



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

MODALIDAD DE ESTUDIOS: PRESENCIAL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO
EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO
REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”

AUTOR: DANIEL ELIECER MORENO DE LA CRUZ

TUTOR: Ing. Alex Frías

AMBATO – ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

Yo Ing. Alex Frías con CC. 1804159554, en mi calidad de Tutor del trabajo de graduación o Titulación, sobre el tema “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”, desarrollado por el egresado Daniel Eliecer Moreno De la Cruz, considero que dicho informe investigativo, reúne los requisitos técnicos, científicos y reglamentarios, por lo que autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por parte de la comisión designada por H. Consejo Directivo

Ambato, 28 de Agosto del 2017.

.....
Ing. Alex Frías
TUTOR DOCENTE FICM

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Dejo constancia que el siguiente trabajo es fruto del proceso de investigación del autor, quien basado a la experiencia profesional, en los estudios realizados durante la carrera, revisión bibliográfica e investigación de campo, además de opiniones y comentarios en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

MORENO DE LA CRUZ DANIEL ELIECER

CC. 1804539151

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR.

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 30 de Agosto 2017

Autor

MORENO DE LA CRUZ DANIEL ELIECER

CC. 1804539151

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO
Al Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Civil y
Mecánica:

La Comisión de estudios y calificaciones del Trabajo de Graduación o Titulación, sobre el tema: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”, presentado por el señor Moreno De la Cruz Daniel Eliecer, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil y Mecánica, promoción Marzo- Abril 2013, una vez realizada y calificada la investigación, se APRUEBA en razón de que cumple con los principios básicos, técnicos, científicos de investigación y reglamentarios.

Por lo tanto se autoriza la presentación ante los organismos pertinentes.

Para constancia firman:

Ing. Mg. Maritza Ureña.

Ing. Mg. Diego Cherres.

DEDICATORIA

A mi esposa Carolina Zamora, quien tuvo para mí siempre palabras de aliento y fortaleza. A mis padres Gloria De la Cruz, Nilo Moreno, quienes me apoyaron siempre. A los Profesores, que cultivaron los conocimientos para mi profesión y así compartir la experiencia de hacer una tesis experimental para ayudar a nuestro País, así como a mi querida Universidad Técnica de Ambato.

Daniel Moreno

AGRADECIMIENTO

Todo lo que soy y tengo es gracias al amor de Dios.

He logrado con este trabajo experimental, mi título de Ingeniero Civil, lo más importante es lo aprendido en estos años de vida universitaria. Resultaría imposible agradecer a todos quienes me han enseñado o ayudado en todo este tiempo, pero me siento en deuda con mis profesores de la facultad.

Con mucha estima al Ing. Alex Frías que con su amplio conocimiento supo dirigir y orientar, dedicando valioso tiempo en el desarrollo de este trabajo experimental.

A mi familia, les debo tanto, gracias por todo lo que me han dado.

Para el desarrollo de esta investigación, de la manera más amistosa, recibí la ayuda del personal del laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Daniel Moreno

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
ANTECEDENTES.....	2
1.1 Tema	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6
CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN.....	7
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1 EL HORMIGÓN	7
2.2 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.	7
2.3 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO.	10
2.4 MATERIALES DEL HORMIGÓN	13
2.4.1 AGREGADO GRUESO.....	13
2.4.2 AGREGADO FINO	13
2.5 EL CEMENTO	14
2.5.1 CEMENTOS COMUNES	15
2.6 EL AGUA DE AMASADO	17
2.7 ADITIVOS	17
2.7.1 MINERALES	17
2.7.2 ADITIVOS QUÍMICOS.....	18
2.7.3 EL TALCO INDUSTRIAL [16].....	19
2.8 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN [15].....	22
2.8.1 ENSAYO DE MATERIALES.	26

2.8.2	COMPORTAMIENTO ELÁSTICO E INELÁSTICO [9]	27
2.8.3	DEFORMACIÓN [20]	28
2.9	METODO DE DISEÑO DE HORMIGON.....	30
2.9.1	MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA (Densidad Óptima o Método de la Universidad Central). [21, pp. 46-47]	30
2.10	INCENDIO	32
2.11	CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO.....	33
2.12	TIPO DE COLORACIÓN DEL CONCRETO POSTERIOR A SU EXPOSICIÓN A FUEGO.....	34
2.13	TRATAMIENTO TERMICO (Condiciones de Calentamiento).....	35
2.13.1	Etapas del tratamiento térmico	35
2.13.2	Tipos de Tratamientos Térmicos	35
2.14	EL CHOQUE TÉRMICO [26]	36
2.15	RESISTENCIA AL CHOQUE TÉRMICO [26]	37
2.16	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	38
2.17	HIPÓTESIS	39
2.17.1	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.	39
CAPÍTULO III.....		40
3	DEL PROYECTO	40
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.	40
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1	POBLACIÓN O UNIVERSO (N).....	40
3.2.2	MUESTRA.....	41
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	43
3.3.1	VARIABLE DEPENDIENTE: CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.	43
3.3.2	VARIABLE INDEPENDIENTE: RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGÓN.....	44
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	45
3.4.1	Técnicas e Instrumentos.	45
3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	49

CAPÍTULO IV	50
4 DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	50
4.1 Ensayo realizados a los agregados.....	51
4.1.1 Calculo de la Dosificación por el Método de la Densidad Optima o Método de la universidad Central	63
4.1.2 AJUSTE DE MEZCLAS:.....	66
4.2 Recolección y Análisis de resultados.	70
4.2.1 Ensayo de Densidad en estado Fresco	70
4.2.2 Representación gráfica y comparación de las Densidades en estado fresco o pesos específicos del hormigón con remplazo parcial del agregado fino por Talco Industrial y el hormigón tradicional.....	75
4.2.3 Ensayo de Densidad en estado Endurecido	76
4.2.4 Representación gráfica y comparación de las Densidades en estado endurecido o pesos específicos del hormigón con remplazo parcial del agregado fino por Talco Industrial y el hormigón tradicional.....	81
4.2.5 Datos de tratamiento térmico y choque térmico.....	82
4.2.6 Imágenes para análisis de Colorimetría.....	87
4.2.7 Datos de Ensayos de Compresión.	89
4.2.8 Representación gráfica y comparación de los porcentajes de resistencia sin tratamiento térmico.	91
4.2.9 ENSAYO DE COMPRESIÓN POSTERIOR AL ENSAYO TÉRMICO.....	92
4.2.10 Representación gráfica y comparación de los porcentajes de resistencia residual posterior al choque térmico.	98
4.2.11 Representación gráfica típica y comparación de los valores de resistencia a compresión residual de las diferentes mezclas sometidas a tratamientos térmicos de: 500 °C, 700 °C, 900 °C, 1100 °C.....	99
4.3 Verificación de la hipótesis	103
CAPÍTULO V:.....	104
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1 Conclusiones.....	104
5.2 Recomendaciones	105
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	106

6	Bibliografía.....	106
	ANEXOS.....	110
	Anexo A: Imágenes de ensayos realizados	110
	Anexo C: Informe de ensayo de Tratamientos Térmicos.....	121
	Anexo D: Ficha Técnica del Talco Industrial TY - 400.....	123

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Cono de Abrams.....	8
Imagen 2. Medidas normalizadas del molde para cilindros de hormigón.....	23
Imagen 3. Probetas de Hormigón.....	24
IMAGEN 4. Colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 500°C, en la cual se observa un color rosáceo en la probeta de hormigón sin yeso.....	87
IMAGEN 5 Observación de colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 700°C, en donde se observa un color gris claro más acentuado leve en las probetas, con especial alusión a la probeta sin talco.....	87
IMAGEN 6. Colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 900°C, en donde se observa un color gris bien marcado	87
IMAGEN 7. Colorimetría típica de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 1100°C, en la que se puede observar un color amarillo claro bien marcado.....	88
Imagen 8. Muestra de Arena en recipiente metálico para la determinación de sus propiedades granulométricas.....	110
Imagen 9. Picnómetro utilizado para la determinación del contenido de humedad del agregado fino.....	110
Imagen 10.Muestra de ripio sumergida para determinación de la densidad real del ripio.	111
Imagen 11. Llenado de cono de Abrams para chequeo de asentamiento de una de las mezclas desarrolladas.....	111
Imagen 12. Medición del asentamiento de la mezcla de hormigón tradicional en el cono de Abrams.. ..	112
Imagen 13.Cilindros de las diferentes mezclas etiquetados y sumergidos en la piscina de Curado.....	112
Imagen 14. Preparación del espacio y colocación de probetas para el ensayo de tratamiento térmico con el Ing. Mecánico Esteban López en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO	

CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.	113
Imagen 15. Horno de tratamientos térmicos del laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.....	113
Imagen 16. Maquina universal METROTEC y Ceteo de la misma en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA, para el ensayo de compresión de hormigón.....	114
Imagen 17. Colocado de probetas en el interior del Horno de tratamientos térmicos del laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA y programación del control de temperatura.	114
Imagen 18. Tanque de recirculación de agua; para el choque térmico de las probetas.	115
Imagen 19. Medición de la temperatura interna inicial del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.	115
Imagen 20. Choque térmico de probeta a 500 °C.	116
Imagen 21. Colocación de probeta después del choque térmico en la maquina universal METROTEC y Ceteo de la misma en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA, para el ensayo de compresión de hormigón.....	116
Imagen 22. Extracción de probetas del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA a una temperatura de 700°C.	117
Imagen 23. Fractura típica de las cuatro diferentes mezclas.....	117
Imagen 24. Controlador de temperatura alcanzando la temperatura de 1100 °C.....	118
Imagen 25. Apertura a 1100 °C del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.	118
Imagen 26. Probeta a 1100 °C antes del choque térmico con agua a temperatura ambiente.....	119

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Operacionalización de la Variable Independiente.....	43
CUADRO 2. Operacionalización de la Variable Independiente.....	44
CUADRO 3. Preguntas Básicas.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Comportamiento elástico e inelástico del hormigón.....	28
Grafico 2 Deformaciones del hormigón.....	29
Grafico 3. Densidad Compactada de la Mezcla.....	58
Grafico 4. Análisis Granulométrico del Agregado fino.....	60
Grafico 5. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.....	62
Grafico 6. Densidades del Hormigón en estado Fresco.....	75
Grafico 7. Densidades del Hormigón en estado Endurecido.....	81
Grafico 8. Resistencia a Compresión de las Mezclas sin Tratamiento Térmico.....	91
Grafico 9. Resistencia a Compresión Residual del concreto con Talco Industrial.....	97
Grafico 10. Ensayo de compresión de Hormigón posterior a choque térmico.....	98
Grafico 11. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 500 °C.....	99
Grafico 12. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 700 °C.....	100
Grafico 13. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 900 °C.....	101
Grafico 14. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 1100 °C.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consistencia de los Hormigones.....	8
Tabla 2. Tipos De Cementos Comunes Y Composiciones: Proporción En Masa.....	16
Tabla 3. Aditivos Minerales.....	17
Tabla 4. Aditivos Químicos.....	19
Tabla 5 Relación agua / cemento.....	30
Tabla 6 Reemplazo % Óptimo de Vacíos por Pasta.....	31
Tabla 7. Coloración del Concreto posterior a su exposición a fuego, descripción visual de daño.....	34
Tabla 8. Numero de Probetas a desarrollar.....	42
Tabla 9. Tabla tipo para Ensayo de compresión.....	46
Tabla 10. Tabla tipo para Tratamientos térmicos.....	47

Tabla 11. Tabla tipo para resumen de resistencia a la compresión residual del hormigón posterior al choque térmico.....	48
Tabla 12. Determinación real de la arena NORMA INEN 856	51
Tabla 13. Ensayo de absorción del agregado fino.....	52
Tabla 14. Contenido de humedad del agregado fino.....	52
Tabla 15. Determinación real del ripio NORMA INEN 857	53
Tabla 16. Ensayo de absorción del agregado grueso.	54
Tabla 17. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.....	54
Tabla 18. Densidad suelta de la arena y ripio NORMA INEN 858	56
Tabla 19. Densidad suelta de la arena y ripio NORMA INEN 858	56
Tabla 20. Densidad compactada mezcla NORMA INEN 858.....	57
Tabla 21. Granulometría del Agregado fino (arena) NORMA INEN 696	59
Tabla 22. Granulometría del agregado grueso (ripio) NORMA INEN 696	61
Tabla 23. Dosificación de Hormigón de 210Kg/cm ²	63
Tabla 24. Densidad en estado fresco.....	70
Tabla 25. Densidad en estado fresco.....	71
Tabla 26. Densidad en estado fresco.....	72
Tabla 27. Densidad en estado fresco.....	73
Tabla 28. Resumen de las tablas de Densidad en Estado Fresco.	74
Tabla 29. Densidad en estado Endurecido.	76
Tabla 30. Densidad en estado Endurecido.	77
Tabla 31. Densidad en estado Endurecido.	78
Tabla 32. Densidad en estado Endurecido.	79
Tabla 33. Resumen de las tablas de Densidad en Estado Endurecido.	80
Tabla 34. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 500°C.	83
Tabla 35. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 700°C.	84
Tabla 36. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 900°C.	85
Tabla 37. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 1100°C.	86
Tabla 38. Tabla de Ensayo de compresión de testigos SIN TRATAMIENTO TERMICO	90
Tabla 39. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 0.00% de Talco Industrial.	92
Tabla 40. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 10.00% de Talco Industrial.	93
Tabla 41. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 20.00% de Talco Industrial.	94
Tabla 42. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 30.00% de Talco Industrial.	95
Tabla 43. Resumen de ensayos de resistencia a compresión.	96

Tabla 44. LA DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN DE LOS MATERIALES DE ACUERDO AL USO QUE SE LE DARÁ AL HORMIGÓN.....120

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
RESUMEN EJECUTIVO

Tema: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”

En el presente trabajo experimental se pretende aportar información técnica sobre la influencia que ejerce el uso de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino en las mezclas de hormigón, mediante la elaboración y ensayo de probetas, utilizando materiales de nuestra zona y cemento Holcim.

Con estos materiales previamente seleccionados y analizados, se elaboraron mezclas de prueba añadiendo y variando la cantidad de talco industrial, teniendo como guía el procedimiento aplicado por las normas NTE INEN vigentes. Para la dosificación de 210Kg/cm² calculada, de prueba se realizaron 2 probetas, las mismas que se ensayaron a los 7 días de edad. Del análisis de estos resultados y los reajustes respectivos, se pasó a al diseño de mezclas con remplazo de talco industrial por agregado fino y los ensayos de tratamiento térmico (subida de temperatura), ensayo de compresión a los 28 días de edad. De estos valores, se seleccionó la mezcla con el porcentaje de talco industrial con mejor comportamiento, debe aclararse que este trabajo experimental fue orientado a la obtención de la mejor resistencia residual del hormigón expuesto a un choque térmico (cambio brusco de la temperatura).

