	181.459	202.19	210	96
14	P-15%	17/01/2019	90	18/04/2019	350.1	15.2	181.459	196.74	210	94
15	P-15%	17/01/2019	90	18/04/2019	360.8	15.1	179.079	205.44	210	98

Obs:


 ASESOR
 ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA


 MIGUEL A. MARTINEZ LLANQUI
 TEC. LABORATORISTA
 Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos
 Tec. DE LABORATORIO



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTES APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS
DEL TRAMO



NORMA NTP 339.078; ASTM C 78

TESIS "INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN EL LOSAS DE CONCRETO DE F'C=210 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA - TACNA."
 DISEÑO MUESTRA PATRON, 2.5% ,5% ,10% ,15%
 FECHA 20/02/2019

DISEÑO	CODIGO	FECHA VACEADO	EDAD (días)	FECHA ROTURA	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (Mmm)	CARGA MAXIMA (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO MODULO DE ROTURA (Mpa)
DT-01	F - 0% - 210	17/01/2019	28	18/02/2019	151.00	150.00	500.00	25.60	3.77	3.76
					152.00	151.00	500.00	26.00	3.75	
DT-02	F - 2.5% - 210	17/01/2019	28	18/02/2019	152.00	150.00	500.00	26.80	3.92	3.91
					150.00	152.00	500.00	27.00	3.90	
DT-03	F - 5% - 210	17/01/2019	28	18/02/2019	151.00	152.00	500.00	27.60	3.96	4.01
					152.00	150.00	500.00	27.80	4.06	
DT-04	F - 10% - 210	17/01/2019	28	18/02/2019	152.00	150.00	500.00	24.20	3.54	3.49
					152.00	151.00	500.00	23.80	3.43	
DT-05	F - 15% - 210	17/01/2019	28	18/02/2019	151.00	150.00	500.00	20.50	3.02	3.01
					152.00	151.00	500.00	20.80	3.00	

OBSERVACIONES:


 ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANI
 INGENIERO DE MINAS
 Reg. CIP 140390



 Dr. Ing° Carlos Huisa Ctori
 Jefe de Laboratorio
 CIP 37291