

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA
DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Mariela Lizeth, ZUÑIGA QUENTA

Bach. Yudit Verónica, CONDORI CHATA

TACNA – PERÚ

2019

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

TESIS

**“INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE
ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”**

**Tesis sustentada y aprobada el 04 de Julio de 2019; estando el jurado
calificador integrado por:**

PRESIDENTE:

Mtro. María Etelvina Duarte Lizarzaburo

SECRETARIO:

Mag. Alfonso Oswaldo Flores Mello

VOCAL:

Ing. Cesar Armando Urteaga Ortiz

ASESOR:

Ing. Milton Cesar Gordillo Molina

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Mariela Lizeth Zúñiga Quenta, egresada de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 45666746, con la Tesis Titulada **“INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”**.

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.

La tesis no ha sido autoplagiada, es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente, para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis, se constituirá en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude, plagio, autoplagio, piratería, o falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente, de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, Julio 2019

Mariela Lizeth Zúñiga Quenta

DNI: 45666746

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Yudit Verónica Condori Chata, egresada de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 47169394, con la Tesis Titulada **“INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”**.

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.

La tesis no ha sido autoplagiada, es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente, para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis, se constituirá en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude, plagio, autoplagio, piratería, o falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente, de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, Julio 2019

Yudit Verónica Condori Chata
DNI: 47160394

DEDICATORIA

A ti Dios divino, a mi padre **Mario** por sus palabras de aliento que no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre ser perseverante y cumpla con mis ideales, a mi querida madre **Marina** por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ti, a mi hermano **Roy** que más que un hermano fuiste mi verdadero amigo, mis docentes y mis compañeros de estudio y de manera muy especial a mi querido esposo **Cristhian** porque tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo en todo momento, me motivaste a seguir adelante y a mis hijas **Catherine** y **Giselle** que fueron principal motivación e inspiración para poder superarme cada día más para un futuro mejor, luz de mis ojos y razón de mi ser a quienes dedico solo lo mejor.

Bach. Mariela Lizeth Zúñiga Quenta

A mi querido hijo Matías César Arce Condori, que ha sido mi motivación y me ha dado la fuerza para salir de cualquier adversidad ,a mi padre Emeterio Condori Chino quien me enseñó que la lucha para conseguir la felicidad nunca termina y sólo con perseverancia y mucho esfuerzo se logran las cosas; a mi querida madre Irma Chata Chata quien me formó en principios y valores para ser una persona de bien, me llevó de la mano por el camino de la superación sin miedos ni prejuicios y con el único objetivo que triunfe en esta vida.

A mis queridos hermanos Delson y Ramiro; quienes me apoyaron siempre cuando más necesitaba del calor de mi hogar.

A todos mis compañeros y amigos de la universidad, con quienes compartimos tantas alegrías y sufrimientos; para que ellos también logren sus objetivos y no decaigan en el camino.

Bach. Yudit Verónica Condori Chata

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Tacna y en especial a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la formación Académica, a personal técnico del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos por el apoyo y ayuda en la elaboración de los ensayos y desarrollo de la parte práctica de este proyecto de tesis.

Bach. Mariela Lizeth Zúñiga Quenta

Al personal técnico del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos por toda la ayuda prestada y por todas las facilidades que nos dieron para realizar el proyecto de investigación.

A todos mis amigos y compañeros que cursaron esta carrera universitaria de Ingeniería Civil donde pasamos momentos felices y tristes.

A todos los profesores que aportaron en mi formación como Ingeniera Civil, a ser mejor persona cada día.

A mis padres Emeterio e Irma por el apoyo constante que me dieron siempre hasta culminar esta meta tan anhelada para mí.

Gracias a todos.

Bach. Yudit Verónica Condori Chata

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	3
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE ANEXOS	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1. 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
1. 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1. 3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	21
1. 4. OBJETIVOS	21
1. 4. 1. OBJETIVO GENERAL	21
1. 4. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1. 5. HIPÓTESIS	22
1. 5. 1. HIPÓTESIS GENERAL	22
1. 5. 2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	24
2. 1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	24
2. 1. 1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	24
2. 1. 2. ANTECEDENTES NACIONALES	25
2. 2. BASES TEÓRICAS	27
2. 2. 1. EL CONCRETO	27
2. 2. 2. ELCEMENTO	35
2. 2. 3. LOS AGREGADOS	36
2. 2. 4. EL AGUA	42
2. 2. 5. LOS ADITIVOS	43
2. 2. 7. CHEMA PLAST (PLASTIFICANTE)	48

2. 2. 8. EL DISEÑO DE MEZCLA	51
2. 2. 9. RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN (NTP 339. 034)	55
2. 3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	57

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO **62**

3. 1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	62
3. 1. 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3. 1. 2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	62
3. 2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	62
3. 2. 1. POBLACIÓN DE ESTUDIO	62
3. 2. 2. MUESTRA DE ESTUDIO:	63
3. 3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3. 3. 1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS	63
3. 3. 2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS	64
3. 3. 3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	65
3. 3. 4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	66
3. 4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	69
3. 4. 1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	69
3. 4. 2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO	71
3. 4. 3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	72
3. 4. 4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	73
3. 4. 5. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO	73
3. 4. 6. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO	75
3. 4. 7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	75
3. 4. 8. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	76
3. 4. 9. DISEÑO DE MEZCLA ACI 211-MUESTRA PATRÓN	76
3. 4. 10. DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE MICROSÍLICE	80
3. 4. 11. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (339. 183)	82

CAPÍTULO IV: RESULTADOS **88**

4. 1. RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA.	88
4. 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MP)	88

4. 3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MMS-4)	90
4. 4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MMS-8)	92
4. 5. COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO MP, MMS-4, MMS-8	94
4. 6. COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO	98
CAPITULO V: DISCUSIÓN	101
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Concreto fresco	31
<i>Figura 2.</i> Cono de Abrams	33
<i>Figura 3.</i> Bolsa de cemento Portland tipo IP	36
<i>Figura 4.</i> Agregado grueso (Grava)	37
<i>Figura 5.</i> Agregado fino (Arena)	37
<i>Figura 6.</i> Distintas condiciones de humedad de los agregados	41
<i>Figura 7.</i> Microsílice	45
<i>Figura 8.</i> Chema Fume	46
<i>Figura 9.</i> Chemaplast	49
<i>Figura 10.</i> Ensayo de resistencia a la compresión	56
<i>Figura 11.</i> Curva granulometría del agregado fino por tamizado.	71
<i>Figura 12.</i> Curva granulométrica del agregado grueso por tamizado	74
<i>Figura 13.</i> Equipo mezclador	82
<i>Figura 14.</i> Mezclado de concreto	83
<i>Figura 15.</i> Moldes de probetas.	84
<i>Figura 16.</i> Varillado compactado de concreto	85
<i>Figura 17.</i> Enrase de las probetas	85
<i>Figura 18.</i> Curado de probetas de concreto	86
<i>Figura 19.</i> Porcentaje de resistencias del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.	101
<i>Figura 20.</i> Porcentaje de resistencia máxima del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.	102
<i>Figura 21.</i> Porcentaje de resistencias del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.	102
<i>Figura 22.</i> Porcentaje de resistencia máxima del concreto MMS-4 a los 3, 4, 14 y 28 días.	103
<i>Figura 23.</i> Porcentaje de resistencias del concreto MMS-8 a los 3, 4, 14 y 28 días.	103
<i>Figura 24.</i> Porcentaje de resistencia máxima del concreto MMS-8 a los 3, 4, 14 y 28 días.	104
<i>Figura 25.</i> Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 3 días.	95
<i>Figura 26.</i> Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 7 días.	96

- Figura 27.* Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 14 días. 97
- Figura 28.* Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 28 días. 98
- Figura 29.* Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 3, 7, 14 y 28 días. 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Valores usuales de Asentamiento</i>	34
Tabla 2. <i>Límites de granulometría para agregado fino</i>	38
Tabla 3. <i>Clasificación de la arena por su módulo de finura</i>	38
Tabla 4. <i>Límites de granulometría para agregado grueso</i>	39
Tabla 5. <i>Contenido de datos técnicos de Chema Fume</i>	47
Tabla 6. <i>Contenido de datos técnicos de Chemaplast</i>	50
Tabla 7. <i>Resistencia a la compresión ACI</i>	52
Tabla 8. <i>Resistencia a la compresión promedio RNE</i>	52
Tabla 9. <i>Consistencia y asentamientos</i>	53
Tabla 10. <i>Requerimientos aprox. de agua de mezclado y de contenido de aire</i>	53
Tabla 11. <i>Relación agua/cemento de diseño</i>	54
Tabla 12. <i>Volumen de agregado grueso</i>	54
Tabla 13. <i>Análisis granulométrico por tamizado agregado fino</i>	69
Tabla 14. <i>Análisis granulométrico del agregado fino corregido</i>	70
Tabla 15. <i>Peso unitario suelto del agregado fino (PUS)</i>	71
Tabla 16. <i>Peso unitario compactado del agregado fino (PUC)</i>	72
Tabla 17. <i>Peso específico del agregado fino</i>	72
Tabla 18. <i>Porcentaje de absorción del agregado fino</i>	72
Tabla 19. <i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	73
Tabla 20. <i>Granulometría del agregado grueso</i>	73
Tabla 21. <i>Granulometría del agregado grueso corregido</i>	74
Tabla 22. <i>Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)</i>	75
Tabla 23. <i>Peso unitario compactado del agregado grueso (PUS)</i>	75
Tabla 24. <i>Ensayo de peso específico agregado grueso</i>	75
Tabla 25. <i>Ensayo de absorción agregado grueso</i>	76
Tabla 26. <i>Contenido de humedad agregado grueso</i>	76
Tabla 27. <i>Características de los materiales</i>	76
Tabla 28. <i>Resistencia a la compresión de MP a los 3 días.</i>	88
Tabla 29. <i>Resistencia a la compresión de MP a los 7 días.</i>	89
Tabla 30. <i>Resistencia a la compresión de MP a los 14 días.</i>	89
Tabla 31. <i>Resistencia a la compresión de MP a los 28 días.</i>	89

Tabla 32. <i>Porcentajes de resis. máx. del concreto MP a los 3, 7, 14,28 días.</i>	101
Tabla 33. <i>Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 3 días.</i>	90
Tabla 34. <i>Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 7 días.</i>	91
Tabla 35. <i>Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 14días.</i>	91
Tabla 36. <i>Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 28 días.</i>	92
Tabla 37. <i>Porcentajes de resistencias máximas del concreto MP a los 3, 7, 14,28 días.</i>	103
Tabla 38. <i>Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 3 días.</i>	92
Tabla 39. <i>Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 7 días.</i>	93
Tabla 40. <i>Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 14 días.</i>	93
Tabla 41. <i>Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 28 días.</i>	94
Tabla 42. <i>Porcentajes de resistencias máximas del concreto MMS-8 a los 3, 7, 14,28 días.</i>	104
Tabla 43. <i>Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 3 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)</i>	94
Tabla 44. <i>Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 7 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)</i>	95
Tabla 45. <i>Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 14 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)</i>	96
Tabla 46. <i>Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 28 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)</i>	97
Tabla 47. <i>Comparación de las resistencias a la compresión de los concretos máximos MP, MMS-4, MMS-8 a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días. ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 48. <i>Análisis de costo sunitarios (ACU)</i>	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia	113
Anexo 2: Panel fotográfico	114
Anexo 3: Hoja técnica Chema Plast	147
Anexo 4: Hoja técnica Chema Fume	150

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objeto determinar la influencia de la adición o sustitución del cemento Portland por microsilíce en una mezcla de concreto convencional, con la finalidad de evaluar si se produce una mejora en la resistencia del concreto adicionando microsilíce en 4% y 8% con respecto al peso del cemento.

Los agregados utilizados en el proyecto de investigación (grueso y fino), los cuales fueron ensayados de acuerdo a la norma NTP y ASTM para conocer sus propiedades físicas, mientras que las propiedades físicas del cemento y los aditivos fueron obtenidas por las especificaciones técnicas de los fabricantes. La adición de los aditivos que se utilizaron en el presente proyecto fue de acuerdo a las especificaciones técnicas de los aditivos CHEMA FUME (Microsilíce), CHEMAPLAST (Plastificante).

Se elaboraron 90 probetas, de las cuales 30 probetas contenían Mezcla Patrón (MP), 30 probetas contenían mezcla de 4% de adición de microsilíce (MMS-4), y 30 probetas contenían mezcla de 8 % de adición de microsilíce (MMS-8). Los porcentajes utilizados de microsilíce fueron dosis dentro del rango de 5 a 15% con respecto al peso del cemento, recomendado según fabricante.

Las probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión con la finalidad de evaluar si las mezclas con adición de microsilíce de 4% y 8%, generan el aumento de la resistencia a la compresión del concreto mayor a 210 Kg/cm². La mayor resistencia alcanzada fue 396. 69 kg/cm² con la adición de 8% de microsilíce, y con adición de 4% de microsilíce se alcanzó 334. 89 kg/cm².

Palabras Clave: Cemento, NTP, ASTM, resistencia y microsilíce.

ABSTRACT

The purpose of this research project is to determine the influence of the addition or substitution of Portland cement by microsilica in a conventional concrete mixture, in order to evaluate if an improvement in concrete resistance is produced by adding microsilica in 4% and 8% with respect to the weight of the cement.

The aggregates used in the research project (coarse and fine), which were tested according to the NTP and ASTM standard to know their physical properties, while the physical properties of the cement and additives were obtained by the technical specifications of the manufacturers. The addition of the additives that were used in the present project was according to the technical specifications of the additives CHEMA FUME (Microsilica), CHEMAPLAST (Plasticizer).

Ninety (90) specimens were prepared, of which thirty (30) specimens contained Master Mix (MP), thirty (30) specimens containing a 4% admixture of microsilica (MMS-4), and thirty (30) specimens containing an 8% admixture of microsilica (MMS-8). The percentages used for microsilica were doses within the range of 5 to 15% with respect to the weight of the cement, recommended by the manufacturer.

The specimens were subjected to the compression strength test in order to evaluate whether mixtures with the addition of 4% and 8% microsilica generate the increase in the compressive strength of concrete greater than 210 Kg / cm². The highest resistance reached was 396.69 kg / cm² with the addition of 8% of microsilica, and with the addition of 4% of microsilica it reached 334.89 kg / cm²

Keywords: Cement, NTP, ASTM, resistance and microsilica.

INTRODUCCIÓN

El ser humano a lo largo de la historia fue evolucionando en la construcción, llegando a la actualidad a construir estructuras que brindan la comodidad y abrigo ante condiciones climáticas. Con el paso de los años la humanidad fue aumentando notablemente en distintos continentes del mundo, provocando así la mejora de técnicas y procesos constructivos hasta llegar a la actualidad, donde observamos obras arquitectónicas majestuosas.

Las edificaciones en la actualidad son construidas con concretos de alta resistencia, entonces es necesario obtener materiales o aditivos que mejoren la resistencia del concreto, debido que el concreto es el más utilizado en la actualidad por su trabajabilidad, durabilidad y fácil elaboración.

La industria de la construcción en la búsqueda de mejorar las propiedades del concreto, fue creando aditivos químicos que se incorporan en las mezclas de concreto, tal es el caso de la microsílíce, aditivo mineral amorfo de gran finura, resultado de la reducción del cuarzo de alta pureza, que disminuye la aparición de la porosidad en el concreto, evitando así la permeabilidad a sulfatos y cloruros, además incrementa la cohesión y la adhesión entre los agregados. De modo que se obtienen concretos de elevadas resistencias mecánicas, baja permeabilidad y mayor durabilidad.

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar dos mezclas de concreto, una convencional y otra con adición de microsílíce al 4% y 8% con respecto al peso del cemento, para determinar la influencia del aditivo en las características físicas y mecánicas del concreto.

La investigación del proyecto está estructurada en cinco capítulos:

Capítulo I. Planteamiento del problema (Descripción del problema, Formulación del problema, Justificación e importancia, Objetivos, Hipótesis).

Capítulo II. Marco teórico (Antecedentes del estudio, Bases teóricas, Definición de términos).

Capítulo III. Marco metodológico (Tipo y diseño de investigación, Población y/o muestra de estudio, Técnicas e instrumentación para recolección de datos, Procesamiento y análisis de datos).

Capítulo IV. Resultados (Resistencia a la compresión del concreto (MP), Resistencia a la compresión del concreto (MMS-4), Resistencia a la compresión del concreto (MMS-8), Comparación de resistencia a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8, Costo por metro cubico de concreto).

Capítulo V. Discusión

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

CAPITULO I:
**PLANTEAMIENTO
DEL PROBLEMA**

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El concreto es un material de alta firmeza o resistencia, que viene utilizándose desde hace miles de años por el hombre y, en virtud de que se trabaja en su forma líquida, puede adquirir cualquier forma. Esta mezcla de características es la razón principal por lo que el material de construcción es tan resistente.

Tal práctica no es la excepción en la ciudad de Tacna, pues la mayoría de construcciones se construyen en base a concretos convencionales, conformados por tres materiales: el primero, un producto pastoso y moldeable conocido como el cemento; el segundo, constituido por partículas inorgánicas de origen natural de dimensiones variables denominados agregados y, finalmente, estos dos elementos se unen formando una pasta a la cual se le agrega agua, con la finalidad de proporcionarle fluidez y endurecer el concreto, dada la reacción química resultante de esta con el cemento.

El tiempo ha venido demostrando, que las construcciones en las cuales se ha utilizado el concreto que se origina de dicha mezcla tiende a deteriorarse con el pasar de los años, debido a que la durabilidad del concreto es directamente proporcional a su permeabilidad, pues las sustancias químicas como los cloruros y sulfatos penetran a través de los poros del material y causan corrosión en el acero de refuerzo, lo que provoca agrietamiento o desprendimientos del recubrimiento, o ambos fenómenos a la vez. Esta situación obliga a refaccionar o, en casos extremos, a demoler la estructura y volver a construirla, trayendo como consecuencia altos costos de mantenimiento; razón por la cual, en aras de darles mayor longevidad y disminuir éstos costos, se propone incorporar un cuarto elemento que se encargaría de modificar sus características y propiedades para lograr así el comportamiento deseado del concreto en tal sentido.

El último elemento se puede corresponder a la microsíllice, un aditivo que no se use con frecuencia debido al poco conocimiento que se tiene al respecto y que significa un costo adicional, el cual puede traer beneficios adicionales al proporcionar un mejor desempeño y resistencia a los elementos agresivos; razón por la cual constituye el objeto del presente proyecto de investigación la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto

convencional sustituyendo dosis o adiciones de cemento por microsílíce, con el fin de lograr el objeto antes planteado.

1. 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia de adiciones de microsílíce en el concreto convencional cuando se adiciona dosis de cemento por microsílíce?

1. 3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente proyecto de investigación responde a la necesidad de evaluar la “INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”; habida cuenta de que una gran parte de la infraestructura de la ciudad de Tacna utiliza este tipo de concreto convencional y se hace necesario disponer de materiales que posean un buen desempeño y resistencia contra elementos agresivos.

Además de cumplir con los requisitos necesarios para ser utilizado como material de construcción; razón por la cual se ha elegido la microsílíce como aditivo a estudiar.

Otra de las razones que motiva el presente proyecto de investigación lo constituyen los altos costos que se destinan a actividades de mantenimiento y reparación de las infraestructuras en general, por lo que se orientará al análisis del comportamiento del concreto al adicionar o sustituir en la mezcla dosis de cemento por microsílíce con el fin de verificar si mejora la resistencia a la compresión del concreto para darle una mayor vida útil al concreto.

Como ultima justificación radica en la escasez de proyectos de investigación relacionados con el tema propuesto, específicamente con el concreto tratado con microsílíce, por lo que se considera que su elaboración contribuirá un aporte tanto para el campo de la construcción, como para futuros graduandos de la Universidad Privada de Tacna.

1. 4. OBJETIVOS

1. 4. 1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de las adiciones de microsílíce en la propiedad mecánica de resistencia de compresión del concreto.

1. 4. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Interpretación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Arunta.
- b. Determinación de la máxima resistencia a la compresión utilizando adiciones de microsílíce para condiciones y especificaciones dadas.
- c. Determinación del costo por metro cúbico del concreto elaborado con adiciones de microsílíce.

1. 5. HIPÓTESIS

1. 5. 1. HIPÓTESIS GENERAL

La adición de microsílíce de 4% y 8% con respecto al peso del cemento en el diseño de mezclas mejora la resistencia a la compresión del concreto.

1. 5. 2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a. Los agregados de la cantera Arunta sin adiciones de microsílíce tienen la resistencia a la compresión dentro de rangos normales de un concreto convencional.
- b. Las adiciones de microsílíce de 4% y 8% utilizados en el diseño de mezclas del concreto tiene un mayor costo por metro cúbico.

CAPITULO II:
MARCO TEÓRICO

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2. 1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de la investigación, el cual lleva como título “INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”, se consultaron estudios relacionados para adquirir conocimientos y una orientación acerca del tema.

Los estudios relacionados para la realización de la investigación son los siguientes:

2. 1. 1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Falcón y Contreras (2012). “Evaluación Física y Mecánica de Concreto Convencional Sustituyendo Dosis de Cemento por Microsílice con un Asentamiento de 5” y una Resistencia a la Compresión de 250 kgf/cm²”.