La dosificación que arrojó los mejores resultados a la compresión simple posterior al choque térmico es la que contiene 20% de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino. Posterior al ensayo de choque térmico a los 28 días de edad se obtuvo una resistencia residual de 104.11 Kg / cm², a una temperatura de 500°C.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

ABSTRACT

Subject: "ANALYSIS OF THE RESISTANCE TO COMPRESSION OF CONCRETE EXPOSED TO FIRE, MANUFACTURED BASED ON INDUSTRIAL TALC AS A PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE."

In this project the intention is to provide technical information about the influence of use industrial talc as a partial replacement of fine aggregate in concrete mixtures, by the preparation and testing of test pieces, using materials from our area and Holcim cement.

With materials previously selected and analyzed, test mixtures were prepared by adding and varying the amount of industrial talc, guided by the procedure applied by the current NTE INEN standards. For the dosage of calculated $210\text{Kg} / \text{cm}^2$, 2 specimens were tested, the same ones that were tested at 7 days of age. From the analysis of these results and the respective readjustments, the design of mixtures with replacement of industrial talc by fine aggregate and the heat treatment tests (temperature rise), compression test at 28 days of age. From these values, the mixture was selected with the highest percentage of industrial talc, it should be clarified that this experimental work was oriented to obtain the best residual resistance of the concrete exposed to a thermal shock (abrupt change in temperature).

The dosage that gave the best results to the simple compression after the thermal shock is the one that contains 20% of industrial talc as partial replacement of the fine aggregate. After the heat shock test at 28 days of age a residual resistance of $104.11\text{ Kg} / \text{cm}^2$, was obtained at a temperature of $500\text{ }^\circ\text{C}$.

INTRODUCCIÓN

Profesionales de la construcción en la búsqueda permanente de mejorar la propiedades del concreto y el avance tecnológico, en la década de los 90 aparecieron las primeras adiciones de material mineral al concreto, estudios realizados en Estados Unidos y en países de Europa dieron los primeros resultados de las mejoras con adiciones de cenizas volantes mejorando principalmente la resistencia a compresión.

De acuerdo con Eduardo Vidaud, debe señalarse que las adiciones trabajan de dos formas fundamentales. En primer lugar, hidratan al cemento Portland (caso de las escorias de alto horno) y en segundo lugar, actúan como "puzolanas" que proporcionan sílice a la mezcla y reaccionan con la cal hidratada (Caso de cenizas volantes tipo F). [1, p. 12]

En este sentido la adición de minerales para mejorar la resistencia a compresión en el concreto, se realiza generalmente sustituyendo parte del cemento Portland por adiciones minerales. Las cenizas volantes tipo C y las escorias mejoran la resistencia a compresión del concreto, más que las cenizas volantes tipo F. [1, p. 17]

En la actualidad se trata de mejorar otras propiedades del concreto que no sea la resistencia compresión, tales como la resistencias a sulfatos, resistencia a congelamiento y descongelamiento, cambios bruscos de temperatura por fuego, etc. [2, p. 8]

En la presente investigación se valoró la resistencia a fuego del concreto con igual valoración que la resistencia compresión posterior a su exposición a fuego, el talco industrial se adicio a la mezcla de concreto por su resistencia a altas temperaturas al actuar como Ligante cementante, con lo que se obtuvo mejoras en la fisuración y desconchamiento del concreto.

Comprendiendo claramente que en la construcción el costo de reparación de edificaciones afectadas por el fuego es un rubro importante, sin lugar a dudas encontrar materiales que contribuyan a la reducción de los efectos de estos será siempre de interés tecnológico.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema

“Análisis de la Resistencia a Compresión del Concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco Industrial como remplazo parcial del agregado fino.”

1.2 Antecedentes

Investigaciones de hormigón con adiciones de cenizas volantes a nivel internacional son de gran interés como la desarrollada por Pablo Lorca Aranda en su tesis doctoral, “EFECTO DE LA ADICION DE HIDROXIDO CALCIO SOBRE MEZCLAS CON ALTA SUSTITUCION DE CEMENTO POR CENIZA VOLANTE” de la Universidad Politécnica de Valencia, en julio 2014; concluye que para hormigones con altos porcentajes de ceniza volante, la adición de hidróxido cálcico sonicado produce, que las prestaciones mecánicas sean excelentes, y, a largo plazo, incluso superan los valores obtenidos para sistemas con sólo cemento. La reacción puzolánica permite obtener sistemas más compactos por aumento de los productos de hidratación de origen puzolánico. Este aumento repercute positivamente en el comportamiento frente a la capilaridad, permeabilidad al agua, migración de cloruros y carbonatación. [3, p. 304]

Este tipo de adiciones en materiales, provocan una reacción puzolánica, ayudando al concreto a mejorar sus propiedades mecánicas; es así que también el talco industrial por su finura y composición contribuye a mejorar el comportamiento frente a la capilaridad, permeabilidad al agua, migración de cloruros y carbonatación, que se produce en el concreto al ser sometido a altas temperaturas.

Trabajos realizados por Kitt I y Rodríguez analizaron, en un primer trabajo el comportamiento mecánico de la mezcla cemento-talco sometida a ciclos térmicos de 600°C-20°C (bajo humedad) y en otro trabajo posterior estudiaron la evolución seguida por el hidróxido de calcio al deshidratarse durante ciclos térmicos aplicados a la misma mezcla, obteniéndose las proporciones de mezcla óptima de 65 % cemento y 35% talco. [2, p. 6]

La utilización de cemento-talco de acuerdo con las investigaciones, resulta una mezcla refractaria de excelentes cualidades por sus propiedades de resistencia a tratamientos térmicos sin fisuración a diferencia de mezclas a base de solo cemento como material Ligante cementante.

En otra investigación realizada por P. KITTL, G. DÍAZ y H. ALARCÓN, en el Departamento de Ingeniería de Materiales, IDIEM, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile en su publicación “DOSIFICACIÓN DE UN MORTERO REFRACTARIO CEMENTO-TALCO-CHAMOTA SOMETIDO A CHOQUE TÉRMICO”, concluyen que las dosificaciones de cemento-talco-chamota resistieron la temperatura de trabajo de 1.000°C con excepción de la pasta pura de cemento compactada que presentó gran fisuración. Con el choque térmico a que se sometió a los dos grupos de probetas, se obtuvo como dosificación óptima para el mortero refractario 90 % cemento-talco y 10 % chamota, para ambos procesos de fabricación. [2, p. 11]

Al analizar esta dosificación se observa que el talco es utilizado no solamente como material Ligante, sino también como remplazo del agregado fino y la chamota (material refractario a base de arcilla muy similar al ladrillo) en remplazo del agregado grueso.

Del mismo estudio el test de fatiga térmica muestra un decrecimiento suave en la relación de resistencia después de siete choques térmicos sucesivos a un $\Delta T = 500^\circ\text{C}$, con una caída media en la resistencia a la compresión de un 52 %, se aprecia en esta etapa la formación probable de una nueva fase. La chamota como material inerte de baja

conductividad térmica incrementa la resistencia al choque térmico en la mezcla cemento-talco. Sin embargo, a partir de cierto límite del porcentaje de chamota no continúa tal incremento, todo lo contrario, se revierte, puesto que ésta rompe la liga cemento-talco. [2, p. 9]

En el hormigón refractario desarrollado, demostraron que la utilización de chamota es una alternativa poco práctica, por su grado de conductividad, al rebasar cierta fase de temperatura esto incrementa las micro fisuras ya existentes en el hormigón, considerando necesaria una investigación con mezcla de cemento-talco, reemplazando la chamota por ripio tradicional de nuestra localidad.

La Investigación desarrollada por Julián Fabra, María Amparo, en su tesis, “CARACTERIZACION DE POLIPROPILENOS TECNICOS MODIFICADOS CON TALCO PARA SU USO EN PARACHOQUES”, concluyen finalmente que el material más idóneo para la aplicación de parachoques sería el Polipropileno de Alto Impacto reforzado con un 12% en TALCO INDUSTRIAL principalmente. [4]

Demostrando, el polipropileno presenta una mayor rigidez, a una temperatura dada, aprovechando las propiedades del talco industrial, este no afecta a las propiedades reológicas del material en estado fresco (no endurecido) y contribuye a mejorar ciertas características como la plasticidad de los materiales, formando una pasta de mejor manejo y moldeaje.

1.3 Justificación

El presente trabajo está basado en una Investigación realizada por P. KITTL, G. DÍAZ y H. ALARCÓN, quienes desarrollaron **una mezcla cemento-talco industrial** [2, p. 11], esta investigación usa y aplica el talco industrial como material Ligante y mejorador de resistencia del concreto a tratamientos térmicos en rangos entre 500°C y 1000°C [2, p. 12], de igual forma investigadores a nivel mundial han acentuado el uso de talco industrial como material de refuerzo en estructuras compuestas como parachoques, es así que se analizó la resistencia a compresión del concreto después de ser expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino, comparado con un hormigón tradicional, para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Mediante este proyecto podemos comparar la plasticidad entre el hormigón tradicional y los hormigones con talco industrial, el valor obtenido de los asentamientos de los hormigones en estado fresco, la resistencia a compresión del hormigón tradicional y los hormigones con talco industrial después de ser sometidos a choque térmico e identificar de forma visual el porcentaje de talco industrial que aporte al mejor comportamiento al ser sometido a un cambio brusco de temperatura.

La presente investigación fue realizada en los laboratorios de ensayo de materiales de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua,

La presente investigación servirá para determinar la capacidad resistente residual del concreto después un incendio de gran magnitud, comparando la resistencia a compresión del hormigón tradicional y los hormigones con talco industrial, sometidos a un choque térmico controlado, simulando el cambio brusco de temperatura que ocurre en el proceso de extinción de un incendio. Esta investigación servirá para mejorar la resistencia del hormigón a altas temperaturas sin sufrir fisuración o desconchamiento, ahorrando rubros importantes al momento de reparar la estructura afectada.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Analizar la Resistencia a Compresión del Concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco Industrial como remplazo parcial del agregado fino, comparado con un hormigón tradicional, para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2 Específicos

- Comparar la plasticidad entre el hormigón tradicional y los hormigones con talco industrial como remplazo parcial del agregado fino.
- Comparar analíticamente el valor obtenido de los asentamientos de los hormigones en estado fresco.
- Identificar de forma visual el porcentaje de talco industrial que mejores resultados presente en los testigos de las mezclas de hormigón sometidas a un cambio brusco de temperatura.
- Comparar numéricamente la resistencia a compresión del hormigón tradicional y los hormigones con talco industrial como remplazo parcial del agregado fino, después de ser sometidos a choque térmico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 EL HORMIGÓN

El hormigón es un material compuesto, heterogéneo, utilizado para construcción civil, conformado substancialmente por una pasta o matriz y un material de relleno (agregado grueso y fino). La pasta está formada básicamente por cemento y agua. Existen varias clases de hormigón, la clase del hormigón depende en gran medida de la condición de las cantidades de los componentes en la mezcla, así como de la temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado.

Para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón se puede añadir, aditivos químicos como microsílíce, limallas de hierro, fibras sintéticas, etc., o se pueden reemplazar por materiales con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento o rápido, etc. El hormigón ha alcanzado un gran alcance en la construcción como material estructural debido a que su adaptación es muy fácil.

2.2 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.

La consistencia [5]

La facilidad con la que un hormigón fresco se deforma, cuando todas las partículas de la mezcla se han hidratado completamente, nos da una idea de cómo es su consistencia o conformación. Los componentes que afectan a la deformación son la cantidad de agua de amasado, la granulometría o tamaño de los agregados. Existen varios métodos para determinar la consistencia, el más usual es el cono de Abrams. El cono de Abrams es un molde cónico de 30 cm de altura, como se muestra en la imagen1. Después de ser llenado con hormigón en un lugar fijo, la pérdida de altura del hormigón desmoldado respecto del cono, da una idea de su consistencia.

Imagen 1. Cono de Abrams



Fuente: www.constructorcivil.org

Los hormigones por su consistencia se clasifican en secos, plásticos, blandos, fluidos y líquidos. Esto se lo puede apreciar de mejor manera en la siguiente tabla.

Tabla 1. Consistencia de los Hormigones

Consistencia	Asentamiento en cono de Abrams (cm)
Seca (S)	0 a 2
Plástica (P)	3 a 5
Blanda (B)	6 a 9
Fluida (F)	10 a 15
Líquida (L)	≥ a 16

Fuente: Montoya P., Meseguera A., Moran F., “Hormigón Armado”, 14va Edición Editorial Gustavo Gili, Pág. 76

La Docilidad o Trabajabilidad

El hormigón debe ser fabricado siempre para tener una trabajabilidad, consistencia, y plasticidad adecuada a las condiciones de trabajo. Es una medida de lo fácil o difícil que significa colocar, consolidar y darle acabados al hormigón. La consistencia es la facultad del hormigón fresco para fluir. [6]. Está relacionada con su deformabilidad, con su homogeneidad, con la trabazón interna de sus componentes, con la mayor o menor facilidad para eliminar vacíos; para alcanzar una compacidad máxima.

La docilidad depende, entre otros factores, de los siguientes:

- De la cantidad de agua de amasado.
- De la granulometría de los agregados, a mayor cantidad agregado fino mayor docilidad del hormigón, pero esto afecta la resistencia a compresión del hormigón al incrementarse la cantidad del agua de amasado.
- La docilidad aumenta con áridos de aristas redondeadas.
- De la cantidad y la finura del cemento.
- De los aditivos minerales o químicos que se utilice.

La plasticidad

Determina la facilidad de moldear al hormigón. Si se usa más agregado en una mezcla de hormigón o si se agrega menos agua, la mezcla se vuelve más rígida (menos plástica o menos trabajable) y difícil de moldear. No se puede considerar plásticas a las mezclas muy secas o muy desmoronables ni a las muy aguadas o fluidas. [6]

Homogeneidad

Se dice que un hormigón es homogéneo cuando los materiales utilizados están educadamente distribuidos en toda la mezcla formalizada en una sola parada o preparación. La homogeneidad depende del amasado, del transporte, colocación en obra, y puede ser afectada por segregación o decantación del agregado grueso. [6]

Cohesión

“Aptitud del hormigón fresco por la cual la mezcla, tanto en estado de movimiento como en reposo en moldes y encofrados, se mantiene sin pérdida de homogeneidad” [7]

Segregación

La segregación es producto de la separación de los componentes del hormigón después de ser amasado, se presenta cuando los hormigones tienen una cohesión baja o nula.

El agua de amasado es muy importante para esta propiedad, es así que en un hormigón seco, el agregado grueso se separa del agregado fino, se puede presentar en hormigones dóciles, ásperos, cuando tienen abundancia de alguno de sus componentes, o cuando no ha sido manejado correctamente. [6]

Exudación [8]

La exudación se produce en el hormigón fresco en el tiempo de fraguado por el ascenso del agua de amasado.

El hormigón al ser un material compuesto por varios materiales, estos poseen diferentes densidad reales, en estado fresco los materiales que tienen mayor peso específico tienden a descender (decantación), es decir el agua que es el material con densidad más baja sube, acumulándose en la superficie, formando una capa muy delgada, si se evapora rápidamente forma canales capilares.

2.3 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO.

La densidad

Es un componente muy importante para la uniformidad del hormigón, el peso varía según las granulometrías, humedad de los áridos, agua de amasado y modificaciones en el asentamiento. [6]La densidad del hormigón se define como la masa por unidad de volumen.

La densidad en estado fresco como endurecido varía de acuerdo al origen y granulometría de los agregados, al método de compactación, será mayor su densidad cuando el hormigón es bien compactado. En estado fresco, nos permite saber la carga

que transmitirá el hormigón durante la colocación y compactación sobre los encofrados, y en estado endurecido nos permite conocer la carga que transmite a la estructura.

Permeabilidad [9]

Se presenta cuando un fluido atraviesa con facilidad el hormigón valiéndose de la porosidad que posee la pasta hidratada, los áridos, o la inadecuada compactación, incluso los vacíos capilares provocados por la exudación. El hormigón es un material que por su estructura es permeable, un fluido puede penetrar en el hormigón de dos maneras: por presión o capilaridad. La determinación del coeficiente de permeabilidad se lo realiza mediante ensayos de laboratorio, habitualmente el hormigón tiene un coeficiente de permeabilidad entre 10^{-6} , y 10^{-10} cm/s.

Para fabricar un hormigón impermeable, se debe considerar:

- Utilizar la relación agua/cemento más baja posible. Considerando una adecuada trabajabilidad.
- Utilizar las cantidades mínimas de cemento, evitando afectar la resistencia del hormigón.
- Utilizar proporciones adecuadas de los materiales del hormigón, esencialmente de los agregados.

“El hormigón es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Para una mayor impermeabilidad se pueden utilizar (aditivos)”. [6]

Compacidad

La compacidad obedece de los mismos factores que la densidad, fundamentalmente del método de compactación utilizado. En estos métodos se introduce la mayor cantidad de hormigón en un volumen definido, tratando de reducir al mínimo el número de burbujas de aire. Con una buena compacidad se consigue mejores resistencias mecánicas, físicas, y químicas del hormigón, con menos burbujas de aire las afectaciones de los agentes exteriores serán mínimos. [9]

Resistencia a la compresión [10]

La resistencia a la compresión se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área expresada generalmente en Kg/cm² y preferentemente en MPa, es una de las propiedades mecánicas más importantes del hormigón, con ésta se garantiza que el hormigón realizado cumpla con especificaciones y controles de calidad. La resistencia a la compresión se la cuantifica mediante ensayos de probetas normalizadas por lo general a los 28 días, es influenciada por factores internos como externos.

La elaboración y curado de probetas de hormigón se describen en la norma INEN 1576 y la aceptación de resultados esta normada en el ACI 318-08.

Durabilidad

Puede ser definida como la capacidad para enfrentarse a los agentes agresivos, estos pueden ser mecánicos, físicos o químicos a lo largo de la vida útil del elemento,, protegiendo a las armaduras y elementos mecánicos. [6] Es la capacidad de soportar sin deteriorarse las solicitaciones generadas por agentes físicos y químicos, que pueden estar en su parte externa (superficie) o también en el interior, debida a los canales capilares producidos por la exudación.

Retracción

“La retracción es la disminución del volumen del hormigón durante el proceso de fraguado del mismo, y se produce por la pérdida de agua (debida a evaporación). Dicha pérdida de volumen genera tensiones internas de tracción, que dan lugar a las fisuras de retracción. Dependiendo de la cantidad de finos, de la cantidad de cemento, del tipo de cemento, de la dosificación agua-cemento, del espesor del cemento, y de la temperatura ambiental, la retracción puede ser mayor o menor, dando lugar a fisuras e incluso grietas.” [11]

Se menciona a continuación 3 tipos de retracción:

- Retracción plástica.

Es aquella que produce un cambio volumétrico (en 1% del volumen total del cemento seco) en la pasta de cemento. Esta es empeorada por la evaporación del agua, produciendo agrietamientos superficiales.

- Retracción autógena.

Es aquella producida por cambios volumétricos (retracciones y dilataciones) en el hormigón endurecido, también puede presentarse cuando se realiza un curado continuo, o cuando no se permite la circulación de humedad hacia adentro o hacia afuera.

- Retracción por secado.

Se produce por la merma del agua en poros y capilares del hormigón.

2.4 MATERIALES DEL HORMIGÓN

2.4.1 AGREGADO GRUESO

“Está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales” [11, p. 12]

El agregado grueso ocupa el mayor volumen del hormigón, casi el 75%, por lo tanto se debe tener especial cuidado en elección, dado que interviene en la dosificación y afecta directamente a la resistencia y otras propiedades del hormigón. Por esta razón, el agregado grueso se debe elegir libre de fisuras o planos débiles, limpios, duros y libres de recubrimientos en la superficie, no debe contener materia orgánica, ni arcillas más del 5%. La valoración de las propiedades de los agregados es de vital importancia ya que influye directamente en la resistencia final del hormigón. Según el ACI 211 4R-98, el agregado grueso de menor tamaño ($\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{8}$ de pulgada) es más duro, resistente y recomendado para producir hormigones con resistencias mayores a 9000 PSI (62 MPa).

2.4.2 AGREGADO FINO

“El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro, y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas” [11, p. 12]

La textura y la forma de partícula, tienen efectos muy importantes al momento de realizar la mezcla, afecta a la resistencia que se pretende conseguir, o también a la mezcla, al contener o no humedad, este puede absorber agua obteniéndose hormigones muy trabajables o muy secos según sea el caso. El ACI recomienda en hormigones de alta resistencia, que el módulo de finura del agregado fino este dentro del rango de 2.50 hasta 3.20, si es menor a 2.50, la mezcla puede ser pegajosa, y no tener la trabajabilidad esperada, necesitando un volumen de agua adicional.

2.5 EL CEMENTO

“El cemento portland esta hecho de minerales cristalinos en polvo muy fino, compuesto principalmente de silicatos de calcio y aluminio. La adición de agua a estos minerales produce una pasta la cual, una vez endurecida, alcanza una alta resistencia.

Los materiales básicos que componen el cemento son:

- Cal (CaO) de la piedra caliza,
- Sílice (SiO₂) de la arcilla,
- Alúmina (Al₂O₃) de la arcilla.” [12, p. 10]

La caliza y la arcilla al ser sometidos al proceso de calcinación producen reacciones químicas que dan origen a los cuatro componentes fundamentales. Estos constituyen el 90% del cemento, el 10% restante está constituido yeso, cal libre, magnesia, los álcalis y otros. A continuación se resumen los cuatro componentes con sus respectivas funciones:

1. C₂S: (Silicato dicálcico) Provee resistencias a largos plazos.
2. C₃S: (Silicato Tricálcico) Es el responsable de altas resistencias iniciales a edades tempranas.
3. C₃A: (Aluminato Tricálcico) Es el responsable de producir retracciones del fraguado.
4. C₄AF: (Ferro aluminato Tetracálcico) Es el responsable del color gris en el cemento y actúa como fundente en la elaboración del Clinker.

La norma INEN 151 proporciona información de los cementos portland principales y son los siguientes:

- TIPO I: De uso Común, sin características especiales.
- TIPO II: Libera moderado calor de hidratación, es usado en grandes estructuras. Tiene moderada resistencia a sulfatos.
- TIPO III: Altas resistencias iniciales a los 3 días.
- TIPO IV: Produce bajo calor de hidratación.
- TIPO V: Utilizado cuando se desean altas resistencias a los sulfatos. [13]

Existe una variedad de cementos en el mercado que varían en su composición de acuerdo al uso en obra, como es el caso de los cementos hidráulicos adicionados, éstos son producidos por la molienda uniforme y conjunta o por la mezcla de dos o más

materiales finos y deben de cumplir con la norma ASTM-595. Esta norma menciona cinco tipos de cementos mezclados o adicionados y son los siguientes:

- Tipo IS: Cemento Portland de alto horno al que se le ha añadido entre el 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo IP y Tipo P: Cemento Portland puzolánico, al que se le ha añadido entre 15% y 40% en peso de puzolana.
- Tipo I (PM): Cemento Portland modificado con puzolana al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana.
- Tipo S: Cemento de escoria.
- Tipo I(SM): Cemento Portland modificado con escoria o al que se ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.

2.5.1 CEMENTOS COMUNES

La base de la composición de los cementos comunes es el Clinker de cemento portland que ya hemos descrito, añadiendo según los casos otros aditivos de diferente naturaleza. En el siguiente cuadro tenemos una clasificación completa de los cementos comunes y su designación. [14, p. 2]

Tabla 2. Tipos De Cementos Comunes Y Composiciones: Proporción En Masa

TIPOS DE CEMENTOS COMUNES Y COMPOSICIONES: PROPORCIÓN EN MASA (¹)									
TIPO DE CEMENTO	DENOMINACIÓN	DESIGNACIÓN	CLINKER	ESCORIA DE HORNO ALTO	HUM O DE SÍLICE	PUZOLANAS NATURALES	CENIZAS VOLANTES	CALIZA	COMPONENTES MINORITARIOS ADICIONALES (²)
			K	S	D	P	V	L	
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland	CEM II/ A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	0-5
	con escoria	CEM II/ B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland con humo de sílice	CEM II/ A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	0-5
CEM II	Cemento Portland con puzolana	CEM II/ A-P CEM II/B-P	80-94 65-79	-	-	6-20 21-35	-	-	0-5
	Cemento Portland con ceniza volante	CEM II/ A-V CEM II/B-V	80-94 65-79	-	-	-	6-20 21-35	-	0-5
	Cemento portland con caliza	CEM II/ A-L	80-94	-	-	-	-	6-20	0-5
	Cemento portland mixto (³)	CEM II/ A-M CEM II/B-M	80-94 65-79	6-20 (⁴)(⁵) 21-35 (⁴)(⁵)(⁶)					
CEM III	Cemento de horno alto	CEM III/A CEM III/ B	35-64 20-34	36-64 66-80	- -	-	- -	- -	0-5
CEM IV	Cemento puzolánico	CEM IV/A CEM IV/ B	65-89 45-64	-	11-35(⁴) 36-55(⁴)			-	0-5
CEM V	Cemento compuesto	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30	-	-	0-5

Fuente: INSTUTUT DE PROMOCIO CERAMICA [14]

(1) Los valores de la tabla se refieren al núcleo del cemento, entendiéndose por tal el Clinker y las adiciones, con exclusión del sulfato cálcico (regulador de fraguado) y de los aditivos.

(2) Los componentes minoritarios adicionales pueden ser *filler*, o uno más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.

(3) Cuando algún cemento mixto, en razón de su composición, se pueda incluir en algunos de los tipos II anteriores, deberá llevar la denominación y designación correspondiente a dicho tipo.

(⁴) La proporción de sílice se limita al 10%.

(⁵) La proporción de *filler* se limita al 5%.

(⁶) La proporción de caliza se limita al 20%.

2.6 EL AGUA DE AMASADO

“El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el hormigón. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad.” [11, p. 13] En la práctica esta parte última, no es muy aplicable en hormigones de alta resistencia.

2.7 ADITIVOS

Los aditivos son sustancias que añadidos a la mezcla ayudan a mejorar las propiedades del hormigón y se clasifican en aditivos minerales y aditivos químicos. [11, p. 13]

2.7.1 MINERALES

Son materiales silíceos pulverizados muy finos. Su función es reaccionar con algunas sustancias producto de la hidratación del cemento, para ayudar a mejorar su resistencia y durabilidad ante la presencia de ataques químicos, ayudan a la manipulación del hormigón, a reducir agrietamientos, reducir la corrosión, y para elaborar hormigones de alta resistencia. En la tabla 2 se presenta una recopilación de aditivos minerales con sus respectivas normas. [15]

Tabla 3. Aditivos Minerales

Aditivo	Norma
Natural	ASTM C-618-99
Cenizas Volantes o fly ash	
Microsilica o Sálica Fume	ASTM C 124-00
Escoria de la producción de acero	ASTM C - 989-99

Fuente: Chiluisa Serrano Jaime Roberto, Tesis: “HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA ($f_c = 50\text{MPa}$) UTILIZANDO AGREGADOS DEL SECTOR DE PIFO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL- LAFARGE”, Universidad Central del Ecuador, 2014

2.7.2 ADITIVOS QUÍMICOS

Los aditivos químicos son sustancias químicas naturales o manufacturadas que se adicionan al hormigón para mejorar sus características. Los aditivos químicos principales utilizados son los siguientes:

Los aditivos plastificantes

Son conocidos como fluidificantes o reductores de agua y sirven para lograr hormigones más trabajables y plásticos. Permiten reducir la cantidad de agua en la mezcla.

Los aditivos Súper plastificantes

Estos aditivos son ideales para producir hormigones de altas resistencias. Además, aceleran la hidratación del cemento, obteniéndose mayores resistencias iniciales además de permitir crecimiento de la resistencia en todas las edades. Permiten reducir considerablemente la cantidad de agua entre un 20% y 25% del contenido total de agua.

Los aditivos incorporadores de aire

“Se usan con objeto de añadir a la mezcla burbujas de aire uniformes. Está demostrado que esta circunstancia favorece la resistencia del concreto al deterioro producido por el calor, congelamiento o deshielo. Los incorporadores de aire, se usan también para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Entre ellos se tiene:

- Sales de resinas de la madera,
- Detergentes sintéticos,
- Sales de los ácidos de petróleo,
- Ácidos resinosos y sus sales, etc.” [11, p. 14]

Los aditivos controladores de fraguado.

Estos aditivos pueden ser acelerantes o retardantes. Los acelerantes incrementan la velocidad del fraguado, ayudan en el curado y en el incremento de resistencia a mayor velocidad de fraguado, lo cual facilita que los encofrados no se usen por mucho tiempo, lo que resulta muy beneficioso al reducir los costos en procesos constructivos. Los aditivos retardantes, como su nombre lo indica, desaceleran la velocidad de fraguado, por lo tanto son ideales para el uso en obras grandes donde es necesario mantener el hormigón trabajable. Los aditivos químicos existentes de acuerdo al tipo se los menciona en la tabla 3, estos aditivos cumplen con la norma ASTM C494 y la norma ASTM C494M-05.