Para optar por el título de Ingeniero civil. Universidad Nueva Esparta. Caracas. Este trabajo de investigación nos ayudó a determinar la influencia de la sustitución de un porcentaje de cemento portland tipo I por microsílice en una mezcla de concreto, la sustitución de cemento por microsílice produjo una mejora en la resistencia del concreto.

Ferreiro (2008). “Concreto de Alta Resistencia Temprana”. Para optar Título Profesional de Ingeniero Civil en Construcción Urbana. Universidad Autónoma de México. México.

Este trabajo de investigación ayudó a evaluar las diferentes variantes del concreto de alta resistencia y la influencia que tienen los reductores de agua en el proceso de endurecimiento y resistencia del concreto.

López (2011). “Influencia del Porcentaje de adición de la micro sílice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño”. Tesis para optar Título de Maestría en Ingeniería de Estructuras. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

La investigación nos ha servido para la producción de concretos de alto desempeño con materiales de origen local, como también nos da detalles de la resistencia y durabilidad ante fenómenos más complejos que sufre el concreto.

Mancipe, Pereira y Bermúdez (2007). “**Diseño de Concretos de Alta Resistencia a partir de una puzolana natural**”. Para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de la Salle. Bogotá.

Esta investigación nos ayudó a hacer un buen diseño de mezcla tanto para las probetas patrón y las probetas con adición de microsílíce.

Morataya (2005). “**Concreto de alta resistencia**”. Para optar por el Título de Ingeniero Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Esta investigación nos ayudó a guiarnos en normas que deben utilizarse para cada uno de los materiales que usaremos en nuestra investigación. También nos ayudará a encontrar la relación agua/cemento que se considerará en nuestra investigación.

Pérez (2008). “**Caracterización de morteros con adición de combinaciones de micro sílice y nano sílice**”. Tesis para optar por el título de Ingeniero civil en obras civiles. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

La investigación nos brindó información de las propiedades mecánicas y físicas de un mortero tratado con adiciones microsílíce y nano sílice haciendo una comparación de ambas mediante ensayos de laboratorio y una caracterización microscópica superficial.

Seguel (2006). “**Hormigones de alta resistencia H-70**”. Para optar por el título de Ingeniero civil en obras civiles. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo analizar el uso y desempeño de los Hormigones de Alta Resistencia, aplicados en el concreto, observando la influencia de esta nueva adición, nano sílice o sílice en solución, para determinar las modificaciones y mejoras de las propiedades del hormigón.

2. 1. 2. ANTECEDENTES NACIONALES

Benites (2010). “**Concreto (hormigón) con cemento portland puzolánico IP Atlas de resistencias tempranas con la tecnología**”. Tesis para optar título de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma. Lima.

Esta investigación nos ayudó a tener conocimientos reales del concreto de su resistencia y su durabilidad.

Escobedo (2014). “**Incidencia de la nano sílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I**”. Tesis para optar título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.

La investigación nos dio nociones de la utilización de la nanosílice y microsílice en la resistencia de concreto utilizando cemento portland tipo I.

Dávila y Sáenz (2013). “**Propuesta de elaboración de concreto de alta resistencia, con el uso de aditivo súper plastificante adiciones de microsílice y cemento Portland Tipo I, en el departamento de Lambayeque.** Para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Señor de Sipán. Pimentel.

Este trabajo investigación nos ayudó a buscar una metodología para obtener concretos de alta resistencia de acuerdo a las normas y dosificación óptima con respecto al peso del cemento.

Huincho (2011). “**Concreto de alta resistencia usando aditivo súper plastificante microsílice y nano sílice con cemento portland tipo I**”. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

La investigación nos ayudó a hacer un buen diseño de mezcla para lograr un concreto de alta resistencia preparados con microsílice (chama fume).

Molina y Chara (2017). “**Influencia de la adición de nano sílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa**”. En la tesis para poder optar título profesional de ingeniero civil de la Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa.

Este trabajo de investigación nos ha servido para tomar en cuenta las resistencias a compresión a la cual someteremos nuestras probetas y también las diferentes tasas de dosificación de microsílice con respecto al peso del cemento.

Ottazzi (2004). “**Material de apoyo para la enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado**”. Tesis para poder optar el grado académico de magíster en ingeniería civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

La presente investigación nos brindó información de diseño de mezclas, así como el comportamiento del concreto armado.

Sánchez (2008). “**Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción del concreto de alto desempeño**”. Para optar Título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Este trabajo de investigación nos brindó información sobre concretos de alta resistencia en el Perú.

Zegarra y Zegarra (2015). “**Estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca sika 3 y Chema 5 en concretos aplicables en zonas alto andinas de la región Lambayeque**” En la tesis para poder optar título profesional de ingeniero civil de la Universidad Señor de Sipán. Pimentel.

Esta investigación nos ayudó a tener conocimientos claros en cómo desarrollar nuestro proyecto con respecto a las adiciones de microsilíce en el concreto.

2. 2. BASES TEÓRICAS

2. 2. 1. EL CONCRETO

El concreto inicio su historia a mediados del siglo XVIII, con investigaciones que realizo Jhon Smeaton y Joseph L. Vicat. A principios del siglo XIX se desarrolló el cemento Portland yal comienzo del siglo XX, se estudiaron y establecieron la mayoría de las relaciones que rigen el comportamiento del material. Su evolución y progreso es permanente habiendo logrado importantes avances tecnológicos importantes. (Porrero, 2009)

Según la fundación ICA (2000) el concreto más común, se produce mezclando los tres componentes esenciales, agua, cemento, agregados, a los que finalmente se incorpora un último componente aditivo. Al combinarlos

componentes se produce lo que se conoce como una mezcla de concreto, se introduce simultáneamente un quinto participante representado por el aire.

Se produce una mezcla íntima (masa plástica) que puede ser compactada y modelada sencillamente; sin embargo, gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas se vuelve rígida y comienza a alcanzar la apariencia, el comportamiento y las propiedades de un cuerpo consistente, que finalmente llega a convertirse en concreto duro.

La importancia común del concreto convencional en un estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, definidos globalmente como agregados, dispersos, incluso una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla como esta hay muy poco o ningún contacto entre las partículas agregadas, características que tienden a permanecer en el concreto endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos, a saber:

- Las características, composición y propiedades de la pasta del cemento, o matriz cementante, endurecida.
- La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.
- La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

En el primer aspecto debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el ejemplo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe de resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.

En cuanto a la calidad de agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñarse la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de la exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de matriz cementante con los agregados depende de diversos factores, tales como: las

características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

De la esmerada atención a estos aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto como material de construcción para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio. Pero eso, que sólo representa la previsión de emplear el material potencialmente adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras. (Fundación ICA, 2000)

A. Usos del concreto

Según Porrero (2009) el concreto se produce mediante la mezcla de los tres componentes esenciales, cemento, agua, agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, bien sea por el uso de diferentes componentes o por la distinta proporción de ellos. De este modo es posible obtener diversas plasticidades, resistencias y apariencias, logrando así satisfacer los particulares requerimientos de la construcción. Esa versatilidad es una de las razones que permite explicar la creciente expansión del uso del material.

El concreto se usa en elementos estructurales de edificaciones tales como columnas, vigas, losas, muros; así como en pavimentos, zonas de estacionamientos, represas, canales, túneles, puentes, adoquines, reservorios y otros múltiples usos. (Porrero, 2009).

Los agregados pueden ser de gran tamaño, como el caso de represas o estribos de puentes, o de pequeño tamaño, para los morteros, por ejemplo. Pueden ser especialmente pesados o livianos. La consistencia del concreto puede ser muy seca, como en el caso de los elementos prefabricados, o puede lograrse muy fluida, como se recomienda para elementos de poca sección y mucha armadura. Sus resistencias mecánicas pueden ser de niveles muy variados, de acuerdo con las necesidades. (Porrero, 2009).

B. Propiedades y características del concreto fresco y endurecido

El concreto tiene uso externo como material de construcción debido a sus características favorables. El más importante es la relación resistencia-costo en muchas aplicaciones. Otra es que el concreto, mientras está en su estado de endurecimiento, puede colocarse con la facilidad dentro del encofrado a temperaturas normales para producir casi cualquier forma. Además, tiene una alta resistencia al fuego y la penetración del agua. (Merritt, 1995).

Las características del concreto pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque este débil en otras. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable, hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña. (Merritt, 1995)

C. Concreto fresco

Porreo (2009) denomina “concreto fresco” al material mientras permanece en estado fluido, es decir desde el momento cuando todos los componentes son mezclados hasta que se inicia el atiesamiento de la masa (periodo plástico).

Son muchas las propiedades del concreto fresco que interesan y pueden llegar a ser críticas, no solo por su relación con el manejo del concreto en ese estado, sino porque pueden servir como señal anticipada de las propiedades que pueda tener el material al endurecer posteriormente. Indicios de que algún comportamiento atípico del concreto en este estado inicial avisa, en muchos casos, que en estado endurecido también pueda ser impropio a su calidad.

El comportamiento del concreto fresco depende de las siguientes variables: sus componentes, de las características del mezclado, de su diseño, del medio ambiente circundante y de las condiciones de trabajo.



Figura1. Concreto fresco
Fuente: Elaboración Propia

D. Reología

Bajo este término se agrupan el conjunto de características de la mezcla fresca que posibilitan su manejo y posterior compactación. Desde el punto de vista físico, estas características dependen de la densidad y de la tixotropía en cada momento del tiempo. En la práctica se define la reología del concreto basándose en las tres características siguientes: fluidez o trabajabilidad, consolidación, estabilidad a la segregación. (Porrero, 2009)

E. Fluidez

La fluidez describe la calidad del fluido o viscosidad que indica el grado de movilidad que puede tener la mezcla. En un sentido general, la palabra “trabajabilidad” también se emplea con el significado de fluidez. Consistencia es la condición “tiesa” y se puede considerar el antónimo de fluidez. (Porrero, 2009)

F. Compatibilidad

Cuando la mezcla es vibrada se hace más fluida y puede así distribuirse más uniformemente, envolviendo bien las armaduras y ocupando todas las sinuosidades del encofrado. Esta es la propiedad que se conoce como tixotropía: atiesamiento en reposo y fluidificación en movimiento; y es la característica que permite la compactibilidad de la mezcla y su adaptación al molde. (Porrero, 2009)

G. Mezclado

Kosmatka y Panarese (1992) señalan que para garantizar que los componentes básicos del concreto estén combinados en una mezcla homogénea, se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de la carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo, se puede variar esa secuencia y, aun así, producir concreto de calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento de agua, en el total de revoluciones del tambor de la mezcladora y en la velocidad de revolución.

Otros factores importantes en el mezclado son los tamaños de la revoltura en relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre la dosificación y el mezclado, el diseño, la configuración y el estado del tambor mezclador y las paletas. Las mezcladoras aprobadas, con operación y mantenimiento correctos, aseguran un intercambio de materiales de extremo a extremo por medio de una acción de rolado, plegado y amasado de la revoltura sobre si misma a medida que se mezcla el concreto.

H. Trabajabilidad

La trabajabilidad es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. Aunque ella resulta difícil de evaluar, en esencia, es la facilidad con lo cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante pueda manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. Una característica de la trabajabilidad que los ingenieros tratan a menudo de medir, es la consistencia o fluidez. El concreto debe ser trabajable pero no de segregar, ni sangrar excesivamente, es decir no debe existir una migración excesiva del agua hacia la superficie del mismo.

El asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad. El asentamiento corresponde a la expresión del resultado (Prueba del Cono de Abrams), que permite medir la condición plástica del material, a la cual se le conoce trabajabilidad. (Kosmatka y Panarese, 1992)

I. Cono de Abrams

Porrero (2009) explica que el asentamiento medido con el cono de Abrams. Según la norma CONVENIN 339, "Concreto. Método para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams" y ASTM C143, es un índice bastante practico; aunque no mide todas las propiedades plásticas de la mezcla, ni las valora con el mismo grado de influencia que ellas realmente tienen en el

concreto, brinda una información útil sobre todo en términos comparativos. Se usan también otros métodos de ensayo que, aun siendo de restricciones similares a las del Cono, valoran el grado de influencia de las propiedades reológicas de otra forma, y resultan más convenientes en algunos casos específicos.

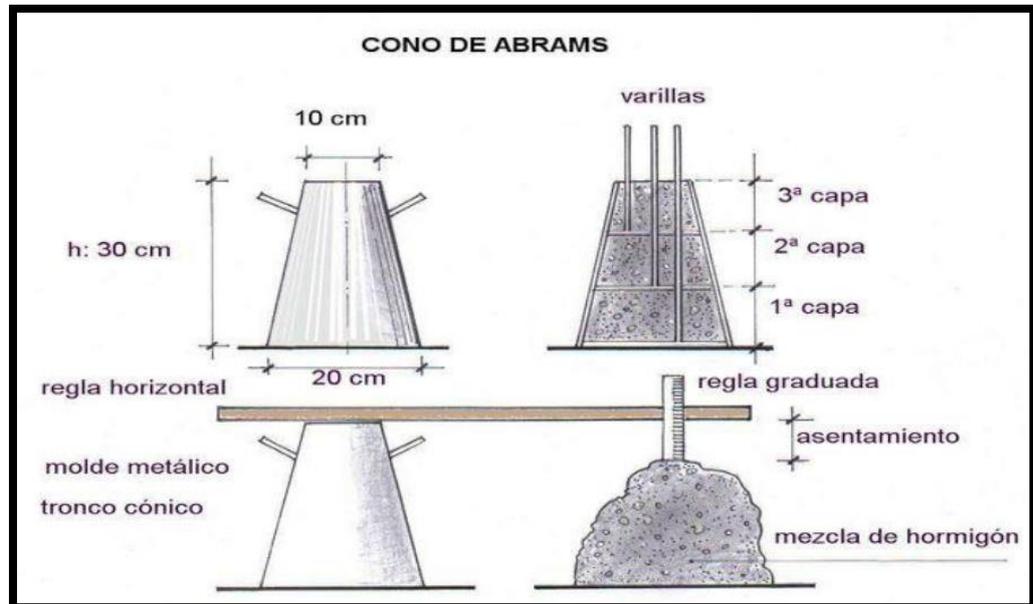


Figura2. Cono de Abrams

Fuente: <http://www.construmatica.com>

Independientemente de estos aspectos, el Cono tiene limitaciones, ya que es útil solamente para concretos con agregados pétreos, tamaños máximos menores a 5 centímetros y con relativa plasticidad, caracterizada por asentamientos entre unos 2 y 17 centímetros.

Otra limitación del Cono de Abrams es su insensibilidad para concretos ásperos y pedregosos. En los concretos normales, la masa del cono, ya desmoldada, suele quedar de forma más o menos abombada según su asentamiento, simétrica y con superficie superior casi plana. Las mezclas pedregosas, al ser desmoldadas, suelen tomar forma del cono con su case superior inclinada o totalmente caída lateralmente, o se desmoronan, según sea su contenido de agua. En cierto modo, este resultado indicaría un concreto propenso a la segregación.

El ensayo utiliza como única energía de deformación la gravedad mientras que, en la práctica, sobre la fuerza se superponen las proporciones por otros medios en especial por la vibración; de tal manera que el cono no puede representar adecuadamente la mayor o menor facilidad que puede tener el material para acomodarse en el encofrado, entre las armaduras.

Tabla 1. *Valores usuales de Asentamiento*

ELEMENTO	ASENTAMIENTO(cm)	
	DE	A
Prefabricados	-	6
Fundaciones Ciclópeas	3	8
Pedestales y muros de fundación armados	4	8
Pavimentos	5	8
Losas, vigas, columnas, muros de corte	6	11
Paredes estructurales delgadas	10	18
Transportado por bombeo	6	18
Súper plastificado	Mayor de 18	

Fuente: Porrero (2009), Manual del Concreto Estructural.

Concreto endurecido

Se denomina concreto endurecido al material cuando pasa al estado sólido y se convierte en una verdadera roca artificial, esto se debe a la reacción entre el agua y el cemento. (Porrero, 2009)

J. Curado del concreto

Según Porrero (2009) define el curado como la operación mediante la cual se protege el desarrollo de las reacciones de hidratación del cemento, evitando la pérdida parcial del agua de reacción por efecto de evaporación superficial. Si al haberse completado la compactación y las operaciones posteriores de alisamiento de las superficies visibles, se abandonan las piezas recién elaboradas, se producirá un proceso de evaporación del agua contenida en la masa del concreto, tanto más veloz y pronunciado cuanto mayor sea la capacidad desecante del medio ambiente, la cual depende de: la temperatura, la sequedad y el viento. Cuando la evaporación supera 1 Kg/m²/hora se deben de tomar medidas para evitar pérdida excesiva de humedad en la superficie del concreto endurecido.

Aunque en las mezclas normales de concreto se incorpora más que suficiente agua para la hidratación, el secado del concreto después del fraguado inicial puede demorar o impedir la hidratación completa. El curado incluye todas las operaciones que mejoran la hidratación después que se ha fraguado el concreto. Si se efectúan en forma correcta por un periodo suficientemente largo, el curado produce un concreto más fuerte e impermeable. Los métodos pueden clasificarse como mantenimiento de un ambiente húmedo con la adición de agua, sellado del agua dentro del concreto y los que apresuran la hidratación. (Merritt, 1992)

2. 2. 2. ELCEMENTO

El cemento portland es producto de la calcinación de rocas calizas y arcillosas; y ocupa entre el 7% y 15% del volumen de la mezcla. El agua ocupa entre el 14% y el 18% del volumen de la mezcla e hidrata al cemento portland, por complejas reacciones químicas, dando como producto final el concreto. La mezcla de cemento portland y agua se conoce como pasta y sirve como lubricante de la mezcla fresca. La pasta endurecida provee de propiedades al concreto. (Rivva, 2006)

El cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda. (NTP 334. 009).

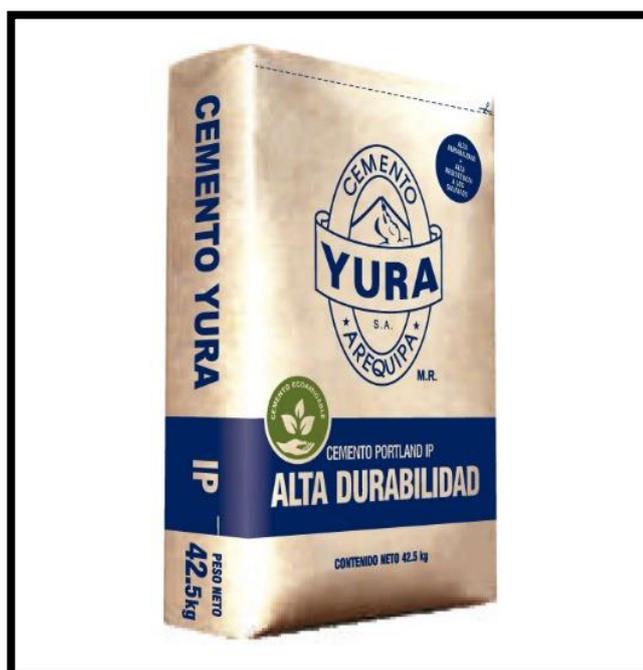


Figura 3. Bolsa de cemento Portland tipo IP

Fuente:<http://www.construproductos.com/producto.php?idprod=308>

K. Tipos de cemento Portland

Según (NTP 334. 009), estos serían los tipos de cemento:

- **Tipo I**, de uso normal, cuando no se requiere característica especial, se usa en toda obra civil normal.
- **Tipo II**, cemento de moderado calor de hidratación y resistencia moderada a la acción de los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- **Tipo III**, cemento de altas resistencias iniciales, se utiliza cuando se requiere una rápida puesta de servicio de la estructura de concreto o ganancias rápidas de resistencia.
- **Tipo IV**, cemento de bajo calor de hidratación, se utiliza para la fabricación de concretos masivos.
- **Tipo V**, cemento de alta resistencia al ataque de los sulfatos, se utiliza en zonas donde la presencia de los sulfatos es elevada.

2. 2. 3. LOS AGREGADOS

Los agregados como fragmentos o granos pétreos cuyas finalidades especiales son abaratar la mezcla y dotarlas de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la retracción plástica. Constituyen mayor parte la masa de concreto, ya que alcanzan a representar entre 70 y 85% de su peso, razón por la cual las características resultan importantes para la calidad de la mezcla final.

Las características de los agregados empleados deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de ciertas propiedades en el concreto, entre las cuales destacan: la trabajabilidad, las exigencias del contenido del cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de resistencias mecánicas. (Porrero, 2009).

A. Tipos de agregados

Los agregados están compuestos por dos fracciones de granulares, una formada por partículas más finas del conjunto, y la otra por los granos gruesos, que pueden ser trazados de rocas trituradas a los tamaños convenientes, o granos naturales redondeados por arrastre de las aguas. Los agregados gruesos de buena calidad pueden obtenerse de cualquier tipo de roca consistente.

Los tipos de agregados son:

- Agregados finos (arena fina, arena gruesa).
- Agregados grueso (grava, piedra).

Debido a que el agregado constituye la parte mayor de la mezcla, entre más agregado posea, resultará un concreto más económico, con la observación de que la mezcla sea de una razonable manejabilidad para el trabajo específico en el que se utilice. (Porrero, 2009).



Figura 4. Agregado grueso (Grava)

Fuente:<http://www.piolin.cl>



Figura 5. Agregado fino (Arena)

Fuente:<http://www.piolin.cl>

B. Agregado fino

Es aquel agregado que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz NTP 9. 4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en la Normas NTP 400. 037 ó ASTM C 33".

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactadas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva, 2000).

C. Granulometría

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la NTP 400. 037 ó ASTM C 33". La granulometría seleccionada será perfectamente 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, 2000).

Tabla 2. Límites de granulometría para 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: NTP 400. 037 ó ASTM C-33.

El agregado fino deberá tener no más de 45 por ciento retenido entre 2 tamices consecutivos de los indicados en la tabla anterior. (Salguero, 2004).

Tabla 3. 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: NTP 400. 037 ó ASTM C-33.

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. (Salguero, 2004).

D. Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en las NTP 400. 307 ó ASTM C 33. (Rivva, 2000).

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de los concretos livianos podrá ser natural o artificial. (Rivva, 2000).

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

E. Granulometría

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla 2, para mallas de la Serie Tyler. La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. (Rivva, 2000)

Tabla 4. *Límites de granulometría para agregado grueso*

Tamaño Nominal	% que pasa por las siguientes mallas							Nro. 4	Nro. 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: NTP 400. 037 ó ASTM C-33.

F. Módulo de finura

Es un parámetro que te indica que tan fino o grueso es el conjunto de partículas de un agregado. Este se obtiene sumando los porcentajes de los retenidos acumulados sobre los cedazos de la serie normativa y dividiendo la suma entre cien. Este valor puede servir, en cierto modo, como representativo de la finura de la arena. (Pineda, 2009)

G. Tamaño máximo

Se denomina tamaño máximo de sus partículas más gruesas, medido como abertura de un tamiz que deje pasar el 95% del material combinado. Cabe destacar que los tamaños máximos muy grandes, además de producir segregación en el concreto, son desfavorables ante fractura. Desde el punto de vista técnico, su relación con las características de la mezcla es decisiva para la calidad y economía de ésta. (Pineda, 2009)

H. Propiedades físicas

a. Humedad

La humedad se considera como la diferencia entre el húmedo y el mismo secado al horno. Suele expresarse como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta humedad se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: Una es el relleno de los poros y los micro poros internos, y la otra es como una película envolvente, más o menos gruesa. (Pineda, 2009)

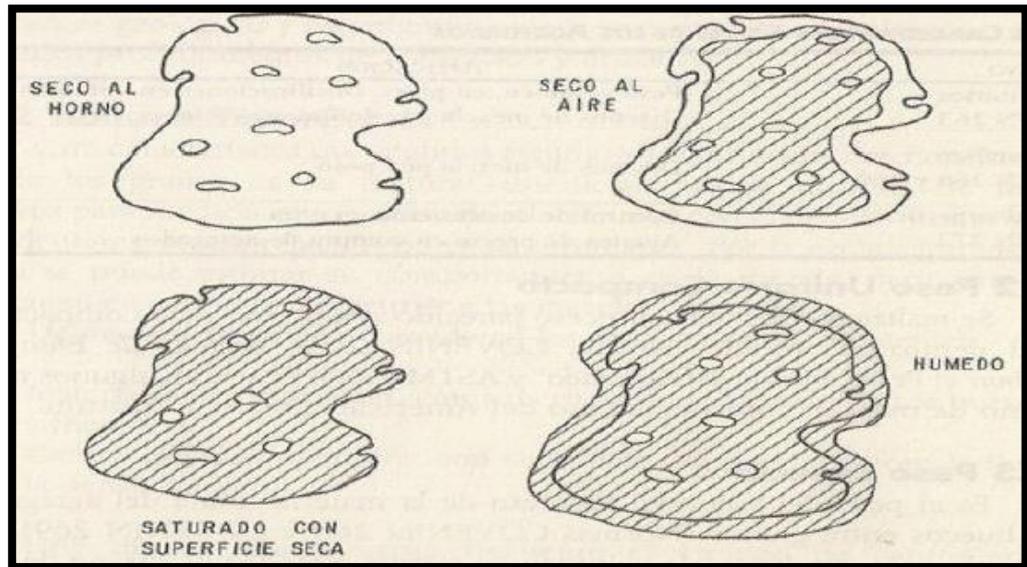


Figura 6. Distintas condiciones de humedad de los agregados
Fuente: Porrero, (2009), Manual del Concreto Estructural

b. Absorción de los agregados

Según la norma ASTM C-127 es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como seco cuando se ha mantenido a una temperatura de 110°C, por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada. Cuando se examina la aptitud física de los agregados, es conveniente conocer y valorar las características propias de cada material, entre las cuales podemos nombrar la absorción.

c. Peso específico

Es una propiedad física de los agregados y está definida como la relación entre el peso y el volumen del sólido de una masa de agregado, sin contar los espacios vacíos que quedan entre grano y grano. (Pineda, 2009)

d. Peso unitario de los agregados

Es una propiedad que indica el grado de acomodamiento de las partículas, así mientras mayor sea este, menor será el volumen de vacíos entre ellas.

Se clasifican en:

- Peso unitario suelto. Se usa para diseños en volumen donde se supone que el agregado se medirá sin compactación. El material se deja caer libremente dentro de un recipiente. (Pineda, 2009)

- Peso unitario compactado. Análogo al suelto, pero el material no se deja caer libremente al recipiente sino se compacta en forma similar a como se hace con el concreto. (Pineda, 2009)

2. 2. 4. EL AGUA

El agua que se empleará en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la NTP 334. 088 y ser, de preferencia potable.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor al 1 %; aguas que contengan algas, materia orgánica, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o derivados. (Rivva, 2000).

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible. (Rivva, 2000).

A. Agua para mezclado

El agua para el mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación al concreto. Se estima que en condición de ambiente saturado el agua para hidratación equivale al 25% en el peso del cemento; el resto se evapora. (Porrero, 2009)

Ciertas impurezas en el agua pueden causar reacciones perjudiciales al concreto o alteraciones en sus propiedades, a saber: trabajabilidad, tiempos de

fraguado, resistencias mecánicas, adherencia entre concreto y refuerzo, permeabilidad, durabilidad, aspecto. (Porrero, 2009)

B. Agua para curado

La hidratación del cemento comienza al contacto con el agua de mezclado, y desde la superficie de cada grano de cemento hacia el interior; es un proceso muy rápido en los primeros minutos y horas, que se prolonga por varios meses y años siempre que haya humedad suficiente. Durante las primeras horas hay reserva suficiente de agua en el concreto y, luego, se pierde progresivamente por evaporación primero desaparece el agua de exudación, que es la capa superficial, brillante, que se observa al realizar la compactación del concreto y, ya semi endurecido el concreto, hay una migración y evaporación del agua interna necesaria para la reacción del cemento. (Porrero, 2009)

2. 2. 5. LOS ADITIVOS

Según Porrero (2009) define a los aditivos como aquellos productos químicos que se añaden en pequeñas proporciones a los componentes principales de los morteros o de los concretos, durante su mezclado, con el propósito de modificar algunas de las propiedades de las mezclas en estado fresco y en estado endurecido. Las limitaciones y especificaciones para el uso de aditivos se presentan en el artículo 3. 5 de la Norma COVENIN 1735, "*Proyecto y diseño de obras de concreto estructural*".

Los aditivos al ser empleados en las mezclas de concreto deberán cumplir con los requisitos de la norma 339. 086. Su uso está limitado por lo indicados en las especificaciones técnicas del proyecto y por la autorización de la inspección. (Rivva, 2000).

Al evaluar la conveniencia o no del uso de un determinado aditivo se debe tomar en cuenta, no solo las ventajas que se supone reportara su empleo, sino también las precauciones adicionales a respetar durante todo el proceso. Además del incremento del costo directo que se supone la incorporación de un componente adicional, hay que evaluar el costo de control de calidad más cuidadoso que su empleo obliga. Dosis excesivas de aditivos pueden generar reacciones imprevistas (fraguados instantáneos, concreto que no endurece,

segregación y exudación excesiva, disminución importante de la resistencia) y una dosis insuficiente podría no tener efecto. (Porrero, 2009)

En general se recomienda seguir las indicaciones de uso señaladas por los fabricantes pero, para obtener resultados óptimos, es imprescindible comprobar la efectividad del producto con los materiales y condiciones que se van a utilizar en la obra. Las dosis recomendadas en la literatura técnica y divulgativa deben tomarse solo como índices aproximados. Las dosis reales deben ser estudiadas para las condiciones particulares de cada caso, mediante la ejecución de mezclas de prueba debidamente controladas. Algunas especificaciones obligan al fabricante a señalar, además de la dosis normal recomendable, la dosis máxima permisible. (Porrero, 2009)

2. 2. 6. LA MICROSÍLICE

El humo de sílice, llamado también microsíllice, es un polvo muy fino, obtenido por decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferro silicón, el cual está compuesto del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo y que tiene propiedades puzolánicas que le permiten reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con notable incremento en las propiedades positivas del concreto, especialmente su resistencia en compresión y su durabilidad.

Es un subproducto de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón mineral, el cual es calentado a 2000 grados Centígrados en un horno de arco eléctrico durante la fabricación de aleaciones de ferro silicio y silicio metálico, siendo la aleación recogida en el fondo del horno.

El cuarzo es calentado conjuntamente con carbón o madera, empleados para remover el oxígeno. Conforme el cuarzo se reduce a aleación, deja escapar vapores de óxido de silicio. En la parte superior del horno estos humos se oxidan en contacto con el oxígeno de la atmósfera y se condensan en micro esferas de sílice amorfa.

La microsíllice es una puzolana altamente reactiva que puede ser usada como aditivo de 5% - 15 %, por peso de cemento y puede aumentar significativamente la resistencia. Es utilizado con frecuencia con ceniza volante o cementos de escoria además del cemento Pórtland. (Hernández, D. 1994).



Figura 7. Microsílice
Fuente: Elaboración propia

A. Propiedades de la microsílíce

Cuando se agrega microsílíce a la mezcla de concreto la impermeabilidad se incrementa dramáticamente porque el humo de sílice reduce el número y el tamaño capilar que normalmente permitirían a los contaminantes infiltrarse en el concreto así que el concreto modificado con microsílíce no es solo mas fuerte dura mucho más tiempo que un concreto sin ella (hasta 2,2 veces), porque es más resiste a ambientes agresivos.

Además, como un relleno y puzolana (sustancias silicias que, reducidas a polvo y amasados con cal forman aglomerantes hidráulicos), las acciones duales de la microsílíce son evidentes a lo largo del proceso de hidratación del cemento.

En Noruega, donde la micro sílice se empezó a ofrecer comercialmente en la década de los 60 se descubrió que un kilogramo de micro sílice puede reemplazar de 1 a 4 kilogramos de cemento portland. Esto es posible debido a que las resistencias obtenidas con el concreto dosificado con humo de sílice son mucho mayores que las especificaciones para un concreto normal; por lo cual, con un diseño de mezcla de menor resistencia pero con un porcentaje de microsílíce por peso de cemento, es posible obtener la resistencia esperada inicialmente.

Los primeros usos de microsílíce se dieron en aplicaciones de este tipo, con el propósito de reducir el costo del concreto, el calor de hidratación y cambios volumétricos(contracción) con factores de cemento altos. (Hernández, 1994).

B. Chema Fume

Es un aditivo mineral en polvo compuesto por sílice en estado cristalino (microsílice) que reacciona químicamente con el hidróxido del calcio del cemento para formar silicatos hidratados. De modo que se obtienen morteros y concretos de elevadas resistencias mecánicas, baja permeabilidad y mayor durabilidad.

Chema Fume cumple con la especificación ASTM C1240.



Figura 8. Chema Fume

Fuente: Elaboración Propia

C. Ventajas chema fume

- Aumento de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.
- Disminuye el porcentaje de vacíos aumentando la impermeabilidad.
- Forma compuestos hidratados, disminuyendo la exudación y aumentando la cohesión.
- Mejor resistencia a agentes químicos externos (cloruros, carbonatos, sulfatos).

- Mejora el desempeño de la mezcla cementicia.
- Mayor vida útil de la estructura.

D. Usos de chema fume

- Elaboración de concretos y morteros de alta resistencia.
- Elaboración de concretos y morteros para minería (shotcrete).
- Elaboración de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad.
- Estructuras marinas, puertos, túneles, puentes, represas.

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones técnicas y características de chema fume.

E. Datos técnicos de chema fume

Tabla 5. *Contenido de datos técnicos de Chema Fume*

DATOS TÉCNICOS CHEMAFUME	
Aspecto	Polvo
Color	Gris
Cristalografía	Solido Amorfo
Densidad	2. 35 g/cm ³
Retenido sobre malla 50 µm (n° 325 astm)	3. 70%
Superficie específica bet	24 m ² /g
Índice de actividad puzolánica, 7 días	142%
Perdidas por ignición	9. 40%
Contenido de sílice, sio ₂	96. 60%
Expansión autoclave	-0. 04%

Fuente: Grupo Chema S. A. C.

F. Preparación y aplicación de chema fume

Adicionar Chema Fume de la misma forma que es dosificado el cemento, en el equipo mezclador, según lo especificado en la norma ASTM C94.

G. Rendimiento de chema fume

La dosis de Chema Fume es entre 5 y 15 % del peso del cemento, debido a la formación del gel de silicato de calcio hidratado, se presentará un consumo

adicional de agua, por lo que se debe considerar el uso de Chema Súperplast en su mezcla. El peso de cada envase es de 22. 7 Kg.

H. Precauciones y recomendaciones

- En caso de emergencia, llama al CETOX (Centro Toxicológico).
- Producto toxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
- No comer ni beber mientras manipula el producto.
- Lavarse las manos luego de manipular el producto.
- Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.
- Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
- En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua.
- Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

2. 2. 7. CHEMA PLAST (PLASTIFICANTE)

El CHEMAPLAST es un aditivo plastificante de color marrón a base de agentes dispersantes de alta eficacia exento de cloruros .Es un producto adecuado a las especificaciones ASTM C-494 tipo A

Hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil.

Colocación con un contenido de hasta 10 % menor de agua, generando aumento de resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto. (Ver cuadro de impermeabilizantes Integrales CHEMA).



Figura 9. Chemaplast

Fuente: Elaboración Propia

A. Ventajas Chemaplast

El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes ventajas:

- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.
- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos esbeltos con alta densidad de armadura con una ligera vibración, sin necesidad de aumentar la relación agua/cemento.
- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.
- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.
- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.
- No contiene cloruros.
- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.

- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS.

B. Usos Chemaplast

- En concretos estructurales de edificios y en elementos esbeltos.
- En concreto específicamente cara vista.
- En concretos pretensados y post-tensados.
- En trabajos hidráulicas.
- En concretos para elementos pre-fabricados: buzones, postes, tuberías, etc.
- En concretos para puentes y pavimentos.
- En concretos que se deben desencofrar a temprana edad.
- En concretos de separación en general.
- En construcción frente al mar se recomienda utilizarlo desde cimientos, en el concreto de techos y vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo. en esculturas de concreto.

C. Datos técnicos de Chemaplast

Tabla 6. *Contenido de datos técnicos de Chemaplast*

DATOS TÉCNICOS	
Densidad(Kg/gal)	4. 10 -4. 30
PH	8. 0-9. 5
Color	Marrón oscuro
Aspecto	Liquido

Fuente: Grupo Chema S. A. C.

D. Preparación y aplicación de Chemaplast

- Agregar de 145 ml como a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento al agua de amasado de acuerdo al efecto deseado, sin combinarlo con otros aditivos. Se sugiere realizar pruebas previas con los materiales, tipo de cemento y condiciones de obra.
- Para morteros impermeables usar diseño 1:3(1 de cemento+3 de arena final).

E. Rendimiento de Chemaplast

La dosis sugerida es de 145 ml como a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento.

La dosis óptima debe determinarse mediante pruebas con los materiales, el tipo de cemento y las condiciones de la construcción.

F. Precauciones y recomendaciones

- En caso de emergencia, llama al CETOX (Centro Toxicológico).
- Producto toxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
- No comer ni beber mientras manipula el producto.
- Lavarse las manos luego de haber manipular el producto.
- Utilice guantes de seguridad, gafas y ropa protectoras de trabajo.
- Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.
- En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.
- Si es ingerido, no provocar vómitos; procure buscar ayuda médica.

2. 2. 8. EL DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla se realiza mediante el procedimiento en el cual se calculan las cantidades de una mezcla de concreto, para lograr el comportamiento deseado, tanto en su estado plástico como posteriormente, en estado endurecido.

Dentro de las etapas que el concreto requiere para su fabricación, los aspectos relacionados al diseño teórico de la mezcla, lo que a menudo se denomina "dosificación", son temas de gran importancia debido a su influencia en la calidad final del producto. Siempre se ha considerado y afirmado que todas y cada una de las etapas de fabricación del concreto son importantes y deben ser atendidas a través de los controles y comprobaciones.

Se mantiene que las de mayor trascendencia importancia las correspondientes a la selección o aceptación de los componentes piedra, arena, agua, cemento y los posibles aditivos que se usan ocasionalmente y de este dependerá el correspondiente diseño teórico de la mezcla. Mediante una sana selección de componentes del concreto, se garantiza el uso de materiales adecuados que cumplan con las características deseables para sus diversas funciones en la mezcla. De esta manera, se proporciona un primer paso esencial para garantizar la calidad del concreto que fabricamos con estos componentes. (Hernández ,1994)

A. 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.

B. 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” (Huanca, 2006, p. 6).

Tabla 7. Resistencia a la compresión 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 8. Resistencia a la compresión promedio RNE

$f' c$	$f' cr$
Menos de 210	$f' c + 70$
210 a 350	$f' c + 84$
Sobre 350	$1. 1f' c + 98$

Fuente: RNE Norma E-060 concreto armado

- 2) Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

“El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente” (Huanca, 2006, p. 7).

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:” (Huanca, 2006, p. 6).

Tabla 9. *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 el 2002

4) Selección del volumen unitario de agua de diseño.

La tabla 9, “preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado” (Huanca, 2006, p. 8).

Tabla 10. *Requerimientos aprox. de agua de mezclado y de contenido de aire*

Asentamiento	Agua en lt/m³ 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	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Comité ACI 211. 1-91 Reaprobado el 2002

5) Selección del contenido de aire atrapado utilizando la Tabla 9.

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” (Huanca, 2006, p. 8).

Tabla 11. Relación agua/cemento de diseño

f' cr (28 días)	Relación Agua-Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
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 el 2002

7) Determinación del factor cemento (Fc)

“Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c” (Huanca, 2006, p. 11).

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

8) Determinación del contenido de agregado grueso

“Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 9, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino” (Huanca, 2006, p. 13).

Tabla 12. Volumen de agregado grueso

T. M. N Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado			
	Módulo de Fineza 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 Reaprobado el 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) "Determinación de los valores de diseño de los componentes del concreto" (Comité 211 del ACI).
- 12) "Corrección de los valores de diseño 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. 9. RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN (NTP 339. 034)

"La resistencia a la compresión se puede conceptualizar como la máxima obstinación medida de un espécimen de concreto. Es expresada en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) entre las edades de 28, 14 y 7 días; se simboliza con f'c. " (Castellón& De la Osa, 2013, p. 78).

"En esta prueba se mide la resistencia mecánica del concreto frente a una carga en compresión. Esta prueba se encuentra en la norma de NTP 339. 034" (Ruiz, 2008, p. 68).

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

"Las probetas deberán llenarse con tres capas tupidas con 25 golpes distribuidos uniformemente en la zona. Asimismo la elaboración y el curado de las probetas serán bajo las normas NTP 339. 033 o ASTM C-31"(Ruiz, 2008, p. 68).

"A las 24 horas de fraguado son desmoldadas y llevadas a una poza de curado de donde se extraerá un día antes de ser ensayadas" (Ruiz, 2008, p. 68).

“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, 2008, p. 68)

Según Ruiz (2008), el cálculo de la resistencia será: $F'=P/A$

Dónde:

“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).

“Regla: Si la relación altura (L) /diámetro (D) de la probeta es inferior a 1. 75, Se deberá corregir el resultado adquirido según lo anterior multiplicando por el correspondiente factor de corrección de la tabla que sigue:” (NTP 339. 034, 2008, p. 13)

L/D	1. 75	1. 5	1. 25	1
Factor	0. 98	0. 96	0. 93	0. 87



Figura10. Ensayo de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia

2. 3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Absorción:

Es la capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos 24 horas en esta.

Aditivo:

Son componentes del entorno orgánico o inorgánico, cuya inserción tiende a modificar las propiedades físicas de los materiales de estado fresco.

Adiciones:

Son materiales puzolánicos, inorgánicos, o con hidraulicidad latente que al ser divididos se añaden al concreto en el momento de su fabricación para otorgarle propiedades especiales o mejorar alguna de ellas.

Agregado Fino:

Es aquel que pasa por el tamiz 3/8" y que se retiene en la malla numero N° 200, el más usual es la arena producto de la resultante producto de la desintegración de las piedras.

Agregado Grueso:

Es el material retenido en el tamiz N° 4 y proviene de la desintegración de las piedras; que se clasifican en chancada y grava.

Agua de mezclado:

El agua es importante en la preparación de mezclas de concreto, ya que permite que el cemento tienda a ser ligante. Cabe mencionar que el agua deberá ser preferentemente potable.