Tabla 4. Aditivos Químicos

Tipo	Descripción
A	Reductores de Agua
B	Retardadores
C	Aceleradores
D	Reductores de agua y retardadores
E	Reductores de agua y aceleradores
F	Reductores de agua de alto rango
G	Reductores de agua de alto rango y retardadores
S	De comportamiento Especifico

Fuente: Chiluisa Serrano Jaime Roberto, Tesis: "HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA ($f_c = 50\text{MPa}$) UTILIZANDO AGREGADOS DEL SECTOR DE PIFO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL- LAFARGE", Universidad Central del Ecuador, 2014

2.7.3 EL TALCO INDUSTRIAL [16]

El talco, es un filosilicato de magnesio, mineral de uso industrial en forma de polvo comúnmente utilizado en artículos de belleza y pinturas.

Usos

Posee valor industrial, utilizándose como aditivo y lubricante en productos cosméticos, en gomas, pinturas, cerámicas, papel, caucho, etc. Aunque sus usos más conocidos son en polvo de talco y en el jaboncillo de sastre. En ocasiones se talla para realizar objetos decorativos, aunque su baja dureza limita este uso.

En las pinturas:

La principal finalidad del Talco en las pinturas es conferir a éstas, cuerpo y consistencia. A continuaciones algunas propiedades que lo hacen ideal como pigmento extendedor:

- Es óptimo para la fabricación de vinilos tipo I y tipo II, en colores blancos y claros.
- Excelente fijación como relleno.
- Químicamente inerte, propiedad que le confiere estabilidad.
- Es muy blando y suave, lo que contribuye a una mínima abrasión en los equipos de proceso.
- Su hábito hojoso y laminar le da mejores propiedades de cobertura. Se extiende sobre la superficie en forma de escamas ayudando a prevenir el resquebrajamiento microscópico y a proporcionar mejor retención del color y protección contra la humedad.
- Las partículas de talco permanecen en suspensión en los vehículos de la pintura previniendo la sedimentación y facilitando la agitación de la misma.
- Además brinda una mejor dispersión de otros pigmentos, proporcionando una capa de pintura densa.
- Contribuye a proporcionar propiedades reológicas, tales como: Buena brochabilidad, fluidez, poder de recubrimiento, viscosidad.
- El Talco también proporciona a la pintura propiedades tales como:
- Resistencia, flexibilidad, poder de adhesión y durabilidad, ya que mejoran la resistencia de la película de pintura a la humedad y previenen su cambio de nivel por resquebrajamiento.
- Los Talcos de más alta pureza imparten un efecto mate que puede usarse para controlar el brillo (buen lustre) de los esmaltes.

Una de las características para su uso industrial es que al ser mezclado con otros materiales esta forma capas laminares en la estructura interna del compuesto, lo cual mejora las propiedades de dicho material como son: manejabilidad, moldeabilidad y su resistencia a impactos.

Estructura química:

Químicamente es un silicato de magnesio hidratado, cuya composición típica es: 31.7% MgO, 63.5% SiO₂ y 4.8% H₂O.

Se trata de un silicato laminar (filosilicatos) que consiste en láminas de magnesio en coordinación octaédrica, contenidas entre láminas de silicio en coordinación tetraédrica.

Clase: Silicato. Subclase: Filosilicato

Sistema cristalográfico: Monoclínico

Hábito: Masivo compacto o terroso, laminar o tabular pseudo hexagonal.

Propiedades físicas

Color: Masivo compacto o terroso, laminar o tabular pseudo hexagonal.

Color de la raya: Blanca.

Brillo: Nacarado o graso. Traslúcido u opaco.

Dureza: 1-1'5 (muy blando), se raya con la uña.

Densidad: 2'7-2'8 g/cm³ (ligero- poco pesado).

Fusibilidad: 6; Mineral tipo: Bronchita; Punto de fusión: 1400°C; Solo redondean astillas pequeñas

Reacción a los ácidos: Insoluble en ácidos.

Otras: Tacto untuoso (jabonoso), foliación basal e insoluble en ácidos

Cómo reconocerlo

Su tacto untuoso que recuerda al jaboncillo de costurera, su baja dureza y su hábito le hacen inconfundible con otros minerales, salvo con algunas claritas y con la pirofilita. De las cloritas micro cristalinas, se distingue por ser insoluble en ácidos, mientras que de la pirofilita hay que recurrir a rayos X o mediante su humectación con una disolución de nitrato de cobalto, ya que al calentarlo posteriormente se tornará violeta pálido, mientras que la pirofilita daría color azul.

Ambiente de formación

Mineral secundario por alteración de silicatos ricos en magnesio (olivino, piroxenos y anfíboles) procedentes de rocas metamórficas o ígneas (piroxenitas y peridotitas). También de origen primario en rocas metamórficas o por procesos hidrotermales.

2.8 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN [15]

Se puede definir como el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

Se obtiene dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión en la mayoría de ocasiones se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designa el símbolo $f'c$.

- La resistencia a la compresión, se determina realizando pruebas con especímenes de mortero o de concreto.
- Los resultados de las pruebas de la resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar la mezcla de concreto suministrada cumplan con los requerimientos de la resistencia especificada $f'c$ en la especificación del trabajo.

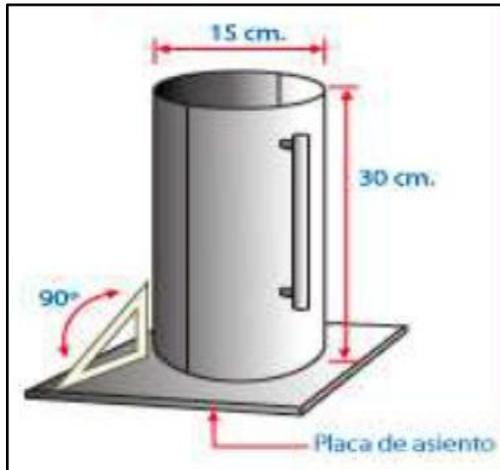
Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencias curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra del concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días. Para la determinación de la resistencia del concreto se deben realizar los siguientes pasos:

1º. Preparación

Se utilizarán moldes cilíndricos, de acero o un material no poroso, de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura. Antes de llenarlos deberán colocarse sobre una superficie lisa, dura

y horizontal. Es muy conveniente hacer más de una probeta por cada suministro y edad en que se realice el ensayo, normalmente a 7, 14, 21 y 28 días.

Imagen 2. Medidas normalizadas del molde para cilindros de hormigón.



FUENTE: <http://www.acerosarequipa.com>

2º. Toma de muestras

Las muestras deberán tomarse directamente de la canaleta de descarga del mixer. Después de haber vaciado $\frac{1}{4}$ y antes de vaciar el $\frac{3}{4}$ de la mezcla total de hormigón. Antes de llenar los moldes las muestras deberán ser completamente mezcladas en una carretilla u otra superficie limpia y no absorbente.

3º. Llenado de los moldes

Se llenarán los moldes con tres capas de hormigón las mismas que deberán ser picadas cada una con una varilla metálica de extremo semiesférico teniendo cuidado de que la varilla solo penetre 25mm en la siguiente capa. Los moldes se llenarán uniformemente, es decir, se hará la colocación y compactación de la primera capa en todos los moldes, después de la segunda capa en todos, y finalmente la tercera en cada uno de los moldes, luego de que cada capa ha sido compactada con la varilla dar de 10 a 15 golpes en el exterior del molde con el mazo de goma. La tercera capa contendrá un exceso de

hormigón. Después de golpear los lados de los moldes con un mazo de goma se enrasará quitando el exceso de hormigón con una paleta hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa. [17]

Imagen 3. Probetas de Hormigón



FUENTE: <https://www.google.com.ec/imagenes/probetas+de+hormigon>

4°. Tiempo de espera para desmoldar

Dejar los cilindros sin mover ni desmoldar de 12 a 24 horas o hasta que han endurecido lo suficiente para resistir el manejo después del moldeo. La temperatura no deberá ser inferior a los 16°C ni superior a los 27°C en el sitio en que se guarden las probetas. Las muestras que se dejen en el sitio de trabajo durante varios días a temperaturas bajas o altas darán resultados erróneos. [17, p. 7]

5°. Curado y transporte

Después del fraguado se desmoldarán las probetas y se colocarán en ambiente de saturación (100% de humedad relativa), en agua a una temperatura de 23°C±2°C o se enviarán a un laboratorio para un curado normalizado. Se tendrá mucho cuidado en la transportación de los cilindros, los que estén sueltos y puedan moverse en una caja o ir

“bailando” en el balde de un camión pueden sufrir un daño considerable. Como elemento de amortiguamiento se usará aserrín u otro material parecido como arena. [17, p. 7]

Curado de especímenes para control de calidad.-se realizará el siguiente tipo de curado:

Curado del hormigón.

Temperatura inicial (moldeaje):

$F'c > 422\text{Kg/cm}^2$ 20-26° C

$F'c < 422\text{Kg/cm}^2$ 16-27°C

Protección después del acabado.- Inmediatamente después de elaborar el espécimen se debe evitar la evaporación y la pérdida de agua de estos, se puede utilizar plástico auto adherible para evitar estas.

Curado inicial.- Después del moldeado, la temperatura alrededor de los especímenes debe mantenerse en un rango de 60° a 80°F (16°a 27°C). Los especímenes que vayan a ser transportados antes de transcurridas 48 horas después del moldeado deben permanecer en su molde a humedad del medio ambiente hasta que sean recibidos en el laboratorio para el desmolde y curado estándar. Los especímenes que no vayan a ser transportados deben ser sacados de los moldes después de transcurridas las primeras 24 ± 8 horas y usar el curado estándar hasta que sean transportados.

Curado estándar de cilindros.- Al terminar el curado inicial y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacene los especímenes en condiciones de humedad adecuada, siempre cubiertos con agua a una temperatura de 73.4 ± 3°F (23±2°C).

Se permiten temperaturas de entre 68° y 86°F (20° y 30°C) durante un período que no exceda de 3 horas inmediatamente antes de hacer la prueba, si siempre se mantiene húmeda la superficie del espécimen.

Curado en campo.

Cilindros.- Almacenar los cilindros lo más cercano posible a la estructura de hormigón que representen. Mantenga los cilindros en las mismas condiciones que el hormigón de la estructura (protección, humedad, temperatura, curado, etc.).” [18, p. 16]

2.8.1 ENSAYO DE MATERIALES.

“Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material. Los ensayos de materiales pueden ser de dos tipos, ensayos destructivos y ensayos no destructivos. Estos últimos permiten realizar la inspección sin perjudicar el posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción si fuera necesario.

Ensayos no destructivos

Entre los ensayos no destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

Ensayo de dureza (en algunos casos no se considera como ensayo no destructivo, especialmente cuando puede comprometer la resistencia de la pieza a cargas estáticas o a fatiga).

Inspección visual, microscopía y análisis de acabado superficial.

- Ensayos por líquidos penetrantes.
- Inspección por partículas magnéticas.
- Ensayos radiológicos.
- Ensayo por ultrasonidos.
- Ensayos por corrientes inducidas.

Ensayos de fugas: detección acústica, detectores específicos de gases, cromatografías, detección de flujo, espectrometría de masas, manómetros, ensayos de burbujas, etc.

Ensayos destructivos

Son pruebas que se les hacen a algunos materiales como el acero por ejemplo.

Algunas de ellas son ensayo de tensión, flexión, compresión, etc. Se les llama destructivos porque deforman al material. Entre los ensayos destructivos más comunes se encuentran los siguientes:

Ensayo de tracción.

Ensayo de compresión.

Ensayo de cizallamiento.

Ensayo de flexión.

Ensayo de torsión

Ensayo de resistencia.

Ensayo de fatiga de materiales.

Ensayo de fluencia en caliente (creep).

Otros ensayos para aplicaciones específicas son:

Ensayo de plegado

Ensayo de embutición

Ensayo de abocardado

Prueba hidrostática (con presiones mayores a las de servicio).

Flexión alternativa de alambres.” [19]

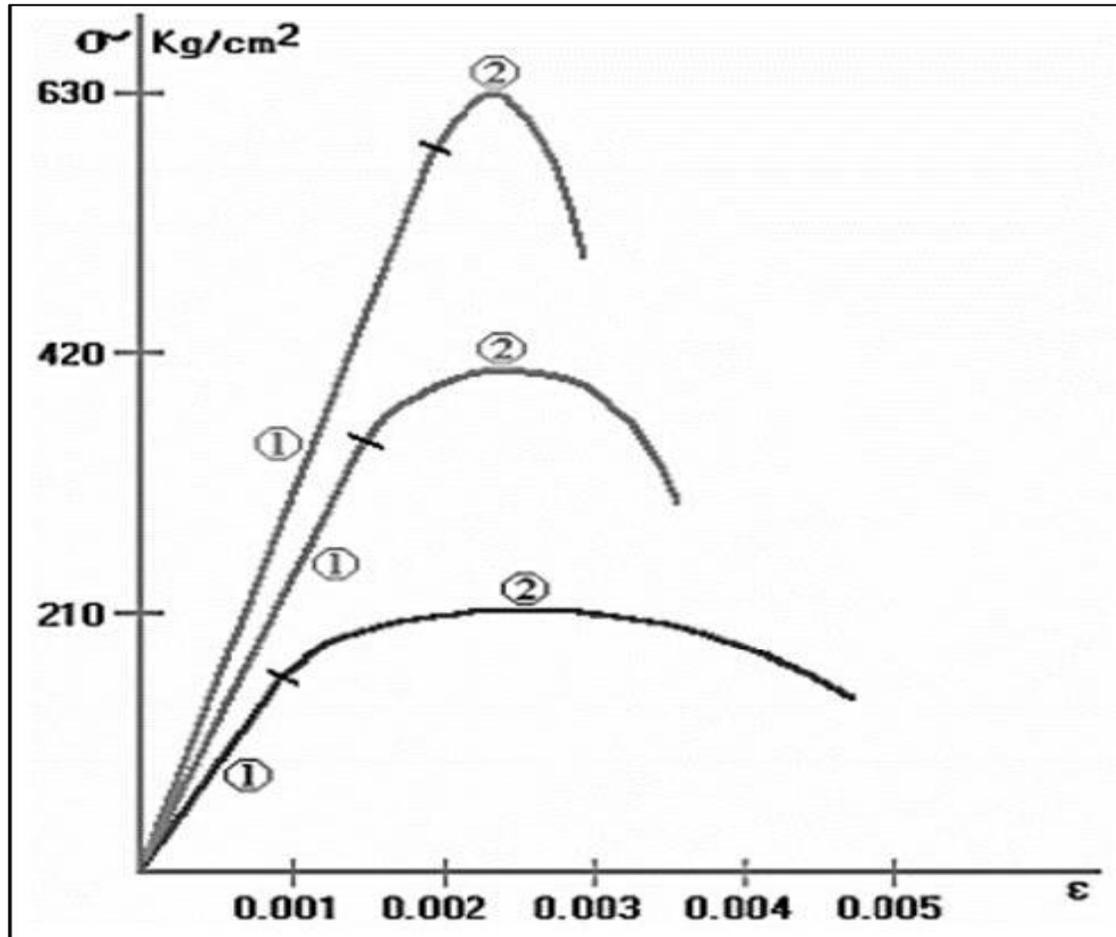
2.8.2 COMPORTAMIENTO ELÁSTICO E INELÁSTICO [9]

La relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad conocido como módulo de Young. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, en materiales inelásticos, el módulo de elasticidad depende de la tensión aplicada.