Agua de curado:

Es aquel agua potable que no debe de tener sustancias agresivas para el concreto endurecido.

Calor de hidratación:

Es el calor que se desprende durante la reacción producida entre el agua y el cemento al quedar en contacto.

Cantera:

Se define como el lugar donde se extrae los agregados para la elaboración de mezcla para el concreto.

Cemento:

Material de construcción compuesto de una mezcla de arcilla calcinada y caliza que luego son molidas, asimismo tiene la propiedad de endurecerse al estar en contacto con el agua.

Cemento portland:

Es el cemento producido con yeso natural y Clinker Portland. Se comercializa en cinco tipos diferentes.

Concreto:

Es una mezcla de cementos como un medio aglutinador, agregados finos (arenas), agregados gruesos (grava) y agua.

Contenido de humedad:

Es la cantidad de agua que contiene un determinado agregado en un momento dado.

Cohesión:

Característica que contribuye a evitar la segregación y facilita el manejo previo y durante su colocación.

Curado:

Incluye todas las operaciones que mejoran la hidratación después que ha fraguado el concreto. El curado produce un concreto más fuerte e impermeable.

Dosificación del concreto:

Proceso que consiste en la proporción del peso o el volumen de los distintos elementos que integran el concreto como la arena, grava, cemento, agua, e introducirlos al mezclador.

Durabilidad:

Capacidad que hace frente a las acciones químicas y físicas agresivas A lo largo de la vida de las estructuras.

Especímenes de concreto:

Probetas de concreto elaborados con un determinado diseño de mezcla, los cuales son elaborados con el fin de la investigación.

Endurecimiento:

Es cuando el concreto resiste la acción continua a los agentes destructivos ambientales, abrasión, ataques químicos y otras condiciones de servicio, antes que termine su vida útil y sin intervención.

Fraguado:

Permuta de la pasta del cemento, cambiando del estado fluido al estado rígido, mortero o concreto.

Granulometría:

Es la distribución de cuerpos de las partículas de los añadidos generalmente esta expresado en porcentajes.

Mezcla:

Es la agregación de componentes, sustancias o cuerpos que no se combinan químicamente entre sí. Que conservan sus propiedades características e intervienen en proporciones variables.

Microsílice:

Material combinado de esferas de bióxido de silicio (SiO_2) ultra fino, cristalino y amorfo derivado durante la fabricación de silicio o ferro silicio. El proceso implica la disminución de cuarzo de alta pureza en hornos de arco eléctrico a temperaturas superiores a los 2000 °C.

Módulo de finura:

Factor obtenido por la sumatoria de porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por cien.

Resistencia a la compresión:

Es la máxima resistencia registrada de un espécimen de concreto a carga axial. Generalmente se expresa en kg/cm^2 a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo $f'c$.

Trabajabilidad:

Es la propiedad del concreto al estado no endurecido, que puede manipular, transportar, colocar y consolidar apropiadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Tamaño máximo nominal:

Es el menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido.

Vaciado:

El vaciado es un procedimiento de la colocación del concreto en el encofrado.

Dosificación:

Las dosificaciones de las mezclas: las cantidades e ingredientes que las conforman, son propuestas teniendo en cuenta principalmente la resistencia del concreto y la apropiada consistencia.

Proceso de elección de los componentes más apropiados y de la combinación más provechosa.

Diseño de mezclas:

Es un procedimiento empírico, basado en lograr una resistencia a compresión para una edad establecida así como la manejabilidad adecuada para un tiempo determinado.

CAPITULO III:
MARCO
METODOLÓGICO

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3. 1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3. 1. 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación será del tipo explicativo ya que se usara la recolección de datos para probar las hipótesis propuestas con respecto a mediciones numéricas, y ensayos de laboratorio, con el fin de explicar el comportamiento de una variable dependiente en función a variables independientes.

3. 1. 2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizará el diseño de 30 probetas de mezcla patrón(MP), 30 probetas con mezcla de 4% de adición de microsílíce (MMS-4)y 30 probetas con mezcla de 8% de adición de microsílíce (MMS-8) , en total 90 unidades de probetas experimentales sometidas al ensayo de compresión del concreto.

3. 2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

3. 2. 1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Las probetas de concreto con adición de microsílíce que se elaboren en la investigación serán los siguientes:

- Probeta Muestra Patrón en adelante (**MP**), sin adición de microsílíce.
- Probeta Muestra Microsílíce en adelante (**MMS-4**), con adición de 4% de microsílíce con respecto al peso de cemento.
- Probeta Muestra Microsílíce en adelante (**MMS-8**), con adición de 8% de microsílíce con respecto peso de cemento.

La elección de la proporción de adiciones de microsílíce 4% y 8% con respecto al peso del cemento, fueron dosis dentro del rango de 5 a 15% con respecto al peso del cemento, recomendado según fabricante.

Las probetas serán sometidas a una presa hidráulica para determinar su resistencia a la compresión a los 3, 7,14 y 28 días de haber realizado las probetas, con su respectivo curado en el agua.

3. 2. 2. MUESTRA DE ESTUDIO:

La muestra de estudio está constituida por tres tipos de tratamiento del concreto como son: probeta MP, MMS-4, MMS-8, donde se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 3,7, 14,28 días.

A continuación, se especifican los materiales empleados durante la elaboración de las probetas de concreto.

a. CEMENTO: Se utilizó el cemento Yura (Cemento Portland IP).

b. AGREGADOS: Se utilizaron los agregados de la cantera ARUNTA, el cual está ubicado en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia de Tacna, departamento de Tacna.

c. AGUA: El agua potable que se utilizó fue de la red pública suministrada por la EPS Tacna.

d. ADITIVOS: Los aditivos utilizados son la microsílíce, chema fume y chema plast.

3. 3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3. 3. 1. MUESTREO DE LOS AGREGADOS

El muestreo de los agregados es un método muy importante ya que las muestras obtenidas de los agregados a las cuales se les harán los ensayos respectivos para conocer sus propiedades físico mecánicas.

Equipos y materiales

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

Procedimiento

- Se determinó una zona limpia donde se colocó el agregado grueso y agregado fino.
- Con 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 iguales.
- Se tomó dos muestras diametralmente contrarias y se separó el resto del material para después volver a repetir el mismo procedimiento que al principio.
- El material eliminado se depositó en sus lonas respectivas y el material elegido en las charolas.

3. 3. 2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

Según la NTP 400. 37, ASTM C-136, el procedimiento que fue utilizado es granulometría o mecánico por tamizado, así como para agregado grueso y el agregado fino. La cantidad de la muestra a someter a ensayo para el agregado grueso debe de ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas. Para el agregado fino será según lo establecido en la norma técnica peruana 400. 37.

Equipos y materiales

- Tamices ASTM:
- Agregado grueso: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N° 8
- Agregado grueso: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100
- Balanza
- Taras
- Horno
- Recipientes
- Cuchara

Procedimiento

Para el agregado grueso y para el agregado fino:

- El agregado fue colocado al horno a 110° C hasta obtener un peso uniforme.
- Luego fue situado en la malla del juego de tamices, ordenados en forma decreciente.
- Prontamente se realizó el tamizado de manera manual en movimiento vaivén hasta observar que no pase de un tamiz a otro.

- Con la distribución granulométrica se verificó los requerimientos de la 400. 37 (Husos Granulométricos).

Formulas

Módulo de finura del agregado fino

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

3. 3. 3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

Según la NTP 400. 17 Y ASTM C-29/C-29M, para la determinación del peso unitario la muestra deberá de estar totalmente seca a temperatura ambiente y mezclada.

Equipos y materiales

- Cuchara
- Balanza
- Recogedor plano
- Recipiente cilíndrico
- Barra compactadora de acero liso circular recta de 5/8"
- Vidrio de 1"

Procedimiento

Volumen de recipiente (v)

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

Peso unitario suelto (pus)

- El recipiente fue cargado con una pala hasta, dejando caer el agregado desde una altura no mayor a 5 cm.
- Luego se separó el excedente del agregado con una espátula para equilibrar los vacíos.

- Se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío con una exactitud de 5 g.

Peso unitario compactado (puc)

- Se llenó el recipiente cilíndrico hasta la tercera parte.
- Se apisonó la muestra con la barra compactadora de 5/8 " mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, se llenó hasta las 2/3 partes del recipiente y se niveló y apisonó con 25 golpes como de la manera anterior. Luego se llenó completamente el recipiente hasta rebosar, se apisonó con 25 golpes con la barra compactadora.
- Se enrasó el recipiente utilizando una barra compactadora como regla.
- Se determinó la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío.

Formula

$$P. U. = W_s/V$$

Ws: Peso neto del agregado (Kg).

V: Volumen del molde cilíndrico (m³).

3. 3. 4 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS AGREGADO GRUESO

De acuerdo las normas NTP 400. 021 y ASTM C-127.

Equipos y materiales

- Balanza
- Horno
- Brocha
- Espátula
- Material saturado

Procedimiento

- Se selecciona una muestra de agregado grueso.
- Se lavó a fondo para eliminar el polvo y se sumergió en agua durante 24 horas para saturar.
- Pesar la muestra en la escala y registrar el valor obtenido.

- Luego, se enrolló en un tejido absorbente para obtener un secado uniforme de la superficie del agregado.
- Luego pesamos la muestra de superficie seca saturada y registramos el valor.
- Peso El peso de la muestra se obtuvo en condiciones de saturación con la superficie seca, se colocó en un equilibrio hidrostático y se determinó su peso en agua a una temperatura de 23 ° C.
- La muestra se secó a un peso constante a una temperatura de 110°C.
- Se dejó enfriar y se determinó su peso

Formulas

Peso específico de masa = $A / B - C$

Peso específico saturado superficialmente seco = $B / B - C$

Peso específico aparente = $A / A - C$

Absorción = $(B - C)/A * 100$

Dónde:

A. Peso de la muestra seca al horno (gr).

B. Peso en el aire de la muestra saturada seca (gr).

C. Peso del agua de la muestra saturada (gr).

AGREGADO FINO

Equipos y materiales

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

Procedimiento

- Se eligió por cuarteo 1000 g de muestra, se instaló en un envase y se puso a secar en el horno a una temperatura de 110°C.
- Se retiró la muestra, se puso agua encima y se dejó en reposo por 24 horas.
- Se extendió en una superficie plana de aire y se movió para garantizar un secado uniforme.

- Luego se puso el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie 25 veces con la varilla.
- Seguidamente se levantó el molde para liberar arena, hasta que se derrumbe, indicando que el agregado fino alcanzo una condición de saturado de superficie seca.
- Se introdujo 500 g fr material preparado en la fiola, y se llenó de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 ml.
- Luego se eliminó las burbujas de aire, se llenó con agua hasta alcanzar 500 cm³ y se determinó el peso el peso total del agua introducida en el frasco.
- Se sacó el agregado fino del frasco, se secó a temperatura de 110°C y se estableció su peso.
- Finalmente se llenó la fiola hasta la marca de calibración con agua y se determinó su peso V_o .

Formulas

Peso Específico de Masa = $W_o/V-V_o$

Peso específico Saturado Superficialmente Seco = $500 / V-V_o$

Peso específico aparente = $W_o/ (V-V_o) - (500-W_o)$

Absorción = $500- W_o*100/W_o$

Dónde:

W_o : Peso en aire de la muestra secada al horno (gr)

V : volumen del frasco

V_a : Peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco

3. 3. 5. CONTENIDO DE HUMEDAD

La norma técnica a utilizar para el contenido de humedad: NTP 339. 185.

Equipos y materiales

- Horno
- Balanza
- Recipiente metálico

Procedimiento

- Se situó la muestra húmeda a ensayar en un depósito conveniente determinándose el peso.

- Se llevó el depósito con la muestra húmeda al horno, para secarla durante 24 horas.
- Se procedió a pesar el recipiente con la muestra (seca) y se determinó la cuantía de agua evaporada.

Formula

$$W\% = Ww * 100 / Ws$$

Dónde:

Ww: Peso de la muestra húmeda.

Ws: Peso de la muestra seca.

W%: Porcentaje de humedad.

3. 4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3. 4. 1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Análisis granulométrico por tamizado ASTM C-33 de la Cantera Arunta.

Tabla 13. Análisis granulométrico por tamizado agregado fino

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	
3/8"	9. 525	0. 00	0. 00	0. 00	100. 00	100	100
N°4	4. 760	25. 60	4. 62	4. 62	95. 38	95	100
N°8	2. 380	63. 60	11. 47	16. 09	83. 91	80	100
N°16	1. 190	86. 90	15. 68	31. 77	68. 23	50	85
N°30	0. 590	96. 00	17. 32	49. 09	50. 91	50	60
N°50	0. 300	126. 90	22. 89	71. 98	28. 02	10	30
N°100	0. 149	91. 50	16. 51	88. 49	11. 51	2	10
BASE		21. 30	3. 84	92. 33	7. 67	-	-
TOTAL		511. 80	W. Muestra natural (gr.) =		520. 00		
% error		1. 58	Módulo de Fineza =		2. 6		

Fuente: Elaboración Propia

Masa Inicial: 520,00

Masa Final: 511,80

Se obtuvo un error de 8.2 gramos lo que corresponde a un 1.58%

$$\text{Error} = \frac{520,00 - 511,80 * 100}{520,00} = 1.58\%$$

Resultados

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

$$\text{Corrección} = \frac{\text{error en gr.}}{\# \text{ de tamices donde se retuvo masa}} = \frac{8}{6} = 1.36 \text{ gr.}$$

Tabla 14. Análisis granulométrico del agregado fino corregido

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.760	26.97	4.86	4.86	95.14	95	100
N°8	2.380	64.97	11.72	16.59	83.41	80	100
N°16	1.190	88.27	15.92	32.51	67.49	50	85
N°30	0.590	97.37	17.57	50.07	49.93	50	60
N°50	0.300	128.27	23.14	73.21	26.79	10	30
N°100	0.149	92.87	16.75	89.97	10.03	2	10
BASE		21.30	3.84	93.81	6.19	-	-
TOTAL		520.00					520.00
% error		0.00				W. Muestra natural (gr.) =	00
						Módulo de Fineza =	2.7

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 se observa el análisis granulométrico del agregado fino corregido (arena gruesa) de la cantera Arunta, las aberturas de los tamices, los porcentajes retenidos y acumulados, y los límites según la norma ASTM C-33.

Tabla 16. *Peso unitario compactado del agregado fino (PUC)*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del molde+ la muestra seca	gr.	12,860	12,796	12,820
Peso del molde	gr.	6,768	6,768	6,768
Peso de la muestra seca neta	gr.	6,092	6,028	6,052
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1. 886	1. 866	1. 874
Promedio	gr/cc.		1. 88	

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**Tabla 17.** *Peso específico del agregado fino*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso de la fiola	gr.	164. 8	156. 6	164. 5
Peso de la fiola + muestra	gr.	364. 8	356. 6	364. 5
Peso de la fiola + Agua	gr.	666. 3	666. 8	666. 2
Peso de la muestra (sss)	gr.	200. 0	200. 0	200. 0
Volumen desplazado	cc	75. 2	75. 5	75. 2
Peso específico	gr/cc	2. 66	2. 65	2. 66
Promedio			2. 7	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. *Porcentaje de absorción del agregado fino*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del recipiente	gr.	95	73. 6	75. 8
Peso del recipiente + la muestra(sss)	gr.	295. 0	274. 0	277. 8
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	290. 4	271. 9	275. 3
Peso del Agua	gr.	4. 6	2. 1	2. 5
Peso de la muestra seca neta	gr.	195. 4	198. 3	199. 5
Porcentaje de Absorción	%	2. 35	1. 06	1. 25
Promedio	%		1. 56	

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 4. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Tabla 19. *Contenido de humedad del agregado fino*

MUESTRA N°	UND.	1	2	3
Peso del recipiente	gr.	93. 6	104. 6	103. 6
Peso del recipiente+ la muestra húmeda	gr.	706. 0	658. 5	658. 9
Peso del recipiente+ la muestra seca	gr.	698. 1	651. 5	650. 2
Peso del Agua	gr.	7. 9	7. 0	8. 7
Peso de la muestra seca neta	gr.	604. 5	546. 9	546. 6
Porcentaje de humedad	%	1. 31	1. 28	1. 59
Promedio	%		1. 39	

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 5. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 20. *Granulometría del agregado grueso*

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	
1"	25. 400	0. 00	0. 00	0. 00	100. 00	100	100
3/4"	19. 050	650. 00	12. 67	12. 67	87. 33	50	100
1/2"	12. 700	1787. 00	34. 82	47. 49	52. 51		
3/8"	9. 525	1260. 00	24. 55	72. 04	27. 96	20	55
N°4	4. 760	1394. 00	27. 16	99. 20	0. 80	0. 1	0. 1
N°8	2. 380	41. 00	0. 80	100	0. 00		
TOTAL		5132. 00					5441. 00
% error		5. 68					Tamaño máximo = 3/4"

Fuente: Elaboración Propia

Masa Inicial: 5441,00

Masa Final: 5132,00

Se obtuvo un error de 309gramos lo que corresponde a un 5. 68%

$$\text{Error} = \frac{5441,00 - 5132,80 * 100}{5441,00} = 5.68\%$$

Resultados

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

$$\text{Corrección} = \frac{\text{error en gramos}}{\# \text{ de tamices donde se retuvo masa}} = \frac{309}{6} = 51.5 \text{ gr.}$$

Tabla 21. Granulometría del agregado grueso corregido

Tamiz ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	ASTM	ASTM
1"	25.400	0.00	0.00	0.76	100.00	100	100
3/4"	19.050	701.50	13.02	13.78	86.22	50	100
1/2"	12.700	1838.50	34.11	47.89	52.11	-	-
3/8"	9.525	1311.50	24.33	71.46	28.54	20	55
No4	4.760	1445.50	26.82	98.28	1.72	0.1	0.1
No8	2.380	92.50	1.72	100.00	0.00	-	-
TOTAL		5441.00					5441.00
% error		0.00					
						Peso natural de la muestra =	00
						Tamaño máximo =	3/4"

Fuente: Elaboración Propia

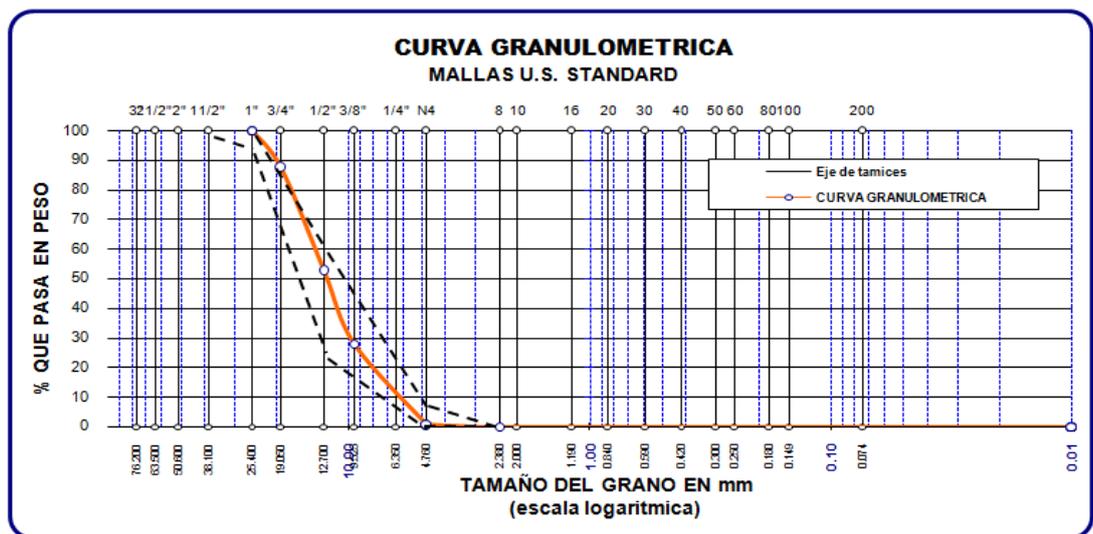


Figura 12. Curva granulométrica del agregado grueso por tamizado

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 12. Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso (piedra chancada de 3/4") se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C-33.

3. 4. 6. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 22. *Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS)*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del molde+ la muestra seca	gr.	11,532	11,655	11,459
Peso del molde	gr.	6,768	6,768	6,768
Peso de la muestra seca neta	gr.	4,764	4,887	4,691
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1. 475	1. 513	1. 452
Promedio	gr/cc.		1. 48	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. *Peso unitario compactado del agregado grueso (PUS)*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del molde+ la muestra seca	gr.	12,013	12,235	12,065
Peso del molde	gr.	6,768	6,768	6,768
Peso de la muestra seca neta	gr.	5,245	5,230	5,176
Volumen del molde	cc.	3,230	3,230	3,230
Peso Unitario	gr/cc.	1. 624	1. 619	1. 602
Promedio	gr/cc.		1. 62	

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 7. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 24. *Ensayo de peso específico agregado grueso*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso de la muestra seca (sss)	gr.	322. 4	323. 4	320. 8
Volumen Inicial sin muestra (sss)	gr.	500. 0	500. 0	500. 0
Volumen Final + muestra (sss)	g.	621. 5	620. 1	619. 9
Volumen desplazado	cc.	121. 5	120. 1	119. 9
Peso específico	gr/cc.	2. 65	2. 69	2. 68
Promedio	gr/cc.		2. 67	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. *Ensayo de absorción agregado grueso*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del recipiente	gr.	103. 5	131	75. 2
Peso del recipiente + la muestra(sss)	gr.	646. 9	644. 3	511. 6
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	641. 2	638. 0	504. 9
Peso del Agua	gr.	5. 7	6. 3	6. 7
Peso de la muestra seca neta	gr.	537. 7	507. 0	429. 7
Porcentaje de Absorción	%	1. 06	1. 24	1. 56
Promedio	%	1. 29		

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 8. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**Tabla 26.** *Contenido de humedad agregado grueso*

MUESTRA Nº	UND.	1	2	3
Peso del recipiente	gr.	112. 0	102. 0	98. 2
Peso del recipiente+ la muestra húmeda	gr.	581. 7	644. 6	640. 5
Peso del recipiente+ la muestra seca	gr.	577. 9	639. 9	637. 6
Peso del Agua	gr.	3. 8	4. 7	2. 9
Peso de la muestra seca neta	gr.	465. 9	537. 9	539. 4
Porcentaje de humedad	%	0. 82	0. 87	0. 54
Promedio	%	0. 74		

Fuente: Elaboración Propia

3. 4. 9. DISEÑO DE MEZCLA ACI 211-MUESTRA PATRÓN

El diseño de mezcla $f'c=210$ kg/cm², se realizó según el método ACI-211 teniendo como datos iniciales las características de los materiales ensayados en el laboratorio de mecánica suelos, concretos y pavimentos.

Tabla 27. *Características de los materiales*

CARACTERÍSTICAS	UND	AG. FINO	AG. GRUESO	CEMENTO
Tamaño máximo nominal	-	-	3/4"	-
Módulo de fineza	-	2,7	-	-
Peso unitario suelto	gr/cc	1,68	1,48	-
Peso unitario compactado	gr/cc	1,88	1,62	-
Contenido de humedad	%	1,39	0,74	-
Peso específico	gr/cc	2,7	2,67	2,85
Absorción	%	1,56	1,29	-
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 6**. Para el cálculo de la resistencia promedio.

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

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

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

Se tiene 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 de da en la malla 3/4", por lo tanto el tamaño máximo nominal será:

$$\text{Tamaño máximo nominal} = 3/4''$$

3) Selección del asentamiento.

La mezcla requiere que tenga una consistencia plástica. Por lo tanto utilizando la Tabla 8. Se determina que:

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

4) Selección del volumen unitario de agua de diseño.

Utilizando la **Tabla 9**. Para un asentamiento de 3''-4'' y un TMN de 3/4'' obtenemos un volumen unitario del agua de:

$$\text{Volumen unitario del agua} = 205 \text{ lt/m}^3.$$

5) Selección del contenido del aire.

Ingresando a la **Tabla 9**. Observamos que para un TMN de 3/4'', el aire atrapado es de:

$$\text{Aire atrapado} = 2\%$$

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

Utilizando la **Tabla 10**. 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 de:

$$\text{Relación agua-cemento(a/c)} = 0.5584$$

7) Determinación del factor cemento (Fc).

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

$$fc = (\text{Volumen unitario de agua}) / (a/c)$$

$$fc = 205 / 0.5584$$

$$fc = 367.12$$

Entonces tenemos que el factor de cemento o la cantidad de cemento es de 367.12 kg/m³.

8) Determinación del contenido del agregado grueso.

Se utiliza la **Tabla 11**. Con un módulo de fineza del agregado fino de 2.7 y un TMN del agregado grueso de 3/4", con una regla de tres simples tenemos que (b/bo) = 0.665.

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = (b/bo) \times P. U. C \text{ Agreg. Grueso}$$

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = 0.665 \times 1620$$

$$\text{Cont. Agreg. Grueso} = 1077.$$

Entonces tenemos que el peso del agregado grueso es de 1077.30 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.

$$\text{Cemento} = (367.12 / 2.85) \times 1000 = 0.129 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = (205 / 1) \times 1000 = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = (2\%) / 100 = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{Ag. Grueso} = (1077.30 / 2.67) \times 1000 = 0.403 \text{ m}^3$$

$$\text{Suma de volúmenes absolutos} = 0.757 \text{ m}^3$$

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.

$$\text{Volumen absoluto del Ag. Fino} = 1 - 0.757 = 0.243 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco del Agregado Fino} = 0.243 \times 2.7 \times 1000 = 656.10 \text{ kg/m}^3$$

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

Los valores de diseño serán:

$$\text{Cemento} = 367.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 656.10 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1077.30 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/m}^3$$

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

Procedemos a la corrección por humedad y absorción:

$$\text{Peso húmedo del Ag. Fino} = 656.10 \times 1.0139 = 665.22 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del Ag. Grueso} = 1077.30 \times 1.0074 = 1078.31 \text{ kg/m}^3$$

Posteriormente se determina la humedad superficial:

$$\text{Agregado Fino} = 1.39 - 1.56 = -0.17\%$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.74 - 1.29 = -0.55\%$$

Calculamos el aporte de humedad:

$$\text{Agregado Fino} = 656.10 \times -0.17 / 100 = -1.12 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1077.30 \times -0.55 / 100 = -5.93 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Aporte total de humedad de los agregados} = 7.05 \text{ lt/m}^3$$

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

Obtenida:

$$\text{Agua efectiva} = 205 - 7.05 = 197.95 \text{ lt/m}^3$$

Entonces los pesos de los materiales corregidos serán los siguientes:

$$\text{Cemento} = 367.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 665.22 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1078.31 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 197.95 \text{ lt}$$

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:

$$\text{Cemento} = 367.12 / 367.12 = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = 665.22 / 367.12 = 1.81$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1078.31 / 367.12 = 2.94$$

$$\text{Agua} = 197.95 / 367.12 \times 42.5 = 22.92 \text{ lt/bolsa}$$

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:

$$\text{Cemento} = 1 \times 42.5 = 42.5 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{Agregado Fino} = 1.81 \times 42.5 = 76.93 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 2.94 \times 42.5 = 124.95 \text{ kg/bolsa}$$

$$\text{Agua} = 22.92 \times 1 = 22.92 \text{ lt/bolsa}$$

Se muestra los valores de diseño mezcla del concreto **Muestra Patrón (MP)**, en una proporción en peso respecto a una bolsa de cemento, expresado en kg/bolsa.

3. 4. 10. DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE MICROSÍLICE

Para el diseño de mezcla con adición de microsíllice, se sustituyó una dosis de 4% y 8% del peso del cemento por microsíllice en la **Muestra Patrón (MP)**, quedando las cantidades de la siguiente manera:

1) Diseño de mezcla con adición de 4% de microsíllice (MMS-4)

Determinación del peso de 4% de adición de microsíllice con respecto al peso del cemento (MMS-4)

$$4\% \text{ de microsíllice (Chema fume)} = \text{peso cemento} - (\text{MMS-4})$$

$$4\% \text{ de microsíllice (Chema fume)} = 42.5 - (4\%/100)$$

$$4\% \text{ de microsíllice (Chema fume)} = 1.7 \text{ kg/bolsa}$$

Determinación de la cantidad de plastificante (Chemaplast)

De acuerdo a la hoja técnica del fabricante del aditivo plastificante (Chemaplast) se agregara de 145 ml a 360 ml por bolsa de cemento.

Entonces para este diseño tomaremos el valor máximo de 360 ml que en litros seria 0. 36 lt/bolsa.

Diseño final de valores para (MMS-4)

Cemento = 42. 5 – 1. 7= 40. 81 kg/bolsa

Agregado Fino = 76. 93 kg/bolsa

Agregado Grueso = 124. 95 kg/bolsa

Agua = 22. 92 lt/bolsa

Microsílice Chema fume)=1. 7 kg/bolsa

Plastificante (Chemaplast)= 0. 36 lt/bolsa

2) Diseño de mezcla con adición de 8% de microsilíce(MMS-8)**Determinación del peso de 8% de adición de microsilíce con respecto al peso del cemento (MMS-8)**

4% de microsilíce (Chema fume) = peso cemento– (MMS-8)

4% de microsilíce (Chema fume) = 42. 5 – (8%/100)

4% de microsilíce (Chema fume) = 3. 4 kg/bolsa

Determinación de la cantidad de plastificante (Chemaplast)

De acuerdo a la hoja técnica del fabricante del aditivo plastificante (Chemaplast) se agregara de 145 ml a 360 ml por bolsa de cemento.

Utilizaremos el valor máximo de 360 ml que en litros seria 0. 36 lt/bolsa.

Diseño final de valores para (MMS-8)

Cemento = 42. 5 – 3. 4 = 39. 10 kg/bolsa

Agregado Fino = 76. 93 kg/bolsa

Agregado Grueso = 124. 95 kg/bolsa

Agua = 22. 92 lt/bolsa

Microsílice (Chema fume)= 3. 4 kg/bolsa

Plastificante (Chemaplast)= 0. 36 lt/bolsa

3. 4. 11. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (339. 183)

La norma indica el procedimiento a seguir para la elaboración de las probetas de concreto que serán sometidas al ensayo de compresión.

Mezclado del concreto

Para el mezclado del concreto se utilizó una mezcladora tipo trompo con capacidad de 60 litros.



Figura 13. Equipo mezclador
Fuente: Elaboración Propia

La elaboración de la mezclas hizo siguiendo los procedimientos establecidos según normas para mezclado a máquina, así como también los el estudio de los componentes de la mezcla de concreto y las proporciones de mezcla según cálculos realizados anteriormente.

Procedimiento de mezclado

- En primer lugar se procedió a preparar el equipo mezclador humedeciéndolo con agua las paredes internas del equipo para evitar que la mezcla de concreto se impregne en sus paredes.
- Seguidamente se prendió el equipo y se procedió a introducir los agregados en el siguiente orden: agua, plastificante, cemento, microsílíce, agregado grueso, agregado fino.
- Luego de haber agregado todos los materiales se mezcló de 3 a 5 minutos.

- Finalizando se procedió al vaciado de la mezcla en una carretilla con la mezcladora en funcionamiento.



Figura 14. Mezclado de concreto

Fuente: Elaboración Propia

Medición del asentamiento (SLUMP) (NTP 339. 035)

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

Procedimiento de medición del asentamiento:

- 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 obteniendo un asentamiento de 3" a 4" lo cual indica que su consistencia es plástica, trabajable.

Llenado del moldes

Después de obtener el asentamiento, se continuó con el llenado de moldes de cilindros previamente limpiados y aceitados para evitar la adherencia de la mezcla de concreto en las paredes del molde.



Figura15. Moldes de probetas.

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento del llenado de moldes 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 varilló 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 enrasó la superficie con la varilla y se alisó con una plancha.
- Se acondicionó un lugar adecuado para luego ser desmoldado a las 24 horas.



Figura 16. Varillado compactado de concreto
Fuente: Elaboración Propia



Figura 17. Enrase de las probetas
Fuente: Elaboración Propia

Curado de especímenes

Al día siguiente de la elaboración de las probetas se desmoldaron, se codificaron y trasladaron al pozo con agua potable para sus curados.



Figura 18. Curado de probetas de concreto

Fuente:Elaboración Propia

CAPITULO IV:
RESULTADOS

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se mostrará los resultados de los ensayos realizados a los agregados de la cantera Arunta de la ciudad de Tacna y del concreto endurecido con los diferentes tratamientos y a diferentes edades. El ensayo de resistencia a la compresión se encuentra en la norma de NTP 339. 034. Con los resultados se realizarán cuadros comparativos entre la mezcla patrón (MP), mezcla con 4% de microsilíce (MMS-4), mezcla con 8% microsilíce de (MMS-8), sometidos a esfuerzos de compresión.

4. 1. RESUMEN DE ENSAYOS DE AGREGADOS DE LA CANTERA ARUNTA.

Tabla 28. Características de los materiales

CARACTERÍSTICAS	UND	AG. FINO	AG. GRUESO	CEMENTO
Tamaño máximo nominal	-	-	3/4"	-
Módulo de fineza	-	2,7	-	-
Peso unitario suelto	gr/cc	1,68	1,48	-
Peso unitario compactado	gr/cc	1,88	1,62	-
Contenido de humedad	%	1,39	0,74	-
Peso específico	gr/cc	2,7	2,67	2,85
Absorción	%	1,56	1,29	-

Agua del servicio de agua potable

Fuente: Elaboración Propia

4. 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MP)

Tabla 29. Resistencia a la compresión de MPa los 3 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	Cm	cm2	Kgr. /cm2	Kg/cm2	RES.
1	MP	3	29,510. 00	15. 00	176. 72	166. 99	210	79. 52
2	MP	3	30,894. 00	15. 00	176. 72	174. 82	210	83. 25
3	MP	3	30,682. 00	15. 00	176. 72	173. 62	210	82. 68
4	MP	3	29,498. 00	15. 00	176. 72	166. 92	210	79. 49
5	MP	3	30,693. 00	15. 00	176. 72	173. 69	210	82. 71
6	MP	3	30,598. 00	15. 00	176. 72	173. 15	210	82. 45
7	MP	3	29,485. 00	15. 00	176. 72	166. 85	210	79. 45

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Resistencia a la compresión de MP a los 7 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm2	Kgr. /cm2	Kg/cm2	RES.
8	MP	7	35,317. 31	15. 00	176. 72	199. 85	210	95. 17
9	MP	7	35,103. 17	15. 00	176. 72	198. 64	210	94. 59
10	MP	7	36,857. 06	15. 00	176. 72	208. 57	210	99. 32
11	MP	7	35,916. 89	15. 00	176. 72	203. 25	210	96. 78
12	MP	7	34,005. 28	15. 00	176. 72	192. 43	210	91. 63
13	MP	7	36,234. 02	15. 00	176. 72	205. 04	210	97. 64
14	MP	7	35,442. 73	15. 00	176. 72	200. 56	210	95. 51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Resistencia a la compresión de MP a los 14 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm2	Kgr. /cm2	f'Kg/cm2	RES.
15	MP	14	40,895. 07	15. 00	176. 72	231. 42	210	110. 20
16	MP	14	41,007. 24	15. 00	176. 72	232. 05	210	110. 50
17	MP	14	42,093. 22	15. 00	176. 72	238. 20	210	113. 43
18	MP	14	41,815. 86	15. 00	176. 72	236. 63	210	112. 68
19	MP	14	41,101. 05	15. 00	176. 72	232. 58	210	110. 75
20	MP	14	41,609. 88	15. 00	176. 72	235. 46	210	112. 13
21	MP	14	41,301. 93	15. 00	176. 72	233. 72	210	111. 30
22	MP	14	41,518. 11	15. 00	176. 72	234. 94	210	111. 88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Resistencia a la compresión de MP a los 28 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm2	Kgr. /cm2	Kg/cm2	RES.
23	MP	28	53,549. 55	15. 00	176. 72	303. 03	210	144. 30
24	MP	28	54,681. 41	15. 00	176. 72	309. 43	210	147. 35
25	MP	28	54,946. 53	15. 00	176. 72	310. 93	210	148. 06
26	MP	28	54,049. 20	15. 00	176. 72	305. 86	210	145. 65
27	MP	28	53,856. 48	15. 00	176. 72	304. 76	210	145. 13
28	MP	28	55,173. 93	15. 00	176. 72	312. 22	210	148. 68
29	MP	28	53,849. 34	15. 00	176. 72	304. 72	210	145. 11
30	MP	28	54,309. 22	15. 00	176. 72	307. 33	210	146. 35

Fuente: Elaboración Propia

4. 3.RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MMS-4)

Tabla 33. Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 3 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm ²	Kgr./cm ²	Kg/cm ² .	RES.
1	MMS-4	3	31,672. 50	15. 00	176. 72	179. 23	210	85. 35
2	MMS-4	3	30,004. 70	15. 00	176. 72	169. 79	210	80. 85
3	MMS-4	3	29,456. 80	15. 00	176. 72	166. 69	210	79. 38
4	MMS-4	3	28,670. 21	15. 00	176. 72	162. 24	210	77. 26
5	MMS-4	3	29,734. 90	15. 00	176. 72	168. 26	210	80. 13
6	MMS-4	3	32,100. 27	15. 00	176. 72	181. 65	210	86. 50
7	MMS-4	3	28,500. 80	15. 00	176. 72	161. 28	210	76. 80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 7 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm ²	Kgr./cm ²	Kg/cm ² .	RES.
8	MMS-4	7	36,190. 60	15. 00	176. 72	204. 80	210	97. 52
9	MMS-4	7	36,771. 08	15. 00	176. 72	208. 08	210	99. 09
10	MMS-4	7	34,688. 10	15. 00	176. 72	196. 29	210	93. 47
11	MMS-4	7	34,995. 70	15. 00	176. 72	198. 03	210	94. 30
12	MMS-4	7	36,674. 20	15. 00	176. 72	207. 53	210	98. 83
13	MMS-4	7	37,983. 83	15. 00	176. 72	214. 94	210	102. 35
14	MMS-4	7	37,125. 30	15. 00	176. 72	210. 09	210	100. 04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 14 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm ²	Kgr./cm ²	Kg/cm ² .	RES.
15	MMS-4	14	45,345. 80	15. 00	176. 72	256. 60	210	122. 19
16	MMS-4	14	44,634. 10	15. 00	176. 72	252. 58	210	120. 27
17	MMS-4	14	46,999. 40	15. 00	176. 72	265. 96	210	126. 65
18	MMS-4	14	46,000. 10	15. 00	176. 72	260. 31	210	123. 96
19	MMS-4	14	44,975. 80	15. 00	176. 72	254. 51	210	121. 20
20	MMS-4	14	45,358. 21	15. 00	176. 72	256. 67	210	122. 23
21	MMS-4	14	44,956. 00	15. 00	176. 72	254. 40	210	121. 14
22	MMS-4	14	44,445. 90	15. 00	176. 72	251. 51	210	119. 77

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Resistencia a la compresión de MMS-4 a los 28 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm2	Kgr./cm2	Kg/cm2.	RES.
23	MMS-4	28	58,459. 40	15. 00	176. 72	330. 81	210	157. 53
24	MMS-4	28	59,180. 75	15. 00	176. 72	334. 89	210	159. 47
25	MMS-4	28	58,173. 70	15. 00	176. 72	329. 20	210	156. 76
26	MMS-4	28	57,779. 34	15. 00	176. 72	326. 96	210	155. 70
27	MMS-4	28	57,000. 53	15. 00	176. 72	322. 56	210	153. 60
28	MMS-4	28	56,782. 30	15. 00	176. 72	321. 32	210	153. 01
29	MMS-4	28	57,962. 00	15. 00	176. 72	328. 00	210	156. 19
30	MMS-4	28	58,528. 65	15. 00	176. 72	331. 20	210	157. 72

Fuente: Elaboración Propia

4. 4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (MMS-8)**Tabla 37.** Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 3 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm2	Kgr./cm2	Kg/cm2.	RES.
1	MMS-8	3	35,190. 60	15. 00	176. 72	199. 14	210	94. 83
2	MMS-8	3	35,771. 08	15. 00	176. 72	202. 42	210	96. 39
3	MMS-8	3	34,688. 10	15. 00	176. 72	196. 29	210	93. 47
4	MMS-8	3	33,995. 70	15. 00	176. 72	192. 38	210	91. 61
5	MMS-8	3	35,674. 20	15. 00	176. 72	201. 87	210	96. 13
6	MMS-8	3	37,983. 83	15. 00	176. 72	214. 94	210	102. 35
7	MMS-8	3	37,125. 30	15. 00	176. 72	210. 09	210	100. 04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38. Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 7 días.

Nº	MEZCLA	EDAD Días	LECTURA KgF	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	RES. Kg/cm ²	DISEÑO Kg/cm ² .	% RES.
8	MMS-8	7	45,553. 60	15. 00	176. 72	257. 78	210	122. 75
9	MMS-8	7	46,205. 90	15. 00	176. 72	261. 47	210	124. 51
10	MMS-8	7	44,873. 24	15. 00	176. 72	253. 93	210	120. 92
11	MMS-8	7	46,155. 23	15. 00	176. 72	261. 18	210	124. 37
12	MMS-8	7	44,975. 30	15. 00	176. 72	254. 51	210	121. 19
13	MMS-8	7	46,112. 70	15. 00	176. 72	260. 94	210	124. 26
14	MMS-8	7	44,760. 50	15. 00	176. 72	253. 29	210	120. 62

Fuente:Elaboración Propia

Tabla 39. Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 14 días.

Nº	MEZCLA	EDAD Días	LECTURA KgF	DIÁMETRO cm	ÁREA cm ²	RES. Kg/cm ²	DISEÑO Kg/cm ² .	% RES.
15	MMS-8	14	54,117. 26	15. 00	176. 72	306. 24	210	145. 83
16	MMS-8	14	55,000. 20	15. 00	176. 72	311. 24	210	148. 21
17	MMS-8	14	56,120. 30	15. 00	176. 72	317. 58	210	151. 23
18	MMS-8	14	55,624. 40	15. 00	176. 72	314. 77	210	149. 89
19	MMS-8	14	54,700. 50	15. 00	176. 72	309. 54	210	147. 40
20	MMS-8	14	54,600. 50	15. 00	176. 72	308. 97	210	147. 13
21	MMS-8	14	56,123. 80	15. 00	176. 72	317. 59	210	151. 24
22	MMS-8	14	55,490. 20	15. 00	176. 72	314. 01	210	149. 53

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Resistencia a la compresión de MMS-8 a los 28 días.