El hormigón como se muestra en el grafico 1, es un material que presenta los dos comportamientos; elástico e inelástico, es decir, al comienzo del ensayo cuando se aplica la tensión en la probeta de hormigón es elástico (1) y se mantiene como un material homogéneo, posteriormente inelástico (2) al aparecer microfisuras, al aumentar la

tensión aplicada hasta el punto en que el material ya no recibe carga, continua deformándose hasta llegar a la rotura.

Grafico 1. Comportamiento elástico e inelástico del hormigón



Fuente: ROMO, M., "Temas de hormigón armado", Escuela Politécnica del Ejército-Ecuador, pág. 17, Quito, (2008)

2.8.3 DEFORMACIÓN [20]

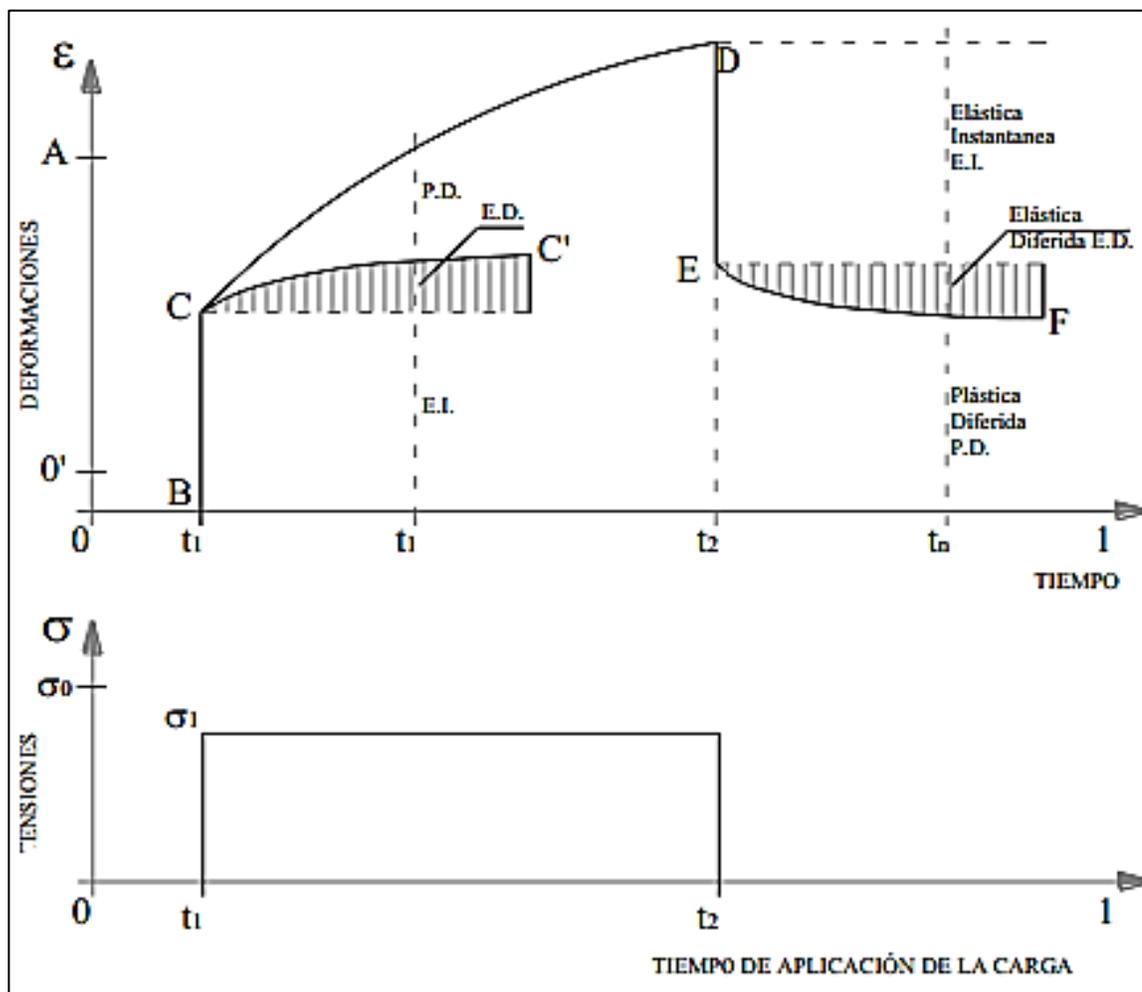
El hormigón como todo cuerpo sólido, se deforma al someterse a una carga, y esta deformación depende de la magnitud y tiempo que dure la carga. Se define al hormigón por su composición como un material pseudosólido (elástico-viscoso-plástico) debido a que se considera que está conformado por la fase sólida (áridos y el cemento) la fase líquida (agua), y la fase gaseosa el aire incluido.

Si se analiza una probeta de hormigón cargándola y descargándola inmediatamente ($t=0$), al aplicar la carga se presenta una deformación instantánea OA, al retirar la carga

se mantiene una deformación remanente OO' , siendo entonces $O'A$ la deformación elástica, es decir, la deformación que se recupera.

Si cargamos la misma probeta con una carga menor (σ_1) a la aplicada anteriormente (σ_0), se producirá una deformación elástica BC , y si mantenemos la carga aplicada a través del tiempo la deformación irá creciendo hasta llegar a D , al retirar la carga se recuperara la deformación elástica, ($DE=BC$), y al dejar la probeta descargada, ésta irá recuperando una parte creciente de la deformación EF .

Grafico 2 Deformaciones del hormigón



Fuente: MONTOYA P., MESEGUER A., MORÁN F., "Hormigón Armado", Catorceava Edición, p. 89, Barcelona, (2000).

2.9 METODO DE DISEÑO DE HORMIGON

2.9.1 MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA (Densidad Óptima o Método de la Universidad Central). [21, pp. 46-47]

Este método se fundamenta en la consideración general de crear una roca artificial, mediante el relleno de espacios vacíos que simultáneamente dejan los agregados, para ser llenados con pasta de cemento y agua, bajo las siguientes consideraciones:

- Un volumen aparente de agregado grueso que contiene un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, que debe ser llenado por agregado fino.
- Una mezcla de agregado fino y grueso, correspondiente a su densidad óptima, deja un porcentaje de vacíos que deben ser llenados por la pasta de cemento y agua. Pero esta pasta no solo debe ocupar los vacíos que deja la mezcla de agregados, sino que debe recubrir todas y cada una de las partículas, constituyendo el enlace o nexo de unión entre partículas.

Se seguirá el siguiente procedimiento:

1.- Seleccionar la relación agua/cemento (W/C), del siguiente cuadro:

Tabla 5 Relación agua / cemento¹⁹

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL HORMIGON	
BASADA EN LA RELACION AGUA / CEMENTO	
Resistencia a la compresión a los 28 días en MPa	RELACIÓN AGUA CEMENTO
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,46
32	0,50
30	0,51
28	0,52
25	0,55
24	0,56
21	0,58
18	0,60

Fuente: Seminario de Investigación sobre el módulo de elasticidad del Hormigón Ing. Marco Garzón C. Año 2010

2.- Calcúlese la densidad real de la mezcla de agregados grueso y fino y el porcentaje óptimo de vacíos, mediante las siguientes ecuaciones:

$$DRM = \frac{DA_{sss} \times \%AA}{100} + \frac{DR_{sss} \times \%AR}{100}$$

$$\%OV = \frac{(DRM - DOM) \times 100}{DRM}$$

La justificación matemática de estas ecuaciones se hace evidente, partiendo de los volúmenes reales y aparentes de los agregados.

3.- El porcentaje óptimo de vacíos será llenado con pasta de cemento y agua, añadiéndose algo más de pasta para recubrir todas las partículas de los agregados (2%) y para darle al hormigón mejor trabajabilidad y plasticidad, seleccionándose de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6 Reemplazo %Optimo de Vacíos por Pasta

ASENTAMIENTO (cm)	CANTIDAD DE PASTA (%)
0 - 3	%OV + 2% + 3%(%OV)
3 - 6	%OV + 2% + 6%(%OV)
6 - 9	%OV + 2% + 8%(%OV)
9 - 12	%OV + 2% + 11%(%OV)

Fuente: Seminario de Investigación sobre el módulo de elasticidad del Hormigón Ing. Marco Garzón C. Año 2010

4.- Calcúlese la cantidad de materiales para un metro cúbico de hormigón, mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones, que también son evidentes:

Si la cantidad de pasta en peso es: $CP = W + C$

Transformamos en volumen, puesto que la cantidad de pasta expresada en porcentaje es equivalente en volumen:

$$CP = \frac{W}{1} + \frac{C}{Dc} = C \left(\frac{W}{C} + \frac{1}{Dc} \right)$$

$$C = \frac{CP \times 10}{\frac{W}{C} + \frac{1}{Dc}}$$

Como la cantidad de pasta se expresa en porcentaje, para obtener la cantidad por metro cúbico, simplemente multiplicamos por 10.

La cantidad de cada uno de los agregados se calculará mediante las siguientes ecuaciones, que también son evidentes.

$$A = (1 - CP) \frac{DA_{sss} \times \%AA}{100}$$

$$R = (1 - CP) \frac{DR_{sss} \times \%AR}{100}$$

Finalmente conociendo la capacidad de absorción y el contenido de humedad de los agregados, se efectuará la corrección respectiva a la dosificación y se realizará una mezcla experimental en la cual se efectuarán las modificaciones necesarias para obtener el hormigón deseado.

2.10 INCENDIO

Se denomina así a la reacción química fundamentada en parámetros básicos tales como: combustible, comburente, calor o energía de activación y reacción en cadena, posee un foco de inicio del flagelo, dependiendo del material existente en el lugar, pueden originarse focos secundarios que consumirán los elementos del sitio en el que se está presentando el flagelo.

Un incendio puede presentarse en sitios distintos, ya sean lugares cerrados o abiertos, en lugares cerrados los gases y temperatura se distribuyen, conjuntamente se presenta el

ascenso de la temperatura hacia la parte superior del lugar hasta estabilizarse en un determinado tiempo. Los lugares abiertos poseen una conducta análoga diferenciada claramente por la distribución de gases generados de la combustión de materiales, estos son evacuados de forma natural, la intensidad del flagelo no es uniforme en dicho espacio. [22, p. 10]

2.11 CONCRETO EXPUESTO AL FUEGO

El concreto tiene características frente a la exposición al fuego, estas impiden la propagación del calor a través de él, pese a esto, el aumento de su temperatura hace que presente múltiples patologías físicas tales como: fisuración superficial, presencia de cal y disgregación del material, el comportamiento mecánico del concreto se ve afectado, se relaciona directamente al tiempo de exposición y temperatura del flagelo.

Un factor importante para la determinación del comportamiento del concreto frente a un incendio, es el tipo de material pétreo que se utilizó en la elaboración de este, tanto el grueso como el fino influyen en los cambios que presenta el concreto después de un cambio de temperatura importante, esto se debe a la conductividad térmica propia del origen de los agregados ya sean silíceos o calizos. [23, pp. 44-46]

Según la temperatura a la que llegue el fenómeno puede observarse el grado de afectación, destacando las siguientes características:

- En temperaturas que oscilan entre los 600° C - 950° C, el concreto presenta múltiples variaciones físicas entre las más importantes se puede observar la disgregación y porosidad del elemento, además la resistencia del material disminuye en un 60% a 90%
- Temperaturas que oscilan entre los 950° C - 1200° C, el concreto muestra un total fallo ante el flagelo, por lo que es necesario su sustitución. [24]

2.12 TIPO DE COLORACIÓN DEL CONCRETO POSTERIOR A SU EXPOSICIÓN A FUEGO.

El concreto estructural presenta cambios mecánicos y físicos luego de alcanzar temperaturas mayores a 300°C, ocasionados por la descarbonatación, porosidad y microfisuramiento interno del material. La coloración del concreto es un indicativo visual de la temperatura alcanzada por el concreto y se puede determinar de manera más específica el tipo de daño causado como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Coloración del Concreto posterior a su exposición a fuego, descripción visual de daño.

RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACION SUPERFICIAL	DAÑO
0 - 300	GRIS NATURAL	Calcinación Incipiente: Microfisuración y mapeo superficial
300 – 600	ROSADO	Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial.
600 – 900	GRIS CLARO	Calcinación avanzada: Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento
> 900	BLANCO O AMARILLO CLARO	Calcinación Muy Avanzada: Descarbonatación avanzada y pérdida de masa

Fuente: Detección tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial, Universidad de Costa Rica, 2006.

2.13 TRATAMIENTO TERMICO (Condiciones de Calentamiento)

El Tratamiento Térmico involucra procesos de calentamiento, los cuales modifican sus propiedades mecánicas. No modifican la composición química de los materiales, pero si otros factores tales como los constituyentes estructurales y la granulometría, y como consecuencia las propiedades mecánicas. [25, p. 6]

2.13.1 Etapas del tratamiento térmico

Un tratamiento térmico consta de tres etapas que se presentan a continuación:

- Calentamiento hasta la temperatura fijada: La elevación de temperatura debe ser uniforme en la pieza.
- Permanencia a la temperatura fijada: Su fin es la completa transformación del constituyente estructural de partida.
- Enfriamiento: Este enfriamiento tiene que ser rigurosamente controlado en función del tipo de tratamiento que se realice. [25, p. 6]

2.13.2 Tipos de Tratamientos Térmicos

Existen varios tipos de Tratamientos Térmicos, pero en ésta práctica solo se trabajará uno de estos: Temple. A continuación representa las principales características de este tipo de Tratamientos Térmico:

El Temple es un tratamiento térmico que tiene por objetivo aumentar la temperatura del elemento hasta su límite, para después enfriarlo de forma brusca. En el temple, es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica. [25, p. 7]

2.14 EL CHOQUE TÉRMICO [26]

Se dice que un cuerpo está sometido a choque térmico cuando la temperatura de su alrededor cambia bruscamente. El choque térmico puede producir la fractura total o parcial del material como consecuencia de las tensiones originadas por un cambio abrupto de temperatura (de algunos centenares de grados centígrados y lejos de la temperatura de ablandamiento del material).