Nº	MEZCLA	EDAD	LECTURA	DIÁMETRO	ÁREA	RES.	DISEÑO	%
		Días	KgF	cm	cm ²	Kgr./cm ²	Kg/cm ²	RES.
23	MMS-8	28	68,120.60	15.00	176.72	385.48	210	183.56
24	MMS-8	28	67,850.20	15.00	176.72	383.95	210	182.83
25	MMS-8	28	68,421.10	15.00	176.72	387.18	210	184.37
26	MMS-8	28	67,900.00	15.00	176.72	384.23	210	182.97
27	MMS-8	28	67,856.30	15.00	176.72	383.99	210	182.85
28	MMS-8	28	68,450.23	15.00	176.72	387.35	210	184.45
29	MMS-8	28	70,100.20	15.00	176.72	396.69	210	188.90
30	MMS-8	28	69,169.90	15.00	176.72	391.42	210	186.39

Fuente: Elaboración Propia

4. 5. COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO MP, MMS-4, MMS-8

Tabla 41. Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 3 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)

Nº	EDAD	MP	MMS-4	MMS-8
1	3 DÍAS	166.99	179.23	199.14
2		174.82	169.79	202.42
3		173.62	166.69	196.29
4		166.92	162.24	192.38
5		173.69	168.26	201.87
6		173.15	181.65	214.94
7		166.85	161.28	210.09

Fuente: Elaboración Propia

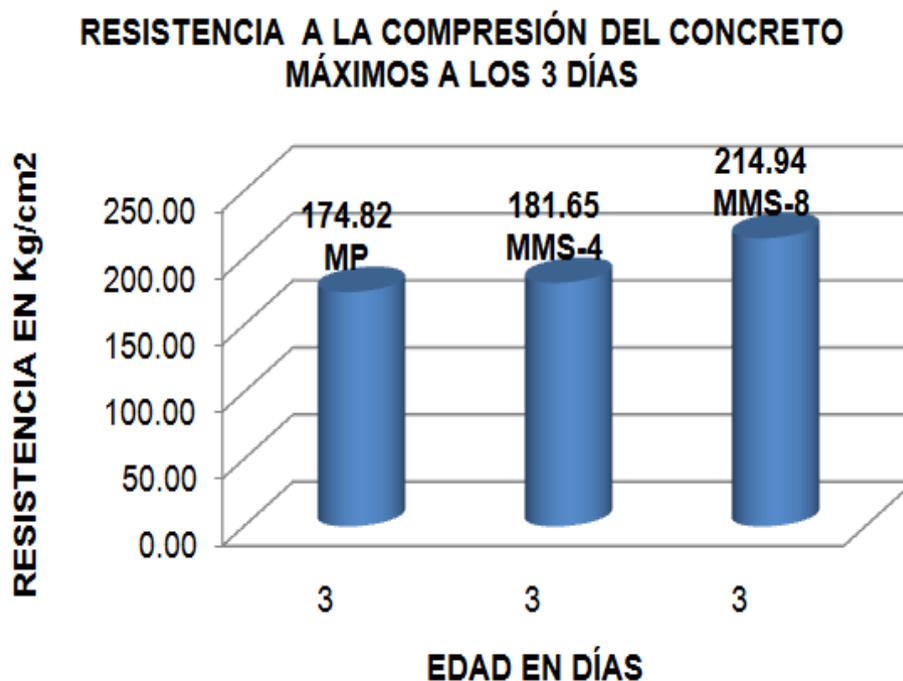


Figura 19. Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 3 días.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 7 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)

N°	EDAD	MP Kg/cm ²	MMS-4 Kg/cm ²	MMS-8 Kg/cm ²
8	7Días	199.85	204.80	257.78
9		198.64	208.08	261.47
10		208.57	196.29	253.93
11		203.25	198.03	261.18
12		192.43	207.53	254.51
13		205.04	214.94	260.94
14		200.56	210.09	253.29

Fuente: Elaboración Propia

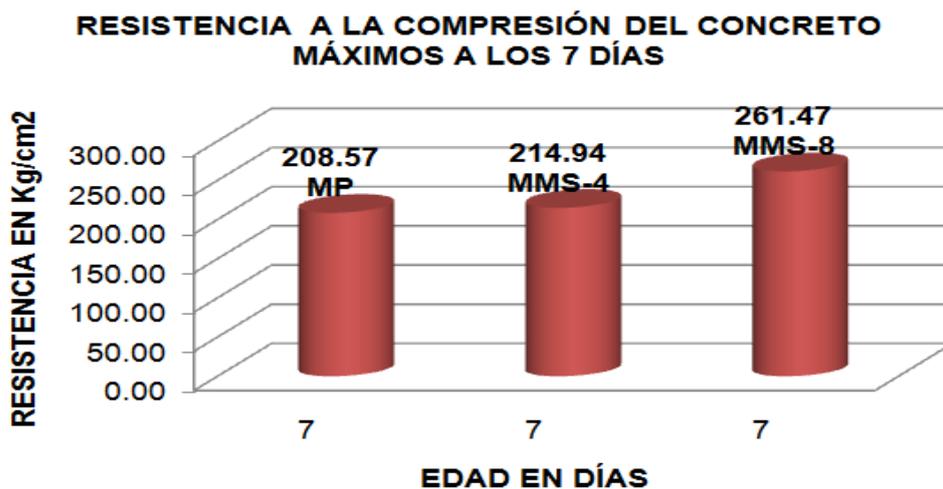


Figura 20. Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 14 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)

N°	EDAD	MP Kg/cm ²	MMS-4 Kg/cm ²	MMS-8 Kg/cm ²
15	14Días	231. 42	256. 60	306. 24
16		232. 05	252. 58	311. 24
17		238. 20	265. 96	317. 58
18		236. 63	260. 31	314. 77
19		232. 58	254. 51	309. 54
20		235. 46	256. 67	308. 97
21		233. 72	254. 40	317. 59
22		234. 94	251. 51	314. 01

Fuente: Elaboración Propia

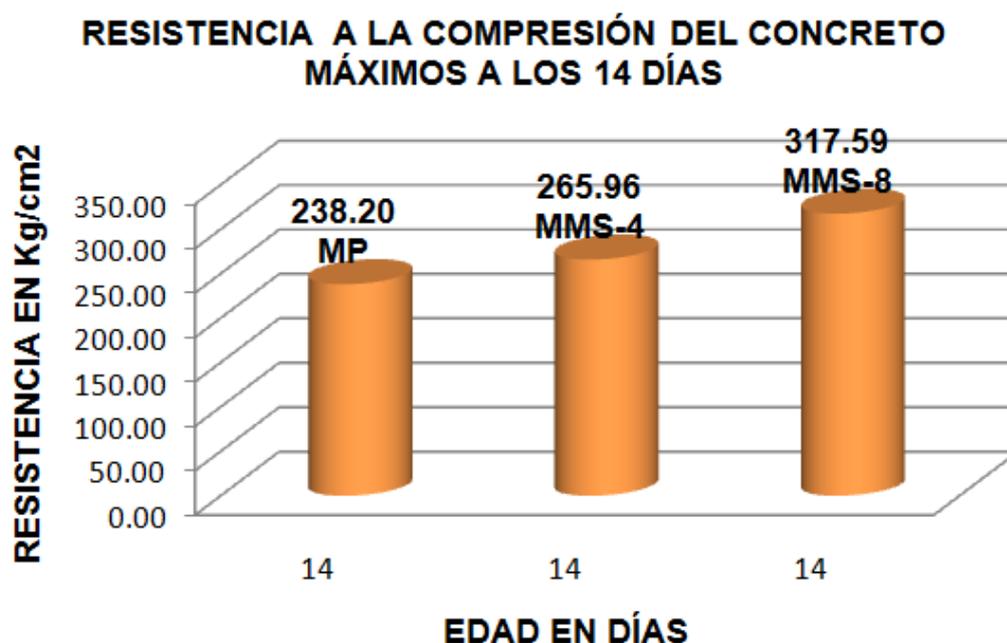


Figura 21. Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44. Comparación de las resistencias a la compresión del concreto MP, MMS-4, MMS-8 a los 28 días ($f' c = \text{Kg/cm}^2$)

N°	EDAD	MP Kg/cm ²	MMS-4 Kg/cm ²	MMS-8 Kg/cm ²
23	28Días	303. 03	330. 81	385. 48
24		309. 43	334. 89	383. 95
25		310. 93	329. 20	387. 18
26		305. 86	326. 96	384. 23
27		304. 76	322. 56	383. 99
28		312. 22	321. 32	387. 35
29		304. 72	328. 00	396. 69
30		307. 33	331. 20	391. 42

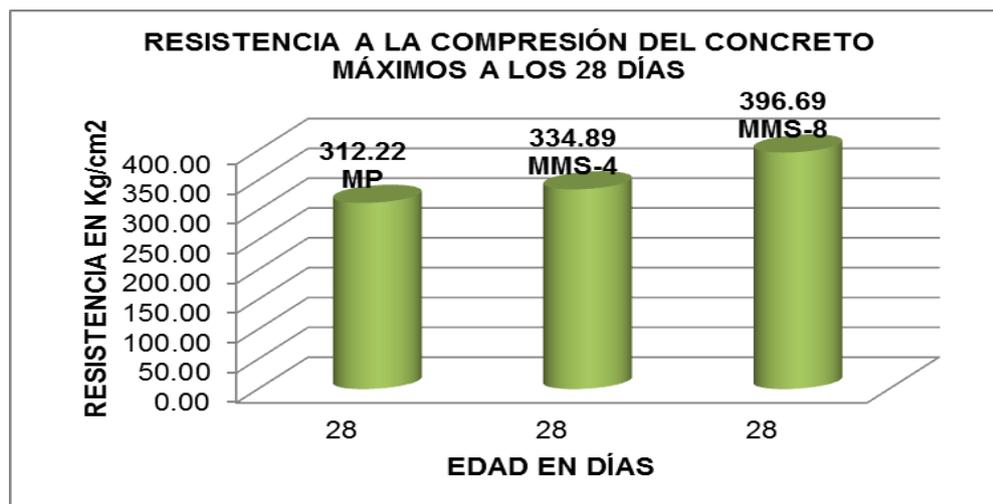


Figura 22. Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

4. 6. COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO

Se hizo un Análisis de Costos Unitarios (ACU) para saber los costos en soles de los tres tipos de diseño de mezclas del concreto MP, MMS-4, MMS-8, en este análisis de costos unitarios se tomó en cuenta mano de obra, materiales, equipos y herramientas manuales con la finalidad de obtener el costo unitario directo por m³. Teniendo como resultados, para el concreto patrón se tuvo un costo unitario directo de 498.05 Soles por m³, para el concreto con adiciones de microsilíce al 4% se tuvo un costo unitario directo de 591.02 Soles por m³ y para el concreto con adiciones de microsilíce al 8% se tuvo un costo unitario directo de 582.75 Soles por m³, habiendo las siguientes diferencias:

- MP con MMS-4 diferencia de 92.97 Soles entre ambos análisis de costos unitarios.
- MP con MMS-8 diferencia de 84.70 Soles entre ambos análisis de costos unitarios.

Tabla 45. Análisis de costos unitarios (ACU)

Partida	01. 01. 01	CONCRETO F ^o C=210 KG/CM2 - CONCRETO PATRÓN				
Rendimiento	M3/DIA 10. 00	EQ. 10. 00	Costo unitario por M3		498.05	
Código	Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
01470100001	CAPATAZ	HH	0. 2000	0. 16000	23. 69	3. 79
01470100002	OPERARIO	HH	2. 0000	1. 60000	21. 01	33. 62
01470100003	OFICIAL	HH	2. 0000	1. 60000	17. 03	27. 25
01470100004	PEON	HH	10. 0000	8. 00000	15. 33	122. 64
187. 29						
Materiales						
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0. 64470	70. 00	45. 13
0205000004	ARENA GRUESA	M3		0. 41670	65. 00	27. 09
0221000000	CEMENTO POR TLAND TIPO I (42. 5 KG)	BLS		8. 61341	24. 00	206. 72
0229120064	GASOLINA	GLN		0. 16460	11. 45	1. 88
0239050000	AGUA	M3		0. 18000	8. 00	1. 44
282. 26						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTA MANUAL	%MO		3. 00000	187. 29	5. 62
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2. 40"	HE	1. 0000	0. 40000	8. 00	3. 20
MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TAMBOR						
0349100011	18HP 11-113P3	HE	1. 0000	0. 40000	35. 00	14. 00
0349180024	WINCHE DE DOS BALDES (350KG) M. E. 3. 6 HP	HE	1. 0000	0. 40000	14. 20	5. 68
28. 50						

Partida	01. 01. 01	CONCRETO F ^o C=210 KG/CM2 - CONCRETO CON ADICION MICROSÍLICE AL 4%				
Rendimiento	MS/DIA 10. 00	EQ. 10. 00	Costo unitario por M3		591.02	
Código	Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
01470100001	CAPATAZ	HH	0. 2000	0. 16000	23. 69	3. 79
01470100002	OPERARIO	HH	2. 0000	1. 60000	21. 01	33. 62
01470100003	OFICIAL	HH	2. 0000	1. 60000	17. 03	27. 25
01470100004	PEON	HH	10. 0000	8. 00000	15. 33	122. 64
187. 29						
Materiales						
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0. 64470	70. 00	45. 13
0205000004	ARENA GRUESA	M3		0. 41670	65. 00	27. 09
0221000000	CEMENTO POR TLAND TIPO I (42. 5 KG)	BLS		8. 26887	24. 00	198. 45
2210000001	MICROSÍLICE	BLS		0.64505	115. 00	74.18
0221000002	CHEMA PLAST	LTS		3. 09960	8. 73	27. 06
0229120064	GASOLINA	GLN		0. 16460	11. 45	1. 88
0239050000	AGUA	M3		0. 18000	8. 00	1. 44
375.23						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTA MANUAL	%MO		3. 00000	187. 29	5. 62
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2. 40"	HE	1. 0000	0. 40000	8. 00	3. 20
MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TAMBOR						
0349100011	18HP 11-113P3	HE	1. 0000	0. 40000	35. 00	14. 00
0349180024	WINCHE DE DOS BALDES (350KG) M. E. 3. 6 HP	HE	1. 0000	0. 40000	14. 20	5. 68
28. 50						

Partida	01. 01. 01	CONCRETO F ^o C=210 KG/CM2 - CONCRETO CON ADICION MICROSÍLICE AL 8%				
Rendimiento	MS/DIA 10. 00	EQ. 10. 00	Costo unitario por M3		582.75	
Código	Descripción de recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
01470100001	CAPATAZ	HH	0. 2000	0. 16000	23. 69	3. 79
01470100002	OPERARIO	HH	2. 0000	1. 60000	21. 01	33. 62
01470100003	OFICIAL	HH	2. 0000	1. 60000	17. 03	27. 25
01470100004	PEON	HH	10. 0000	8. 00000	15. 33	122. 64
187. 29						
Materiales						
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0. 64470	70. 00	45. 13
0205000004	ARENA GRUESA	M3		0. 41670	65. 00	27. 09
0221000000	CEMENTO POR TLAND TIPO I (42. 5 KG)	BLS		7. 92433	24. 00	190. 18
0221000001	MICROSÍLICE	BLS		1. 29011	115. 00	148. 36
0221000002	CHEMA PLAST	LTS		3. 09960	8. 73	27. 06
0229120064	GASOLINA	GLN		0. 16460	11. 45	1. 88
0239050000	AGUA	M3		0. 18000	8. 00	1. 44
366. 96						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTA MANUAL	%MO		3. 00000	187. 29	5. 62
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2. 40"	HE	1. 0000	0. 40000	8. 00	3. 20
MEZCLADORA DE CONCRETO TIPO TAMBOR						
0349100011	18HP 11-113P3	HE	1. 0000	0. 40000	35. 00	14. 00
0349180024	WINCHE DE DOS BALDES (350KG) M. E. 3. 6 HP	HE	1. 0000	0. 40000	14. 20	5. 68
28. 50						

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V:
DISCUSIÓN

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, nos permiten manifestar lo siguiente:

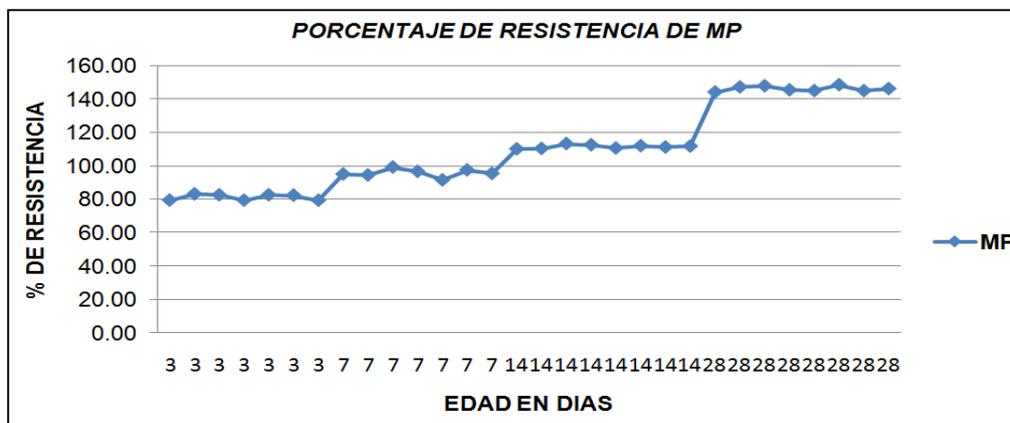


Figura 23. Porcentaje de resistencias del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto MP obtenidos fueron graficados con el objetivo de visualizar los porcentajes de resistencias obtenidas a los 3, 4, 14 y 28 días.

Tabla 46. Porcentajes de resis. máx. del concreto MP a los 3, 7, 14, 28 días.

N°	MEZCLA	EDAD	RESISTENCIA	%
		Días	Kgr. /cm ²	RESISTENCIA
2	MP	3	174. 82	83. 25
10	MP	7	208. 57	99. 32
17	MP	14	238. 20	113. 43
28	MP	28	312. 22	148. 68

Fuente: Elaboración Propia

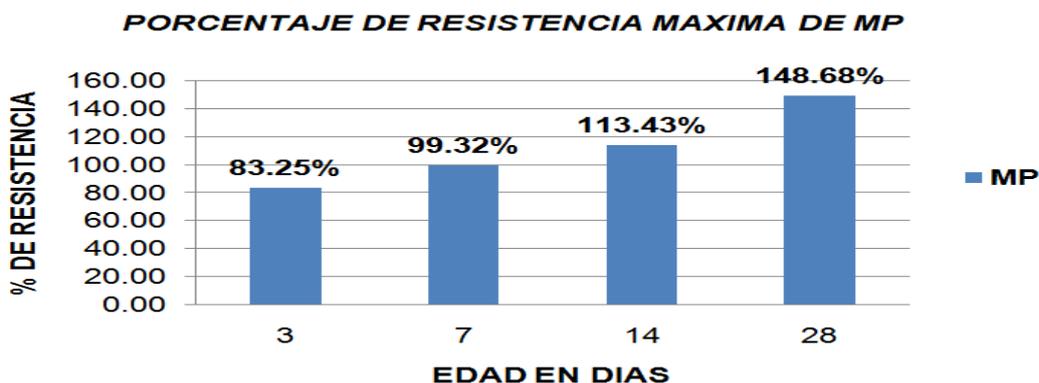


Figura 24. Porcentaje de resistencia máxima del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

Los diseños de mezclas de concreto MMS-4, MMS-8, tuvieron influencia en el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, ya que se observó el aumento de la resistencia del concreto con adición de microsílíce.

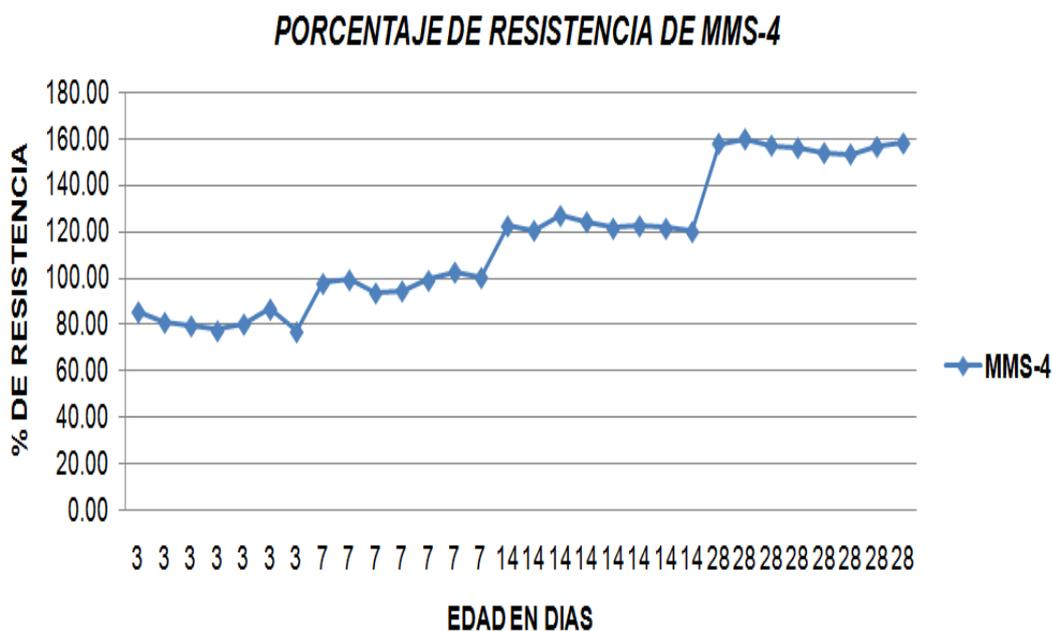


Figura 25. Porcentaje de resistencias del concreto MP a los 3, 4, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto MMS-4 obtenidos fueron graficados con el objetivo de visualizar los porcentajes de resistencias obtenidas a los 3, 4, 14 y 28 días

Tabla 47. Porcentajes de resistencias máximas del concreto MP a los 3, 7, 14, 28 días.

N°	MEZCLA	EDAD	RESISTENCIA	%
		Días	Kgr. /cm ²	RESISTENCIA
6	MMS-4	3	181.65	86.50
13	MMS-4	7	214.94	102.35
17	MMS-4	14	265.96	126.65
24	MMS-4	28	334.89	159.47

Fuente: Elaboración Propia

PORCENTAJE DE RESISTENCIA MAXIMA DE MMS-4

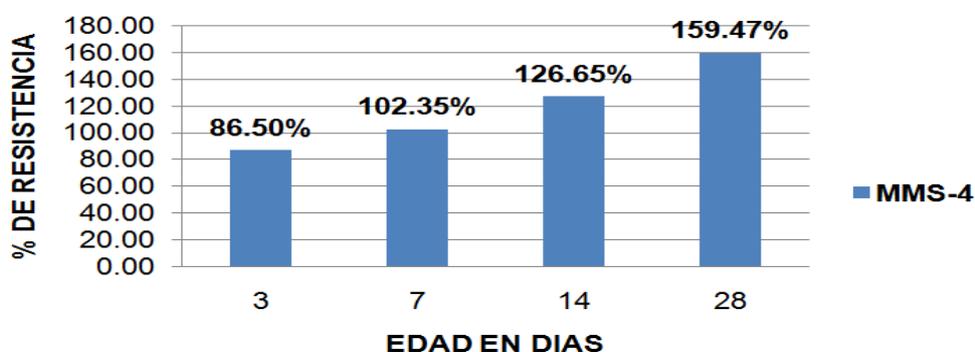


Figura 26. Porcentaje de resistencia máxima del concreto MMS-4 a los 3, 4, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

PORCENTAJE DE RESISTENCIA DE MMS-8

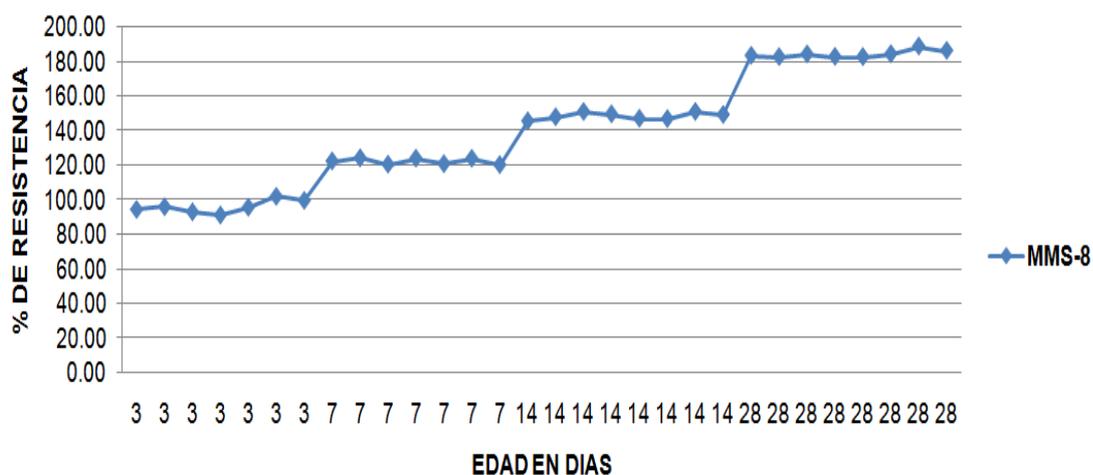


Figura 27. Porcentaje de resistencias del concreto MMS-8a los 3, 4, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto MMS-8 obtenidos fueron graficados con el objetivo de visualizar los porcentajes de resistencias obtenidas a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.

Tabla 48. *Porcentajes de resistencias máximas del concreto MMS-8 a los 3, 7, 14, 28 días.*

N°	MEZCLA	EDAD	RESISTENCIA	%
		Días	Kg/cm ²	RESISTENCIA
6	MMS-8	3	214.94	102.35
9	MMS-8	7	261.47	124.51
21	MMS-8	14	317.59	151.24
29	MMS-8	28	396.69	188.90

Fuente: Elaboración Propia

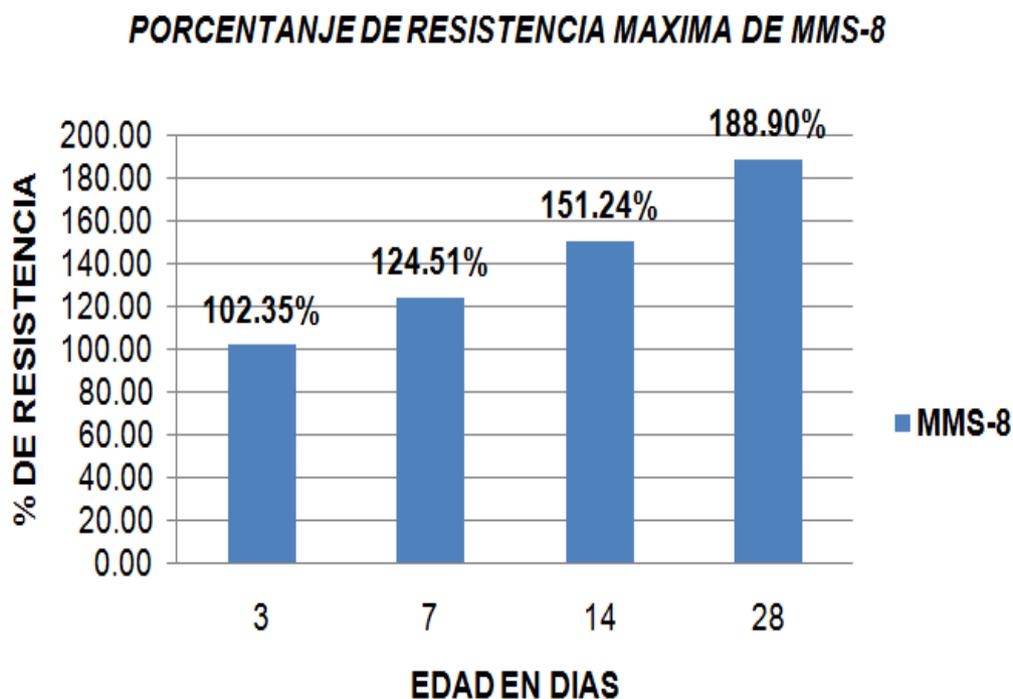


Figura 28. *Porcentaje de resistencia máxima del concreto MMS-8 a los 3, 4, 14 y 28 días.*

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia a la compresión de los concretos máximos a los tres días el concreto MP según **Tabla 32.**, llegó a una resistencia de 174. 82 kg/cm², la mezcla de concreto MMS-4 según **Tabla 37.**, alcanzo una resistencia de 181. 65 kg/cm², la mezcla de concreto MMS-8 según **Tabla 42.**, alcanzo una resistencia de 214. 94 kg/cm², el diseño de las mezclas del concreto con adición de microsílíce aumentaron favorablemente la resistencia del concreto.

La resistencia a la compresión del concreto a los siete días, el concreto MP según **Tabla 32.** Llegó a una resistencia de 208. 57 kg/cm² , las mezclas de concreto con MMS-4 con adiciones de microsílíce de 4 % según **Tabla 37.** Alcanzó una resistencia de 214. 94 kg/cm², las mezclas de concreto MMS-8 con adiciones de 8% según **Tabla 42.** Alcanzó una resistencia de 261. 47 kg/cm², el diseño de las mezclas de concreto con adiciones de 4% y 8% de microsílíce aumentaron las resistencias del concreto.

La resistencia a la compresión del concreto a los catorce días, el concreto MP según **Tabla 32.**, llegó a una resistencia de 238. 20 kg/cm² y las mezclas de concreto MMS-4 con adiciones de microsílíce de 4 % según **Tabla 37.** Alcanzaron una resistencia de 265. 96 kg/cm², y las mezclas de concreto MMS-8 con adiciones de 8% según **Tabla 42.** Alcanzó una resistencia de 317. 59 kg/cm², el diseño de las mezclas de concreto con adición de microsílíce aumentaron favorablemente las resistencias del concreto.

Para la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, el concreto MP según **Tabla 32.** Llegó a una resistencia de 312. 22 kg/cm² y las mezclas de concreto MMS-4 con adiciones de microsílíce de 4% según **Tabla 37.** Alcanzó una resistencia de 334. 89 kg/cm², las mezclas de concreto MMS-8 con adiciones de 8% % según **Tabla 42.** Alcanzó una resistencia de 396. 69 kg/cm² entonces se comprueba con este proyecto de investigación que las adiciones de microsílíce en el diseño de mezclas del concreto aumentan la resistencia a la compresión del concreto en los diseños de mezclas del concreto MMS-4 Y MMS-8 que se diseñaron en este proyecto de investigación.

Tabla 49. *Comparación de las resistencias a la compresión de los concretos máximos MP, MMS-4, MMS-8 a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.*
(f' c = Kg/cm²)

EDAD	MP	MMS-4	MMS-8
Días	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
3	174.82	181.65	214.94
7	208.57	214.94	261.47
14	238.20	265.96	317.59
28	312.22	334.89	396.69

Fuente: Elaboración Propia

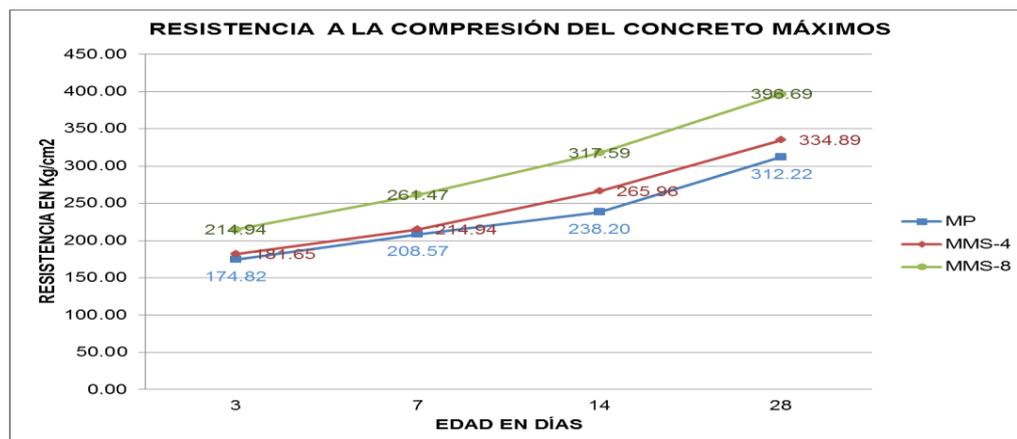


Figura 29. Comparación de la resistencia a la compresión de los concretos máximos a los 3, 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración Propia

La máxima resistencia a la compresión del concreto según la **Tabla 47.** Y **Figura 29.** Fue de 396.69 kg/cm², se obtuvo con el diseño de mezcla del concreto MMS-8 con adiciones de 8% de microsílíce con respecto al peso del cemento, en un tiempo de curado de 28 días.

En el Análisis de Costos Unitarios (ACU) en la **Tabla 48.**, para el concreto patrón se tuvo un costo unitario directo de 498.05 Soles por m³ y para el concreto con adiciones de microsílíce al 4 % se tuvo un costo unitario directo de 591.02 Soles por m³, habiendo una diferencia de 92.97 Soles entre ambos análisis de precios unitarios.

En el Análisis de Costos Unitarios (ACU) en la **Tabla 48.**, para el concreto patrón se tuvo un costo unitario directo de 498.05 Soles por m³ y para el concreto con adiciones de microsílíce al 8 % se tuvo un costo unitario directo de 582.75 Soles por m³, habiendo una diferencia de 84.70 Soles entre ambos análisis de precios unitarios.

CONCLUSIONES

1. Concluimos que las adiciones de microsilíce (Chema Fume) si influyen en la resistencia a la compresión del concreto, ya que en los dos tipos de diseño de mezclas del concreto MMS-4, MMS-8 con adiciones de microsilíce se produjo un aumento en la resistencia a la compresión del concreto mayores a la resistencia de compresión de mezcla del concreto MP=312. 22 kg/cm², teniendo como resistencia máxima a los 28 días para MMS-4 = 334. 89 kg/cm² y para MMS-8 = 396. 69 kg/cm².
2. Se concluye según los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, que los agregados de la Cantera Arunta cumplen las propiedades físicas y mecánicas requeridas por las normas NTP, ASTM, entonces los agregados de la cantera son aptos para el diseño de mezcla del concreto en diferentes edificaciones en la ciudad de Tacna.
3. En lo que respecta al diseño de mezcla patrón concluimos que cumplió con los parámetros establecidos de diseño, en cuanto a la resistencia a la compresión de la briqueta se logró una resistencia máxima a los 28 días de 312. 22 kg/cm².
4. La máxima resistencia a la compresión del concreto fue de 396. 69 kg/cm², lo obtuvo el diseño de mezcla de concreto MMS-8 con adición de 8% de microsilíce.
5. Los resultados obtenidos del Análisis de costos unitarios (ACU), para la mezcla de concreto MP se tuvo un costo unitario directo de 498. 05 Soles por m³ y para el concreto MMS-4 con adiciones de microsilíce se tuvo un costo unitario directo de 591.02 Soles por m³.
6. Los resultados obtenidos del Análisis de Costos Unitarios (ACU), para la mezcla de concreto MP se tuvo un costo unitario directo de 498. 05 Soles por m³ y para el concreto MMS-8 con adiciones de microsilíce se tuvo un costo unitario directo de 582.75 Soles por m³.

RECOMENDACIONES

1. Para las investigaciones a futuro con adiciones de microsílice se recomienda utilizar súper plastificante para evaluar su influencia y compararlos con los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación.
2. Es necesario no aumentar las cantidades de agua, y lograr asentamientos bajos solamente con los rangos de aditivos utilizados, para no aumentar la relación de agua/cemento y así obtener resistencias altas.
3. El tiempo entre el mezclado y el colocado del concreto, debe ser tomado en cuenta por la cantidad de aditivos que éste posee, ya que puede perder su humedad muy fácilmente.
4. El tiempo de mezclado para diseño de mezclas con microsílice puede ser mayor al de un concreto tradicional, es por ello que debe considerarse una adecuada proporción de agua.
5. Se recomienda no utilizar materiales muy húmedos para evitar variaciones en el diseño de mezcla y se pueda obtener el slump requerido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM C143/C143M - 15ª Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico

ASTM C-150 Especificación Normalizada para Cemento Portland

ASTM C33/C33M-08 Especificación normalizada para agregados.

ASTM D-422 Análisis granulométrico por tamizado

Benites (2010). *“concreto (hormigón) con cemento portland puzolánico ip atlas de resistencias tempranas con la tecnología”*. Tesis para optar título de ingeniero civil. Universidad Ricardo palma. Lima - Perú.

Castellón, c. ,& de la osa, k. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo i y tipo iii, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. (Tesis de pregrado). Cartagena: universidad de Cartagena.

Castillo, f. (2009). *Tecnología del concreto* (teoría y problemas) (vol. 2da. Edición). Lima - Perú: editorial san marcos E. I. R. L.

Comité 116 Instituto Americano de Concreto (ACI 116) – Terminología de cemento y concreto

Dávila y Sáenz (2013). *“propuesta de elaboración de concreto de alta resistencia, con el uso de aditivo súper plastificando adiciones de microsílíce y cemento portland tipo i, en el departamento de Lambayeque*. (Tesis para optar título profesional de ingeniero civil). Universidad señor de Sipán. Pimentel – Perú.

Escobedo (2014). *“incidencia de la nanosílíce en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo i”*. Tesis para optar título de ingeniero civil. Universidad nacional de Cajamarca. Cajamarca.

Falcón y contreras (2012). *“evaluación física y mecánica de concreto convencional sustituyendo dosis de cemento por microsílíce con un asentamiento de 5” y una resistencia a la compresión de 250 kgf/cm²”*. (Tesis para optar por el título de ingeniero civil). Universidad nueva Esparta. Caracas - Venezuela.

- Ferreiro (2008). *“concreto de alta resistencia temprana”*. (Tesis para optar título profesional de ingeniero civil en construcción urbana). Universidad autónoma de México - México.
- Fundación Ica. (2000). *Concreto. H-70”. Para optar por el título de ingeniero civil en obras civiles*. Universidad austral de Chile. Valdivia - Chile.
- Huincho (2011). *“concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I”*. Tesis para optar título profesional de ingeniero civil. Universidad nacional de ingeniería. Lima-Perú.
- Kosmatka, s. , Kirchoff, b. , Panarese, w. , & Tanesi, j. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Mexico: portland cement association.
- Laura, s. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Puno – Perú: universidad nacional del altiplano.
- López (2011). *“influencia del porcentaje de adición de la micro sílice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño”*. Tesis para optar título de maestría en ingeniería de estructuras. Universidad nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.
- Mancipe, j., Pereira, I., & Bermúdez, d. (2007). *“diseño de concretos de alta resistencia a partir de una puzolana natural”*. Bogotá: universidad de la Salle.
- Merritt, f., Lofton, m., & Ricketts, j. (1992). *Manual del ingeniero civil*. Edit. McGraw-Hill.
- Molina y Chara (2017). *“influencia de la adición de nano sílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa”*. (Tesis para optar título profesional de ingeniero civil). Universidad nacional de san Agustín. Arequipa – Perú.
- Morataya (2005). *“concreto de alta resistencia”*. (Tesis para optar por el título de ingeniero civil). Universidad de san
- NTP 334. 009. (2005). *Norma técnica peruana*. Cementos portland.
- NTP 400.037 (2005) Especificaciones normalizadas para agregados de concreto.
- NTP 400.012 (2005) Granulometría de agregados.

NTP 334.088 (2005) Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto.

Ottazzi (2004). "*material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado*". (Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil). Pontificia universidad católica del Perú. Lima - Perú.

Pasquel, e. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (vol. 2da. Edición). Lima - Perú.

Pérez (2008). "*caracterización de morteros con adición de combinaciones de micro sílice y nano sílice*". Tesis para optar por el título de ingeniero civil en obras civiles. Universidad austral de chile. Valdivia - chile.

Pineda, e. (2009). *Estudio de la influencia de las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la cantera de pertigalete sobre la desviación standard en diseños de mezclas de concreto producidos en la planta de premezclados simpca barcelona*. Venezuela: universidad de oriente.

Porrero, j. (2009). Manual del concreto estructural. 3era edición. Caracas: editorial sidetur.

Rivva López, e. (2006). *Durabilidad y patología del concreto*.

Rivva, e. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. . Lima - Perú: Hozlo S. C. R. L.

Ruiz, I. (2008). *Características del concreto fresco y endurecido fabricado en la ciudad de Arequipa utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire y acelerante de fraguado*. Tesis de pregrado, Lima. : universidad nacional de ingeniería.

Salguero, r. (2004). *Examen de calidad de los agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de quetzaltenango*. (Tesis de pregrado). Guatemala: universidad de San Carlos DE Guatemala.

Sánchez, c. (2008). "*estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño*" (tesis de pregrado). Lima - Perú: universidad peruana de ciencias aplicadas.

Seguel (2006). "hormigones de alta resistencia

Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM C-494 – Aditivos químicos para concreto

Zegarra y Zegarra (2015). *“estudio del nivel de efectividad de los aditivos acelerantes de fragua marca sika 3 y chema 5 en concretos aplicables en zonas alto andinas de la región Lambayeque”* para optar título profesional de ingeniero civil. Universidad señor de Sipán. Pimentel – Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Estadística	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable 1 (Independiente)			Tipo de Investigación
¿Cómo influye las adiciones de microsilice en la resistencia a la compresión del concreto?	Determinar de qué manera influye las adiciones de microsilice en la propiedad mecánica de resistencia de compresión del concreto.	Las adiciones de microsilice en la elaboración del concreto incrementa notablemente la resistencia a la compresión del concreto	Adiciones de microsilice	1.1 Finura 1.2 Gravedad Especifica 1.3 Superficie Especifica 1.4 Forma de la partícula 1.5 Norma	Pruebas de Regresión y Correlación	Explicativo
P. Específicos	O. Específicos:	H. Específicas:	Variable 2 (Dependiente)			Nivel de Investigación:
a) ¿Cuál es la influencia de los agregados de la cantera Arunta en la resistencia de compresión del concreto?	a) Analizar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Arunta.	a) El agregado de la cantera Arunta sin uso de adiciones tiene resistencia a la compresión dentro de rangos normales de un concreto convencional.	Resistencia a la compresión del concreto	2.1 Cohesión 2.2 Adherencia 2.3 Granulometría 2.4 Componentes 2.5 Relación (A/C) 2.6 Cemento 2.7 Porcentaje de Adiciones		Aprehensivo
b) ¿Cuál es la influencia de la utilización de las adiciones de microsilice en la trabajabilidad del concreto fresco?	b) Determinar la máxima resistencia a la compresión utilizando adiciones de microsilice para condiciones y especificaciones dadas.	b) Las adiciones de microsilice en la elaboración del concreto incrementa notablemente la trabajabilidad del concreto		Muestra: 90 probetas Mezclas de prueba		
c) ¿Cuál es el costo por metro cúbico del concreto utilizando adiciones de microsilice?	c) Determinar el costo por metro cúbico del concreto elaborado con adiciones de microsilice.	c) Las adiciones de microsilice utilizado en la elaboración del concreto tiene un mayor costo por metro cúbico.				