Generalmente cuando el hormigón es sometido a ambientes de severas condiciones térmicas, no sólo de alta temperatura sino también cambios rápidos y/o gradientes de temperatura, se producen dilataciones diferenciales en los elementos de hormigón armado y consecuentemente tensiones. Estas tensiones térmicas provocan variaciones tanto en las propiedades características del material (aspecto, permeabilidad, pérdida de peso por descascaramiento) como en su comportamiento (elástico, mecánico) y, si las tensiones creadas superan la resistencia a la tracción del material, se produce la rotura. Junto con la corrosión y la abrasión, la fisuración debido a las sollicitaciones termo mecánicas es uno de los mecanismos fundamentales de degradación de los elementos de hormigón armado en servicio.

El choque térmico, aún sin producir rotura, suele ser perjudicial porque puede generar grietas o provocar desconchamiento por concentración de tensiones, el crecimiento de fisuras sub-críticas. El inicio de las fisuras generalmente se produce en algún defecto o discontinuidad del material (impureza, interface, etc.). La fisuración es inevitable en condiciones de severidad pero se puede minimizar la degradación de la resistencia del material controlando la cantidad y longitud de las fisuras.

2.15 RESISTENCIA AL CHOQUE TÉRMICO [26]

La resistencia al choque térmico de los elementos de hormigón armado es un problema ingenieril de considerable interés práctico, que surge de la fragilidad inherente de elementos de hormigón, y su evaluación requiere de la consideración de diversas propiedades. Las tensiones térmicas a las que se ve sometido un elemento no dependen únicamente de las propiedades del material por el cual está constituido sino, también, de las condiciones de calentamiento y enfriamiento (magnitud de la diferencia de temperatura, velocidad de cambio de la temperatura, medio de enfriamiento, número de ciclos) y de factores geométricos (forma y tamaño de los elementos, orientación frente al gradiente térmico). Por ello no es posible desarrollar un experimento único que describa y evalúe la resistencia a las variaciones de temperatura de un material en cualquier situación.

El proceso de deterioro del hormigón por choque térmico, por lo general, incluye varias etapas: la nucleación de la fisura, la formación y extensión de micro fisuras y la fractura. Un material con buena resistencia al choque térmico debe resistir primero la formación de las fisuras y luego la propagación de las mismas. En hormigón, generalmente el material ya está pre fisurado, siendo más importante la resistencia a la extensión de las fisuras.

Algunos modelos incorporan el efecto de fenómenos plásticos o características microestructurales como porosidad o micro grietas. La cantidad y distribución de micro poros es también un factor a tener en cuenta ya que éstos actúan como freno a la propagación de las fisuras. En el hormigón es de esperar que la microestructura sea determinante de su comportamiento frente al choque térmico ya que son materiales muy heterogéneos y, por lo tanto, proclives a sufrir tensiones localizadas.

En general, al tratar el problema de la resistencia al choque térmico de un hormigón es necesario considerar dos aspectos: por una parte, la severidad mínima

que ha de tener el choque para que se produzca deterioro del material y, por otra, la degradación que sufre el material cuando se ve sometido a un choque cuya severidad es superior a esta severidad mínima.

2.16 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

Los fundamentos legales necesarios para la elaboración de este proyecto son los siguientes:

- La Norma NTE INEN 695: 2010 establece el procedimiento para la obtención de los agregados de una cantera para propósitos de investigaciones.
- La Norma NTE INEN 696; 2011 establece la determinación de las granulometrías de los áridos gruesos y finos que se utilizarán en el hormigón.
- La Norma NTE INEN 856; 2010 y la Norma NTE INEN 857:2010 para la determinación de las densidades promedio de una muestra de agregado, la densidad relativa y la absorción del agregado.
- La Norma NTE INEN 1576: 2011 establece el procedimiento para la elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- La Norma NTE INEN 1573: 2010 establece el procedimiento para la Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de Hormigón de Cemento Hidráulico.

2.17 HIPÓTESIS

La adición del talco industrial como remplazo parcial del agregado fino influye en la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego.

2.17.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

2.17.1.1 Variable Independiente:

Resistencia a compresión del hormigón.

2.17.1.2 Variable dependiente:

Concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco industrial como remplazo parcial del agregado fino.

CAPÍTULO III

3 DEL PROYECTO

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación será experimental y descriptiva.

Experimental:

La presente investigación es experimental porque trata de una colección de diseños de investigación que utilizan la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales. En general, una o más variables son manipuladas para determinar su efecto sobre una variable dependiente.

Descriptiva:

La presente investigación está dirigida a determinar “Como es” o “Como esta” la problemática en estudio, permite relacionarse con la fabricación de probetas de hormigón con la adición de talco industrial en ciertos porcentajes reemplazando al agregado fino.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN O UNIVERSO (N)

El universo para la presente investigación es de tipo infinito debido a que no existe un número límite para la elaboración de probetas de hormigón ya que dependerá del factor económico del investigador.

3.2.2 MUESTRA

Para la presente investigación se ha tomado como referencia investigaciones acerca de hormigón con adiciones que han arrojado excelentes resultados con la utilización de 3 probetas por cada análisis a investigar, un buen ejemplo de esto es la investigación realizada por Ángel Rojas Torres de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil, año 2015 en su tesis “Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión”. [18]

Determinación del número total de probetas en la investigación.

Las probetas de hormigón a realizarse deben estar de acuerdo al tamaño del agregado con el cual se realizarán las probetas, en nuestro caso se utilizaron probetas estándar de:

Altura = 300 mm

Diámetro = 150 mm

Son las medidas utilizadas cuando se realiza la toma de muestras testigo y cumplen con la relación de $L/D=2$, con este tipo de muestras se hacen, generalmente, todos los controles de calidad en las construcciones y los resultados que se arrojan en este tipo de molde, son satisfactorias,

Par el presente proyecto se elaboraran 48 probetas que se elaboran: 3 probetas por cada variación de la mezcla en el remplazo de talco industrial por el agregado fino y 3 probetas por cada variación de temperatura a la que se exponga las muestras, las cuales serán ensayadas para determinar su resistencia residual a compresión dependiendo de las dosificaciones a utilizarse en la elaboración de hormigones.

El número de probetas se ilustra de una mejor forma en la siguiente tabla:

Tabla 8. Numero de Probetas a desarrollar.

TIPOS DE MEZCLAS		Probetas sometidas a distintas temperaturas en °C			
		500	600	700	800
HORMIGÓN TRADICIONAL		3	3	3	3
SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO POR TALCO INDUSTRIAL	CON 10%	3	3	3	3
	CON 20%	3	3	3	3
	CON 30%	3	3	3	3
TOTAL		48			

Fuente: Autor

Todas las probetas se someterán a un tratamiento térmico previo: se las colocara en un horno a 150°C con el fin de eliminar el agua libre que aún tuvieran y liberar el agua del hidróxido de calcio. A continuación se alzara la temperatura hasta la temperatura de análisis (500°C -700°C -900°C -1100 °C). Simulando con lo anterior una temperatura de un flagelo muy grave para todas las dosificaciones. Con todas las probetas a la temperatura alcanzada T_{final} , se iniciara el choque térmico. Se introducirán las probetas, en agua a temperatura ambiente (18°C -23°C). La temperatura T_{final} varió desde una temperatura mínima de 500°C con incremento de 200°C en 200°C hasta una temperatura máxima de 1100°C o hasta una temperatura $T_{,,}$ menor o igual a 1100°C, tal que las probetas no resistan el choque térmico, es decir, que se rompan por efecto de éste.

3.3.2 VARIABLE INDEPENDIENTE: RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGÓN.

CUADRO 2. Operacionalización de la Variable Independiente.

DIMENSIÓN	INDICACIONES	ÍTEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
* Ensayo de compresión	- Materiales Equipo	¿Qué equipos y materiales se utilizaran?	Observación: - Agregados - Aditivos - Máquina de compresión
* Calidad del hormigón	- Muestreo	¿Cuál es el asentamiento mínimo en el cono de Abrams?	Observación: - Norma ASTM C172 (INEN 1763) Norma para muestrear hormigón fresco
	- Calidad	¿Qué factores inciden en la resistencia a compresión del hormigón?	Observación: - Preparación - Cantidad de talco - Llenado - Tiempo de espera - Curado - Tratamiento térmico

Fuente: Autor

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información se siguen pasos que nos ayuden a responder las preguntas básicas que se encuentran en el cuadro 3:

CUADRO 3. Preguntas Básicas

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿PARA QUÉ?	Estudiar como el talco industrial incide en la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego.
¿DE QUÉ PERSONAS U OBJETOS?	De probetas de hormigón incluyendo el talco industrial como remplazo parcial del agregado fino.
¿SOBRE QUÉ ASPECTOS?	Choque térmico Resistencia a compresión del hormigón
¿QUIÉN O QUIENES?	El investigador
¿DÓNDE?	En los laboratorios de ensayo de materiales de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. En los laboratorios de laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECÁNICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
¿CÓMO?	Realizando ensayos de laboratorio.

Fuente: Autor

3.4.1 Técnicas e Instrumentos.

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Ensayos de laboratorio	Horno Industrial
	Maquina universal de compresión

Para la recolección de la información de los ensayos de compresión posterior al tratamiento térmico y choque térmico de las probetas a los 28 días de edad se utilizara la tabla 9 y tabla 10 respectivamente, para posteriormente elaborar la tabla 11 que es un resumen comparativo de la resistencia residual de las diferentes mezclas.

Tabla 11. Tabla tipo para resumen de resistencia a la compresión residual del hormigón posterior al choque térmico.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA						
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”						
REALIZADO POR: DANIEL MORENO						
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA						
Ensayo de compresión de Hormigón posterior a choque térmico.						
Temperatura de tratamiento térmico	% de Talco	Fecha Ensayo	Edad (días)	Resistencia en Kg/cm²		
				Resistencia	Resistencia Mayor	% Residual Mayor
0°C						
500°C						
700°C						
900°						

Fuente: Autor

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento de la información se seguirán los siguientes pasos:

1. Se realizarán los siguientes ensayos para los agregados fino y grueso:
 - 1.1. Determinación del porcentaje de absorción y porcentaje de humedad.
 - 1.2. Análisis granulométrico.
 - 1.3. Determinación de la densidad real.
 - 1.4. Determinación de la densidad aparente (suelta) de los agregados.
 - 1.5. Determinación de la densidad aparente (compactada) de los agregados.
 - 1.6. Determinación de la densidad aparente (compactada) de la mezcla de agregados.
2. Elaboración de cilindros de prueba
3. Curado de los cilindros.
4. Determinación de la densidad del hormigón.
5. Tratamiento térmico de los testigos.
6. Determinación de la resistencia residual posterior al choque térmico del hormigón.
7. Se realizará la revisión crítica de la información recogida, es decir, detectando datos e instrumentos defectuosos, contradictorios, incompletos, no pertinentes, etc.
8. Se aplicarán técnicas adecuadas para la tabulación de cuadros según las variables de la hipótesis.
9. Representación gráfica de los resultados obtenidos.
10. Evaluar, analizar e interpretar los resultados de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Para el presente capítulo, se cuenta con datos reales obtenidos de 48 cilindros de hormigón elaborados con adición de talco industrial en los cuales se realizaron los ensayos térmicos, 12 cilindros sin ninguna adición, a todos se les realizó el ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

Para la elaboración de los testigos, los materiales fueron mezclados durante aproximadamente 5 minutos, consiguiendo una mezcla homogénea y uniforme, se realizó el chequeo de la mezcla mediante el ensayo del cono de Abrams de acuerdo a la norma ASTM C-143, y se colocó el agua destinada para la corrección por el contenido de humedad de los agregados. De acuerdo a la norma NTE INEN 1576:2011, se elaboraron las mezclas definitivas de hormigón para la resistencia especificada de 21MPa, de esta forma los materiales siguieron el siguiente orden de colocación dentro de la concretetera:

- Una Tercera parte de agua
- Todo el agregado grueso
- Todo el agregado fino y todo el talco industrial según el tipo de mezcla.
- Una tercera parte de agua
- Todo el cemento
- La restante parte de agua (en forma progresiva)

4.1 Ensayo realizados a los agregados.

Agregado fino: Arena

Tabla 12. Determinación real de la arena NORMA INEN 856

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.		
REALIZADO POR: DANIEL MORENO		
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
DENSIDAD REAL DE LA ARENA		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGREGADO FINO		
PROCESO	DENOMINACIÓN	DATOS
Masa del frasco	m1	131.400 gr
Masa del frasco + agregados (SSS)	m2	613.100 gr
Masa del frasco + agregados (SSS) + agua	m3	932.400 gr
Masa del agua añadida (m3 - m2)	m4	319.300 gr
Masa del frasco + 500 cc de agua	m5	661.600 gr
Masa de 500 cc de agua (m5 - m1)	m6	530.200 gr
Densidad del agua (m6/500ml)	da	1.002 gr/cm ³
masa del agua desalojada por el agregado (m6 - m4)	m7	210.900 gr
Masa del agregado (m2 - m1)	Msss	481.700 gr
Volumen del agua desalojada (m7/da)	Vsss	210.479 cm ³
Densidad real de la ARENA (Msss/Vsss)	DRA	2.289 gr/cm³

Fuente: Autor

Tabla 13. Ensayo de absorción del agregado fino

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”	
REALIZADO POR: DANIEL MORENO	
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
Ensayo de Absorción del agregado fino	
Masa del recipiente	131.40 gr
Masa del recipiente + arena SSS	613.10 gr
Masa del recipiente + arena seca	607.10 gr
Masa del agua	6.00 gr
Masa del ripio seco	475.70 gr
Capacidad de absorción	1.26%

Fuente: Autor

Tabla 14. Contenido de humedad del agregado fino.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”	
REALIZADO POR: DANIEL MORENO	
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
Contenido de Humedad del agregado fino	
Masa del recipiente	131.40 gr
Masa del recipiente + arena húmeda	613.10 gr
Masa del recipiente + arena seca	601.60 gr
Masa del agua	11.50 gr
Masa del ripio seco	470.20 gr
Capacidad de absorción	2.45%

Fuente: Autor

Agregado grueso: Ripio

Tabla 15. Determinación real del ripio NORMA INEN 857

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.		
REALIZADO POR: DANIEL MORENO		
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
DENSIDAD REAL DEL RIPIO.		
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGREGADO GRUESO		
PROCESO	DENOMINACIÓN	DATOS
Masa de la canastilla en el aire	m1	1230.000 gr
Masa de la canastilla + agregados (SSS) en el aire	m2	4418.000 gr
Masa del agregado SSS en el aire (m2 - m1)	Msss	3188.000 gr
Masa de la canastilla + agregados (SSS) en el agua	m3	3036.000 gr
Masa de la canastilla en el agua	m4	1127.000 gr
Masa del agregado en el agua (m3 - m4)	Magua	1909.000 gr
Volumen del agregado (Msss - Magua) / d agua	Vsss	1279.000 cm ³
Densidad real del ripio (Msss/Vsss)	DRR	2.493 gr/cm³

Fuente: Autor

Tabla 16. Ensayo de absorción del agregado grueso.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”	
REALIZADO POR: DANIEL MORENO	
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
Ensayo de Absorción del agregado grueso	
Masa del recipiente	1230.00 gr
Masa del recipiente + ripio SSS	4418.00 gr
Masa del recipiente + ripio seco	4348.00 gr
Masa del agua	70.00 gr
Masa del ripio seco	3118.00 gr
Capacidad de absorción	2.25%

Fuente: Autor

Tabla 17. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”	
REALIZADO POR: DANIEL MORENO	
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
Contenido de Humedad del agregado fino	
Masa del recipiente	1230.00 gr
Masa del recipiente + ripio húmedo	4418.00 gr
Masa del recipiente + ripio seco	4407.07 gr
Masa del agua	10.93 gr
Masa del ripio seco	3177.07 gr
Capacidad de absorción	0.34%

Fuente: Autor

Cemento.- Se determinó la densidad real del cemento siguiendo un método similar al de la arena, reemplazando del agua por gasolina. El cemento utilizado para la elaboración de los cilindros de hormigón es elaborado industrialmente, por la cual cumple con todas las normas y técnicas necesarias por esta razón se asume una densidad real de 3gr/cm³.