Anexo 2: Panel fotográfico

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



- 1) La primera acción que se realizó es limpiar las taras o recipientes metálicos y a la vez etiquetarlas ordenadamente.



- 2) Luego se procedió a pesar cada uno de los recipientes metálicos, tanto para el agregado grueso como para el fino.



- 3) Se trabajó el ensayo de contenido de humedad con 400 gr de material grueso aproximadamente.



- 4) También se trabajó el ensayo de contenido de humedad con 350 gr de material fino aproximadamente.



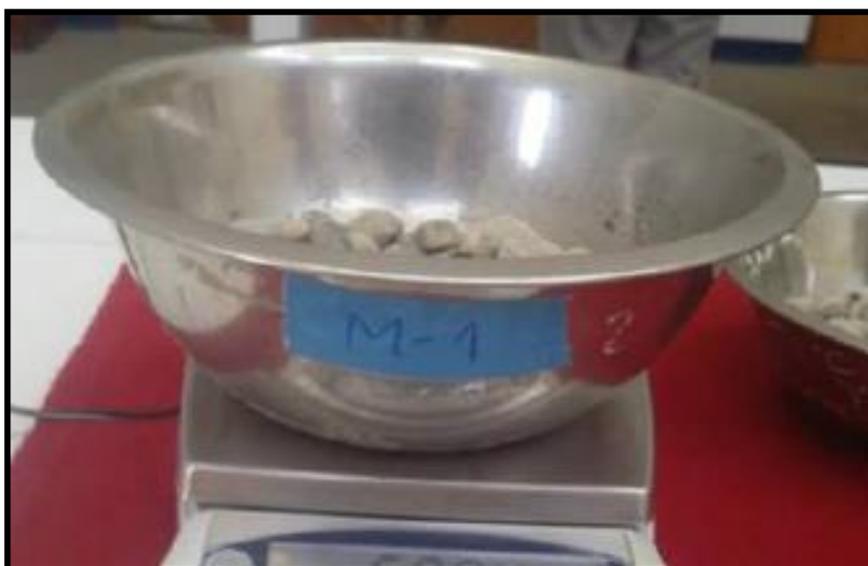
- 5) Luego se procedió a introducir las muestras rápidamente para no perder la humedad natural de los agregados.



- 6) Después de 18 a 24 horas aproximadamente se procedió a retirar las 3 muestras de agregado fino y grueso con las correctas medidas de seguridad y se dejan enfriar.



- 7) Después se procedió a pesar las muestras del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.



- 8) Después se procedió a pesar las muestras del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso. Finalmente se hacen los cálculos correspondientes.

ENSAYO DE ABSORCIÓN

AGREGADO FINO



- 9) Primero se tomó una muestra del agregado sujeto a un ensayo.



- 10) La muestra extraída se colocó en un recipiente con agua llenada hasta el tope del depósito.



- 11) Se dejó de 18 a 24 horas remojando para poder elaborar el ensayo.



- 12) Cumplido ya el plazo, se extendió la muestra al sol sobre un saco, dando cada 30 minutos una movida.



- 13) Luego se realizó el ensayo de cono de absorción, para comprobar que la muestra se encuentre en condición SSS.



- 14) La condición SSS es alcanzada cuando, el contenido del cono de absorción se desploma y termina en punta.



- 15) Luego se procedió a tomar una muestra de 350 gramos aproximadamente del material.



- 16) Y rápidamente se llevó las muestras al horno de 18 a 24 horas aproximadamente. Una vez ya retiradas las muestras del horno se procedió a realizar los cálculos.

AGREGADO GRUESO

- 17) Primero se tomó una muestra del agregado sujeto a un ensayo.



- 18) La muestra extraída se colocó en un recipiente con agua llenada hasta el tope del depósito.



- 19) Se dejó de 18 a 24 horas remojando para poder elaborar el ensayo.



- 20) Luego se procedió a secar superficialmente la muestra con una franela.



- 21) Posteriormente pesamos muestras de agregado grueso de 500 gr como mínimo.



- 22) Luego se procedió a llevar a las muestras al horno de 18 a 24 horas.

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

AGREGADO FINO



- 23) Del ensayo de absorción del agregado fino, se guardó una muestra considerable en condición SSS.



- 24) Se pesaron 3 muestras de 500 gr aproximadamente de agregado fino en condición SSS.



- 25) Las muestras ya pesadas fueron colocadas mediante embudos a las fiolas.



- 26) Se obtuvo el peso de la fiola mas la muestra.



- 27) Luego se hecho agua a la fiola hasta una altura superior a la muestra.



- 28) Las 3 muestras son sometidas a Baño María.



- 29) Cada cierto tiempo retiramos la fiola y la agitamos sobre una franela para sacar todo el aire existente aún en la muestra y que este pueda ser ocupado por el agua.



- 30) Luego se dejó enfriar las fiolas; para añadir agua en su interior hasta la marca que indica el instrumento. Y poder pesar las 3 muestras.



- 31) Al final se procedió a pesar a la fiola con solo agua, para así poder trabajar los cálculos por volumen desplazado.

AGREGADO GRUESO



- 32) Se llenó una probeta con agua hasta una altura determinada, que será considerado mi volumen inicial.



- 33) En este ensayo utilizamos 3 muestras de 500 gr aproximadamente del agregado grueso en condición superficialmente seco.



- 34) Cada muestra fue introducida en la probeta con agua poco a poco, deslizando el material en posición inclinada.



- 35) Por la presencia del agregado grueso en la probeta con agua, el volumen inicial ha variado. Teniendo en cuenta los resultados del laboratorio practico, se procede a obtener el peso específico del agregado grueso.

ENSAYO DE PESO UNITARIO



- 36) Tanto como para el PUSS y PUSC se necesitó tener como dato el peso y volumen del recipiente de la imagen.



- 37) Para ambos agregados se procedió a llenar los recipientes en tres partes con la ayuda de una tara o recipiente metálico.



- 38) Luego se procedió a enrasar los recipientes, tanto como para el agregado fino y como para el grueso. Los sacos utilizados sirven para no perder material.



- 39) Posteriormente se procedió a limpiar los cantos del recipiente con una pequeña brocha con mucho cuidado, para ambos casos.



- 40) El último paso consistió básicamente en pesar los recipientes pero con el contenido adentro; ya sea agregado fino o grueso.

ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO



- 41) Al igual que el PUSS también se procedió a llenar los recipientes en tres partes con la ayuda de una tara o recipiente metálico para los dos tipos de agregado.



- 42) Pero en cada capa que se llenó en el recipiente se procederá a compactar esta con una varilla de fierro con 25 golpes en toda el área del recipiente.



- 43) Luego al igual que en el PUSS se procedió a enrasar los recipientes para eliminar el material sobrante de estos.



- 44) Finalmente se pesaron los recipientes con los contenidos compactados dentro. Este procedimiento se repite 3 veces por cada tipo de agregado.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



- 45) Lo primero que se hizo fue escoger el material para realizar dicho ensayo. El material escogido se transportó en un balde grande.



- 46) En el caso del agregado grueso se cuartea por ser grande la cantidad para tamizar todo junto. Pero en el agregado fino no es necesario.



- 47) Luego utilizando la regla de Tyler procedemos a introducir el contenido de agregado en los tamices. Para empezar a tamizar por 15 minutos aproximadamente.



- 48) En cada malla va a ver un contenido de material pasante y otro de material retenido; para los dos tipos de agregado.



- 49) Por lo que se procedió a pesar el contenido de material retenido por las mallas, para efectos de cálculo.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN

MÉTODO DE ACI – 211



- 50) Primero se pesó las cantidades de todos los materiales a utilizar en la elaboración de las 30 briquetas.



- 51) Luego se procedió a añadirle petróleo a los moldes de las briquetas.



- 52) Posteriormente se preparó la mezcladora y la carretilla donde se va a verter la mezcla.



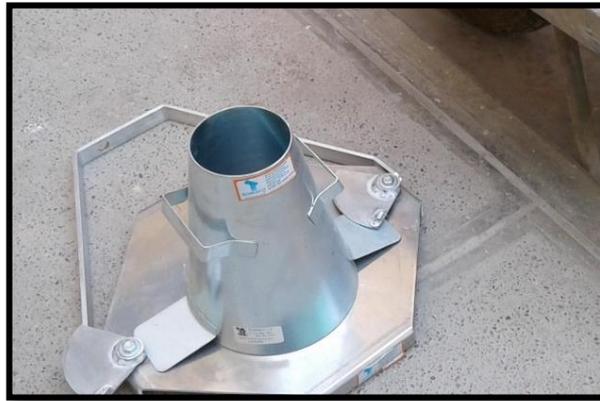
- 53) Y se empezó a colocar el material a la mezcladora: agregado grueso, agregado fino, cemento y agua.



- 54) Se esperó un momento mientras la mezcladora continua haciendo su trabajo.



- 55) Hasta que ya vimos una mezcla pastosa, procedemos a poner la mezcla en la carretilla con la ayuda de una espátula.



- 56) Se enjuaga el cono de Abrams antes de realizar el ensayo.



- 57) El slump es el asentamiento de la mezcla, el conocido cono de abrams, donde se hecho la mezcla en 3 capas, cada una de ella con 25 golpes de una varilla.



- 58) Al final del ensayo se retiró el cono y se mide el asentamiento.



- 59) Siendo el asentamiento correcto se procedió a llenar las briquetas con la mezcla, cada briqueta en tres capas. Dando 25 golpes en cada capa.



- 60) También se utilizó un martillo de goma para dar golpes de manera ascendente para eliminar las pequeñas cangrejas.



- 61) Con la ayuda de la espátula limpiamos uniformemente los restos de la mezcla en el molde.



- 62) Después de 24 horas aproximadamente se desencofra y se rotula las briquetas.



- 63) Y se coloca las briquetas en agua, acción que se denomina como curado de las briquetas.



- 64) Cada 3, 7, 14 y 28 días se rompieron cada briqueta, para verificar la resistencia deseada.

DISEÑO DE MEZCLA CON 4% Y 8% DE MICROSÍLICE



- 65) Primero se pesó las cantidades de todos los materiales adicionando la microsílíce y el plastificante a utilizar para la elaboración de las 60 briquetas.



- 66) Luego se procede a añadirle petróleo a los moldes de las 60 briquetas.



- 67) Posteriormente se prepara la mezcladora y la carretilla donde se va a verter la mezcla.



- 68) Y se empieza a colocar el material a la mezcladora: agregado grueso, agregado fino, cemento, microsíllice, plastificante y agua.



- 69) Se esperó un momento mientras la mezcladora continua haciendo su trabajo.



- 70) Hasta que ya vemos una mezcla pastosa, procedemos a poner la mezcla en la carretilla con la ayuda de una espátula.



- 71) El slump es el asentamiento de la mezcla, se colocó la mezcla en 3 capas, cada una de ella con 25 golpes de una varilla.



- 72) Siendo el asentamiento correcto se procede a llenar las briquetas con la mezcla, cada briqueta en tres capas, en cada capa se utiliza la varilla para dar 25 golpes con la varilla.



- 73) Se utilizó un martillo de goma para dar golpes de manera ascendente para eliminar las pequeñas cangrejas.



- 74) Con la ayuda de la espátula limpiamos uniformemente los restos de la mezcla en el molde.



- 75) Luego de 24 horas se procedió a desencofrar las briquetas y al rotulado de las mismas.



- 76) Luego de 24 horas se procedió a desencofrar las briquetas y al rotulado de las mismas.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



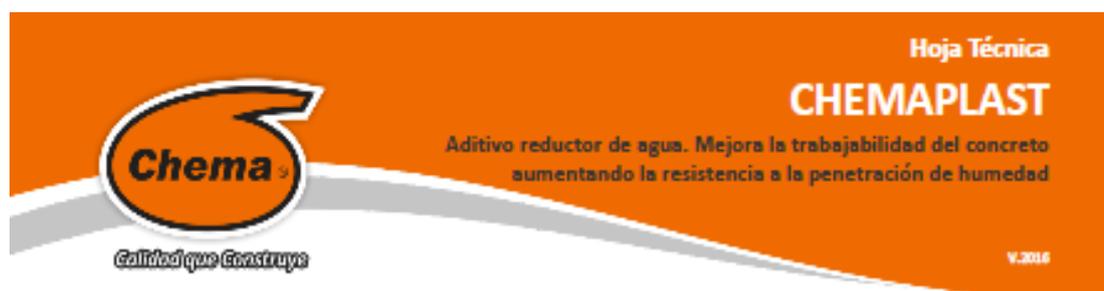
- 77) Se ensayó cada 3, 7, 14 y 28 días cada briqueta, para verificar la resistencia deseada.



- 78) Comprimida las 60 briquetas de 4% y 8% con adición de microsílíce se procedió a realizar los cálculos para encontrar la resistencia a la compresión.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CHEMA FUME

Anexo 3: Hoja técnica Chema Plast



DESCRIPCIÓN El CHEMAPLAST es un aditivo plastificante de color marrón a base de agentes dispersantes de alta eficacia exento de cloruros. Es un producto adecuado a las especificaciones ASTM C-494 tipo A.
 Hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación con un contenido de hasta 10% menor de agua, generando aumento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto.
 (Ver cuadro de Impermeabilizantes Integrales CHEMA).

VENTAJAS El concreto tratado con CHEMAPLAST tiene las siguientes ventajas:

- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.
- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos esbeltos con alta densidad de armadura con una ligera vibración, sin necesidad de aumentar la relación agua / cemento.
- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.
- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.
- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.
- No contiene cloruros.
- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.
- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina. Cuenta con certificado CEPIS¹.

USOS

- En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.
- En concreto caravista.
- En concretos pretensados y post-tensados.
- En obras hidráulicas.
- En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.
- En concretos para pavimentos y puentes.
- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.
- En concretos de reparación en general.
- En construcciones frente al mar se recomienda utilizarlo desde los cimientos, en el concreto de techos, vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo. En esculturas de concreto.

DATOS TÉCNICOS

Densidad (Kg/gal) : 4.10 - 4.30
 pH : 8.0 - 9.5
 Color: Marrón oscuro
 Aspecto: Líquido

¹ CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.



Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica
CHEMAPLAST
Aditivo reductor de agua. Mejora la trabajabilidad del concreto aumentando la resistencia a la penetración de humedad

V.2016

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<ol style="list-style-type: none"> Agregar de 143 ml a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento al agua de amasado de acuerdo al efecto deseado, sin combinarlo con otros aditivos. Se sugiere realizar pruebas previas con los materiales, tipo de cemento y condiciones de obra. Para morteros impermeables usar diseño 1:3 (1 de cemento+ 3 de arena fina).
RENDIMIENTO	<p>La dosis sugerida es de 143 ml a 360 ml de CHEMAPLAST por bolsa de cemento.</p> <p>La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.</p>
PRESENTACIÓN	<p>Envase de 1 gal. (Código: 03003004)</p> <p>Envase de 5 gal. (Código: 03003003)</p> <p>Envase de 30 gal. (Código: 03003193)</p> <p>Envase de 55 gal. (Código: 03003053)</p>
ALMACENAMIENTO	<p>De almacenarse en lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo su tiempo de vida útil será de 1 año.</p>
PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES	<p>En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).</p> <p>Producto tóxico. NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.</p> <p>No coma ni beba mientras manipula el producto.</p> <p>Lávese las manos luego de manipular el producto.</p> <p>Utilice guantes de seguridad, gafas y ropa protectoras de trabajo.</p> <p>Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.</p> <p>En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.</p> <p>Sí es ingerido, no provocar vómitos; procure buscar ayuda médica inmediata.</p>

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen convenientes, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.



Hoja Técnica
CHEMAPLAST
Aditivo reductor de agua. Mejora la trabajabilidad del concreto aumentando la resistencia a la penetración de humedad

V.3016

**CUADRO DE
IMPERMEABILIZANTES INTEGRALES CHEMA**

CHEMA 1 POLVO	Para preparar morteros y concretos súper impermeables en cisternas, tanques elevados, jardinerías, zócalos, zonas húmedas y otros.
CHEMA 1 LÍQUIDO	Para mortero y concreto impermeables.
CHEMITA EN POLVO	Impermeabilizante en polvo para morteros y concreto muy económico.
CHEMAPLAST	Plastificante reductor de agua e impermeabilizante integral que otorga mayor f_c ideal para lograr un concreto caravista de alta calidad.
CHEMAPLAST IMPERMEABILIZANTE	Impermeabilizante para cimientos y sobrecimientos, morteros de uso extensivo, además de plastificante para concreto caravista.

Anexo 4: Hoja técnica Chema Fume



Hoja Técnica

CHEMA FUME

Aditivo mineral, microsílíce sin densificar

V.012016

DESCRIPCIÓN	CHEMA FUME es un aditivo mineral en polvo compuesto por sílice en estado cristalino (microsílíce) que reacciona químicamente con el hidróxido de calcio del cemento para formar silicatos hidratados. De modo que se obtienen morteros y concretos de elevadas resistencias mecánicas, baja permeabilidad y mayor durabilidad. CHEMA FUME cumple con la especificación ASTM C1240.
--------------------	--

VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión. - Disminuye el porcentaje de vacíos aumentando la impermeabilidad. - Forma compuestos hidratados, disminuyendo la exudación y aumentando la cohesión. - Mejor resistencia a agentes químicos externos (cloruros, carbonatos, sulfatos). - Mejora el desempeño de la mezcla cementicia. - Mayor vida útil de la estructura.
-----------------	--

USOS	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de concretos y morteros de alta resistencia. - Elaboración de concretos y morteros para minería (shotcrete). - Elaboración de concretos de baja permeabilidad y alta durabilidad. - Estructuras marinas, puertos, túneles, puentes, represas.
-------------	--

DATOS TÉCNICOS	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Aspecto:</td> <td>Polvo</td> </tr> <tr> <td>Color:</td> <td>Gris</td> </tr> <tr> <td>Cristalografía:</td> <td>Sólido amorfo</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>2.33g/cm³</td> </tr> <tr> <td>Retenido sobre malla 50µm (Nº 325 ASTM):</td> <td>3.7%</td> </tr> <tr> <td>Superficie específica BET:</td> <td>24 m²/g</td> </tr> <tr> <td>Índice de actividad puzolánica, 7 días:</td> <td>142%</td> </tr> <tr> <td>Pérdidas por ignición:</td> <td>9.4%</td> </tr> <tr> <td>Contenido de sílice, SiO₂:</td> <td>96.6%</td> </tr> <tr> <td>Expansión autoleve:</td> <td>-0.036%</td> </tr> </table>	Aspecto:	Polvo	Color:	Gris	Cristalografía:	Sólido amorfo	Densidad:	2.33g/cm ³	Retenido sobre malla 50µm (Nº 325 ASTM):	3.7%	Superficie específica BET:	24 m ² /g	Índice de actividad puzolánica, 7 días:	142%	Pérdidas por ignición:	9.4%	Contenido de sílice, SiO ₂ :	96.6%	Expansión autoleve:	-0.036%
Aspecto:	Polvo																				
Color:	Gris																				
Cristalografía:	Sólido amorfo																				
Densidad:	2.33g/cm ³																				
Retenido sobre malla 50µm (Nº 325 ASTM):	3.7%																				
Superficie específica BET:	24 m ² /g																				
Índice de actividad puzolánica, 7 días:	142%																				
Pérdidas por ignición:	9.4%																				
Contenido de sílice, SiO ₂ :	96.6%																				
Expansión autoleve:	-0.036%																				

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	1. Adicionar CHEMA FUME de la misma forma que es dosificado el cemento, en la planta de premezclado o en el mixer, según lo especificado en la norma ASTM C94.
--	---

RENDIMIENTO	La dosis de CHEMA FUME es entre 3 a 15% del peso de cemento. Debido a la formación del gel de silicato de calcio hidratado, se presentará un consumo adicional de agua, por lo que se debe considerar el uso de CHEMA SÚPERPLAST en su mezcla.
--------------------	--

PRESENTACIÓN	Envase de 22.7Kg. (Código: 71100974)
---------------------	--------------------------------------



ASOCIACIÓN AL CEMENTO

(511) 338-8407

Página 1 de 2



Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica
CHEMA FUME
Aditivo mineral, microsílíce sin densificar

V.012016

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 12 meses.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).

Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto.

Lavarse las manos luego de manipular el producto.

Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo.

Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

En caso de contacto con los ojos y la piel, lívelos con abundante agua.

Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen convenientes, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.