Tabla 18. Densidad suelta de la arena y ripio NORMA INEN 858

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.				
REALIZADO POR: DANIEL MORENO				
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
DENSIDAD APARENTE (SUELTA) DEL AGREGADOS				
Masa del recipiente	10.2 Kg			
Volumen del recipiente	20.39 dm ³			
AGREGADO	Agregado + recipiente Kg	Agregado kg	Densidad kg/dm ³	Densidad Promedio Kg/dm ³
FINO (ARENA)	40.5	30.3	1.486	1.479
	40.2	30	1.471	
GRUESO (RIPIO)	38.8	28.6	1.403	1.398
	38.6	28.4	1.393	

Fuente: Autor

Tabla 19. Densidad suelta de la arena y ripio NORMA INEN 858

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.				
REALIZADO POR: DANIEL MORENO				
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
DENSIDAD APARENTE (COMPACTADA) DEL AGREGADOS				
Masa del recipiente	10 Kg			
Volumen del recipiente	20.39 dm ³			
AGREGADO	Agregado + recipiente Kg	Agregado kg	Densidad kg/dm ³	Densidad Promedio Kg/dm ³
FINO (ARENA)	42.8	32.8	1.609	1.596
	42.3	32.3	1.584	
GRUESO (RIPIO)	41.4	31.4	1.540	1.547
	41.7	31.7	1.555	

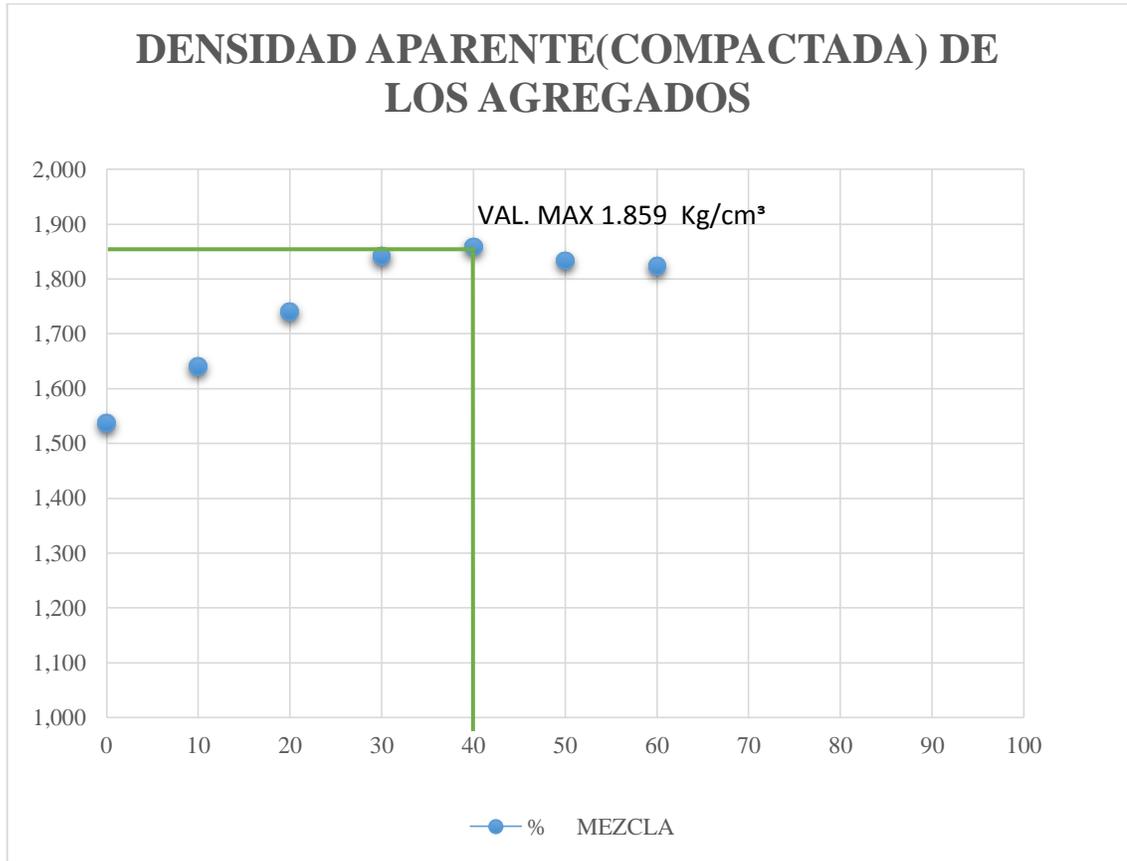
Fuente: Autor

Tabla 20. Densidad compactada mezcla NORMA INEN 858

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.								
REALIZADO POR: DANIEL MORENO								
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
DENSIDAD REAL DE LA ARENA								
DENSIDAD APARENTE(COMPACTADA) DE LOS AGREGADOS								
Masa del recipiente		10,20 Kg						
Volumen del recipiente		20,39 dm ³						
% MEZCLA		CANTIDAD (Kg)		Fino añadido (Kg)	Agregado + recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad aparente (kg / dm ³)	Densidad aparente promedio (kg / cm ³)
R	A	R	A	A				
100	0	40	0,00	0	41,4	31,2	1,530	1,538
					41,7	31,5	1,545	
90	10	40	4,44	4,44	43,6	33,4	1,638	1,641
					43,7	33,5	1,643	
80	20	40	10,00	5,56	45,5	35,3	1,731	1,741
					45,9	35,7	1,751	
70	30	40	17,14	7,14	47,7	37,5	1,839	1,842
					47,8	37,6	1,844	
60	40	40	26,67	9,52	48,0	37,8	1,854	1,859
					48,2	38,0	1,864	
50	50	40	40,00	13,33	47,8	37,6	1,844	1,834
					47,4	37,2	1,824	
40	60	40	60,00	20,00	47,5	37,3	1,829	1,824
					47,3	37,1	1,820	
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO FINO					PMAF		40	%
PORCENTAJE MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO					PMAG		60	%
PORCENTAJE OPTIMO DE AGREGADO FINO					POAF = PMAF - 4%		36	%
PORCENTAJE OPTIMO DE AGREGADO GRUESO					POAG = PMAG + 4%		64	%

Fuente: Autor

Grafico 3. Densidad Compactada de la Mezcla



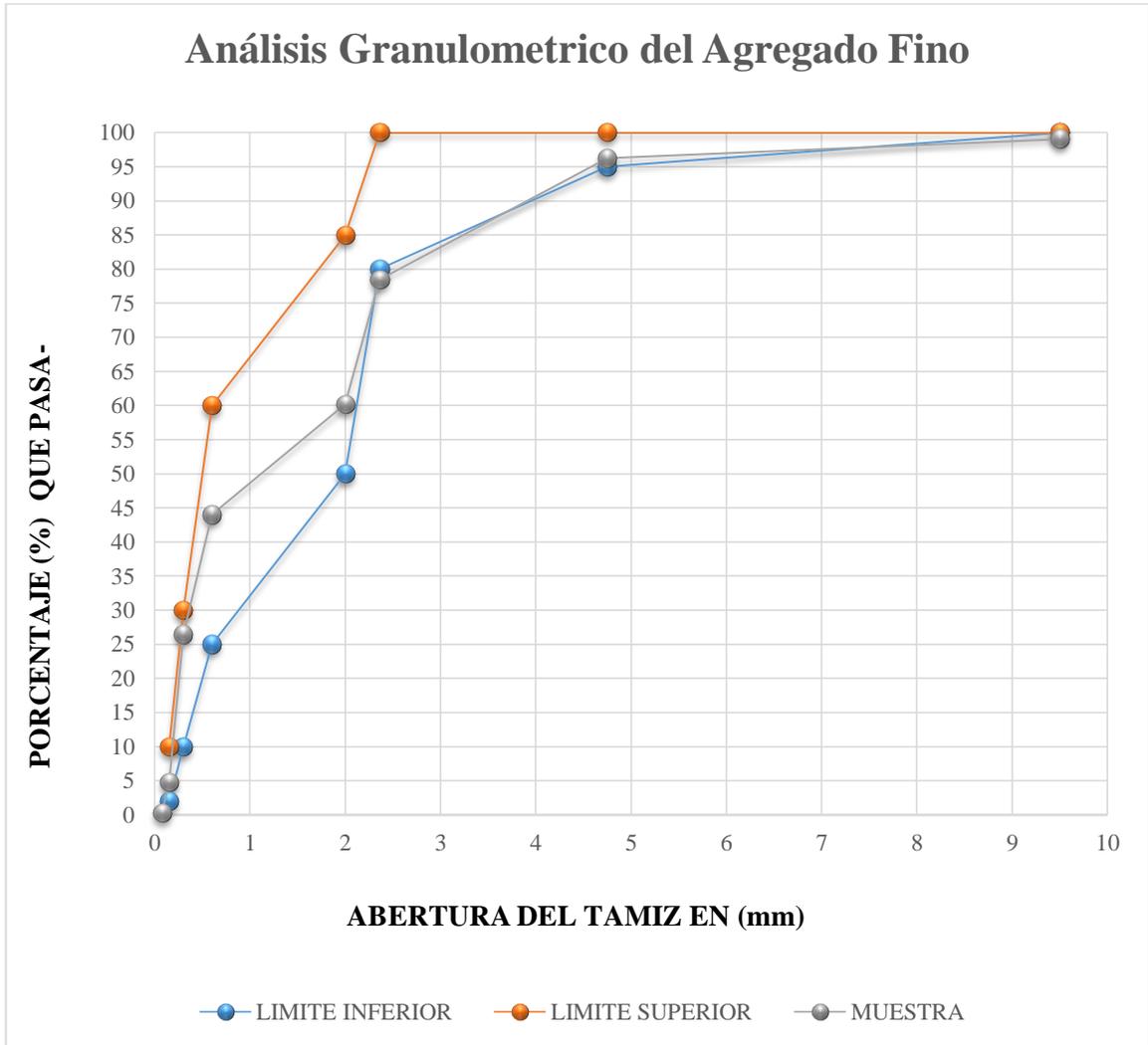
Fuente: Autor

Tabla 21. Granulometría del Agregado fino (arena) NORMA INEN 696

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENA)					
PESO MUESTRA		650 gr			
Fecha del Ensayo		martes, 18 de abril de 2017			
TAMIZ	RETENIDO EN gr		% RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	LIMITE ASTM - C33
	PARCIAL	ACUMULADO			
3/8 "	6,1	6,1	0,93846154	99,0615385	100
# 4	18,4	24,5	3,76923077	96,2307692	95 - 100
# 8	115,5	140	21,5384615	78,4615385	80 - 100
# 16	118,7	258,7	39,8	60,2	50 - 85
# 30	105,1	363,8	55,9692308	44,0307692	25 - 60
# 50	114,2	478	73,5384615	26,4615385	10 - 30
# 100	141,5	619,5	95,3076923	4,69230769	2 - 10
# 200	28,9	648,4	99,7538462	0,24615385	-----
FUENTE	1,6	650	100	0	-----
MODULO DE FINURA			100		
PORCENTAJE DE PERDIDA ES EL			0.00%		

Fuente: Autor

Grafico 4. Análisis Granulométrico del Agregado fino



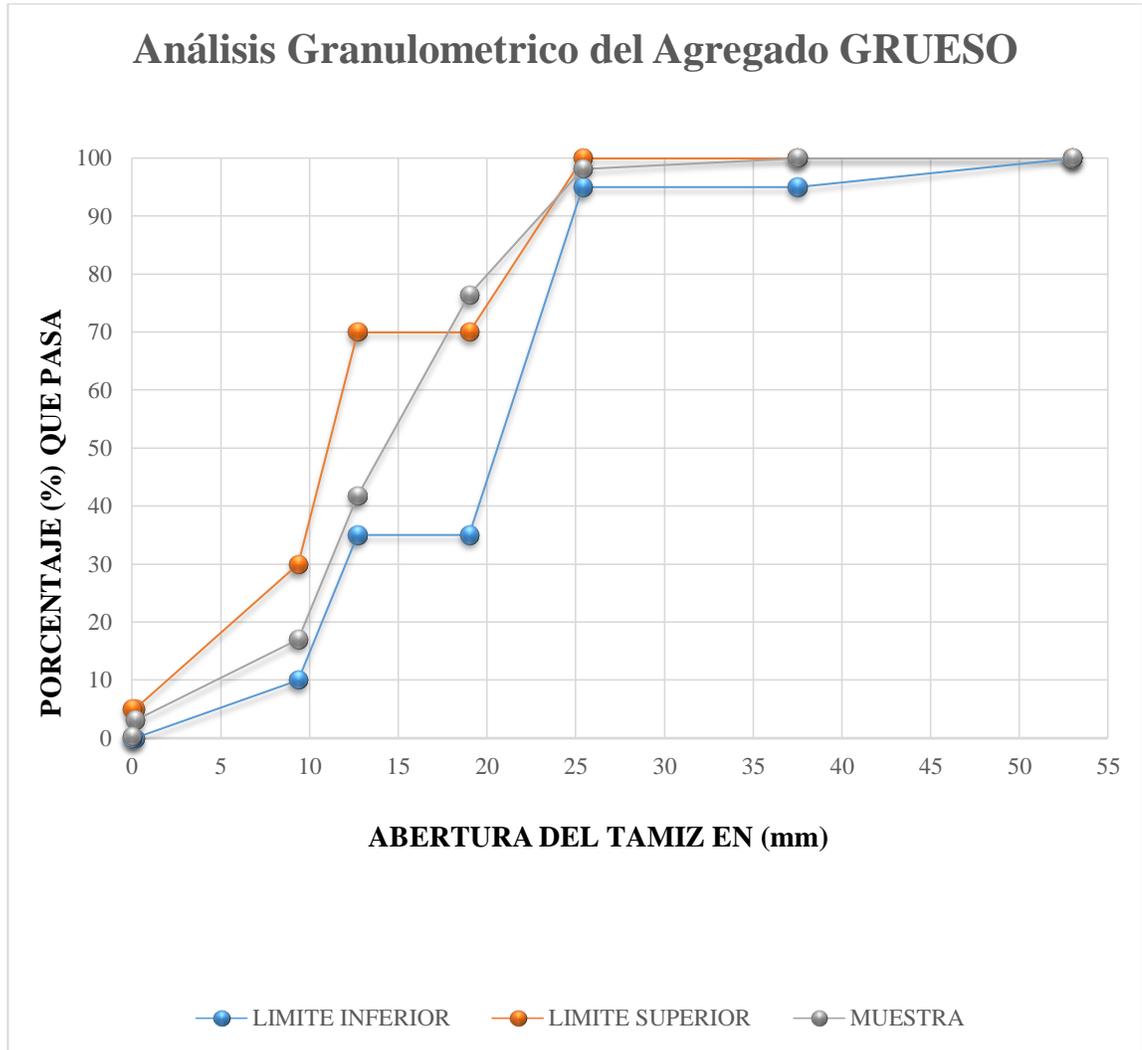
Fuente: Autor

Tabla 22. Granulometría del agregado grueso (ripio) NORMA INEN 696

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”.					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (RIPIO)					
PESO MUESTRA		7000 gr			
Fecha de Ensayo		jueves, 20 de abril de 2017			
TAMIZ	RETENIDO EN gr		% RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA	LIMITE ASTM - C33
	PARCIAL	ACUMULADO			
2"	0	0	0,00	100,00	100
1 1/2"	0	0	0,00	100,00	95 - 100
1"	129	129	1,84	98,16	-----
3/4"	1522	1651	23,59	76,41	35 - 70
1/2"	2426	4077	58,24	41,76	-----
3/8"	1733	5810	83,00	17,00	10 - 30
# 4	976	6786	96,94	3,06	0 - 5
FUENTE	196	6982	99,74	0,26	-----
MODULO DE FINURA			99,49		
PORCENTAJE DE PERDIDA ES EL			0.26%		

Fuente: Autor

Grafico 5. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso



Fuente: Autor

4.1.1 Cálculo de la Dosificación por el Método de la Densidad Óptima o Método de la universidad Central

Tabla 23. Dosificación de Hormigón de 210Kg/cm²

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIOS						
DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES						
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”						
FECHA:	05-may-17					
LUGAR DEL PROYECTO:	Ambato					
Realizado por:	Daniel Moreno					
DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL						
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS			
f'c	240	Kg/cm²	W/C	0.56		
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2.800	gr/cm ³	CÁLCULOS			
DRA	2.910	gr/cm ³	DRM	2.748	kg/dm ³	
DRR	2.640	gr/cm ³	POV	32.35	%	
DSA	1.479	gr/cm ³	CP	369.39	dm ³	
DSR	1.398	gr/cm ³	C	402.76	Kg	
POA	40	%	W	225.55	lts	
POR	60	%	A	734.03	kg	
DOM	1.859	gr/cm ³	R	998.89	kg	
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL		CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN		DOSIFICACIÓN AL PESO		
W		225.55		0.56		
C		402.76		1.00		
A		734.03		1.82		
R		998.89		2.48		
TOTAL		2361.23		Kg/m³ Densidad del Hormigón.		
DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm³ POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	225.55	0.56	28.00	-	28.00	litros
C	402.76	1.00	50.00	-	1	saco
A	734.03	1.82	91.13	61.61	2.30	cajones
R	998.89	2.48	124.01	88.70	3.30	cajones
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN			293.13	dm³ c/saco		
DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm				VOLUMEN PARIHUELA	27,00 dm³	

NOMENCLATURA:			
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio
W/C	Relación Agua Cemento		

Conociendo la Capacidad de Absorción del talco industrial, se realizará las correcciones correspondientes. Con estos datos haremos el cálculo de la cantidad de materiales necesaria para realizar la mezcla de prueba, considerando la mezcla para 15 moldes cilíndricos de:

H = 30cm (altura)

D = 15cm (diámetro)

Reajuste de parámetros corrección por humedad

Agregado Fino:

$$Arena = masa(arena) \times \frac{100 + \%humedad(arena)}{100 + \%absorcion(arena)}$$

$$Arena = 91.13 \times \frac{100 + 2.45}{100 + 1.26}$$

$$Arena = 92.20 \text{Kg}$$

$$Agua = masa(arena) \times \frac{\%humedad(arena) - \%absorcion(arena)}{100 + \%absorcion(arena)}$$

$$Agua = 91.13 \times \frac{2.45 - 1.26}{100 + 1.26}$$

$$Agua = 1.08 \text{Kg}$$

Agregado Grueso

$$Ripio = masa(ripió) \times \frac{100 + \%humedad(ripió)}{100 + \%absorción(ripió)}$$

$$Ripio = 124.01 \times \frac{100 + 0.34}{100 + 2.25}$$

$$Ripio = 121.694 \text{ Kg}$$

$$Agua = masa(ripió) \times \frac{\%humedad(ripió) - \%absorción(ripió)}{100 + \%absorción(ripió)}$$

$$Agua = 124.01 \times \frac{0.34 - 2.25}{100 + 2.25}$$

$$Agua = -2.32 \text{ Kg}$$

Agua de amasado a colocar

$$Agua(amasado) = Agua - (A. Agua de arena + a. Agua de ripio)$$

$$Agua(amasado) = 28 - (1.08 - 2.32)$$

$$Agua(amasado) = 29.24 \text{ Kg}$$

Corrección por humedad para un saco de cemento

DOSIFICACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD kg
0.58	W	29.24
1.00	C	50
1.84	A	92.20
2.43	R	121.69

Asentamiento Obtenido: 6,5 cm

4.1.2 AJUSTE DE MEZCLAS:

Corrección por humedad para la elaboración de probetas de hormigón con remplazo parcial agregado fino por talco industrial debido a la capacidad de absorción de este, se la realizara en la fórmula de la corrección por humedad de arena, el talco está remplazando a un porcentaje de esta.

Datos técnicos del talco industrial:

% de humedad < 0.5

Absorción 30.0% en roca y 2.0 en polvo

Para la mezcla de con 10% de remplazo:

$$Cant.Talco = masa(arena)X\%remplazo talco$$

$$Cant.Talco = 91.13X 0.10$$

$$Cant.Talco = 9.113 \text{ kg}$$

$$Talco = Cant.Talco X \frac{100 + \%humedad (talco)}{100 + \%absorcion(talco)}$$

$$Talco = 9.113 X \frac{100 + 0.5}{100 + 2}$$

$$Talco = 8.98Kg$$

$$Agua = cant.Talco X \frac{\%humedad(talco) - \%absorcion(talco)}{100 + \%absorcion(talco)}$$

$$Agua = 9.113X \frac{0.5 - 2}{100 + 2}$$

$$Agua = -0.13 Kg$$

Agua de amasado a colocar

$$\text{Agua(amasado)} = \text{Agua} - (\text{A. Agua de arena})$$

$$\text{Agua(amasado)} = 28 - (-0.13)$$

$$\text{Agua(amasado)} = 28.13\text{Kg}$$

Corrección por humedad para un saco de cemento

DOSIFICACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD kg
0.56	W	28.13
1.00	C	50
1.64	A	82.15
0.18	TALCO	8.98
2.43	R	121.69

Asentamiento Obtenido: 7,3 cm

Para la mezcla de con 20% de remplazo:

$$\text{Cant. Talco} = \text{masa(arena)} \times \% \text{reemplazo talco}$$

$$\text{Cant. Talco} = 91.13 \times 0.20$$

$$\text{Cant. Talco} = 18.226 \text{ kg}$$

$$\text{Talco} = \text{Cant. Talco} \times \frac{100 + \% \text{humedad (talco)}}{100 + \% \text{absorción(talco)}}$$

$$\text{Talco} = 18.226 \times \frac{100 + 0.5}{100 + 2}$$

$$\text{Talco} = 17.96\text{Kg}$$

$$Agua = cant.Talco X \frac{\%humedad(talco) - \%absorcion(talco)}{100 + \%absorcion(talco)}$$

$$Agua = 18.226 X \frac{0.5 - 2}{100 + 2}$$

$$Agua = -0.27Kg$$

Agua de amasado a colocar

$$Agua(amasado) = Agua - (A. Agua de arena)$$

$$Agua(amasado) = 28 - (-0.27)$$

$$Agua(amasado) = 28.27 Kg$$

Corrección por humedad para un saco de cemento

DOSIFICACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD kg
0.57	W	28.27
1.00	C	50
1.46	A	73.17
0.36	Talco	17.96
2.43	R	121.69

Asentamiento Obtenido: 8.3cm

Para la mezcla de con 30% de remplazo:

$$Cant.Talco = masa(arena)X\%remplazo talco$$

$$Cant.Talco = 91.13X 0.30$$

$$Cant.Talco = 27.339 kg$$

$$Talco = Cant. Talco \times \frac{100 + \%humedad (talco)}{100 + \%absorcion(talco)}$$

$$Talco = 27.339 \times \frac{100 + 0.5}{100 + 2}$$

$$Talco = 26.94Kg$$

$$Agua = cant. Talco \times \frac{\%humedad(talco) - \%absorcion(talco)}{100 + \%absorcion(talco)}$$

$$Agua = 27.339 \times \frac{0.5 - 2}{100 + 2}$$

$$Agua = -0.40 Kg$$

Agua de amasado a colocar

$$Agua(amasado) = Agua - (A. Agua de arena)$$

$$Agua(amasado) = 28 - (-0.40)$$

$$Agua(amasado) = 28.40 Kg$$

Corrección por humedad para un saco de cemento

DOSIFICACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD kg
0.57	W	28.40
1.00	C	50
1.28	A	64.19
0.54	Talco	26.94
2.43	R	121.69

Asentamiento Obtenido: 9.5cm

4.2 Recolección y Análisis de resultados.

4.2.1 Ensayo de Densidad en estado Fresco

Tabla 24. Densidad en estado fresco

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
DENSIDAD DEL HORMIGON FRESCO							
f c:	210 Kg/cm ²			VOLUMEN DEL MOLDE:		0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579							
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MOLDES VACIOS (Kg)	MOLDES LLENOS (Kg)	MASA HORMIGO N (Kg)	DENSIDAD HORMIGO N (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
1	0,00	1,00	11,20	23,10	11,9	2244,67	2211,82
2	0,00	1,00	11,30	23,20	11,9	2244,67	
3	0,00	1,00	11,40	22,40	11	2074,91	
4	0,00	1,00	11,40	22,90	11,5	2169,22	
5	0,00	1,00	11,30	22,70	11,4	2150,36	
6	0,00	1,00	11,60	22,90	11,3	2131,50	
7	0,00	1,00	11,20	22,91	11,71	2208,83	
8	0,00	1,00	11,40	23,40	12	2263,54	
9	0,00	1,00	11,50	23,50	12	2263,54	
10	0,00	1,00	11,40	23,40	12	2263,54	
11	0,00	1,00	11,30	23,30	12	2263,54	
12	0,00	1,00	11,50	23,50	12	2263,54	

Fuente: Autor

Tabla 25. Densidad en estado fresco

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
DENSIDAD DEL HORMIGON FRESCO							
f'c:	210 Kg/cm ²			VOLUMEN DEL MOLDE:		0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579							
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MOLDES VACIOS (Kg)	MOLDES LLENOS (Kg)	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON N (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
13	10,00 %	1,00	11,20	23,55	12,35	2329,56	2211,66
14	10,00 %	1,00	11,30	22,97	11,67	2201,29	
15	10,00 %	1,00	11,40	23,70	12,3	2320,13	
16	10,00 %	1,00	11,40	23,80	12,4	2338,99	
17	10,00 %	1,00	11,30	22,25	10,95	2065,48	
18	10,00 %	1,00	11,60	22,97	11,37	2144,70	
19	10,00 %	1,00	11,20	23,10	11,9	2244,67	
20	10,00 %	1,00	11,40	22,97	11,57	2182,43	
21	10,00 %	1,00	11,50	22,40	10,9	2056,05	
22	10,00 %	1,00	11,40	23,76	12,36	2331,44	
23	10,00 %	1,00	11,30	22,80	11,5	2169,22	
24	10,00 %	1,00	11,50	22,93	11,43	2156,02	

Fuente: Autor

Tabla 26. Densidad en estado fresco

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
DENSIDAD DEL HORMIGON FRESCO							
f'c:	210 Kg/cm ²			VOLUMEN DEL MOLDE:		0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579							
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MOLDES VACIOS (Kg)	MOLDES LLENOS (Kg)	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
25	20,00%	1,00	11,20	22,30	11,1	2093,77	2211,51
26	20,00%	1,00	11,30	23,30	12	2263,54	
27	20,00%	1,00	11,40	21,90	10,5	1980,59	
28	20,00%	1,00	11,40	22,87	11,47	2163,56	
29	20,00%	1,00	11,30	22,75	11,45	2159,79	
30	20,00%	1,00	11,60	22,89	11,29	2129,61	
31	20,00%	1,00	11,20	22,87	11,67	2201,29	
32	20,00%	1,00	11,40	23,65	12,25	2310,69	
33	20,00%	1,00	11,50	22,95	11,45	2159,79	
34	20,00%	1,00	11,40	23,95	12,55	2367,28	
35	20,00%	1,00	11,30	23,78	12,48	2354,08	
36	20,00%	1,00	11,50	23,98	12,48	2354,08	

Fuente: Autor

Tabla 27. Densidad en estado fresco

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
DENSIDAD DEL HORMIGON FRESCO							
f'c:	210 Kg/cm ²			VOLUMEN DEL MOLDE:		0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579							
# PROBET A	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MOLDES VACIOS (Kg)	MOLDES LLENOS (Kg)	MASA HORMIGO N (Kg)	DENSIDAD HORMIGO N (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
37	30,00%	1,00	11,20	23,10	11,9	2244,67	2211,35
38	30,00%	1,00	11,30	22,20	10,9	2056,05	
39	30,00%	1,00	11,40	23,40	12	2263,54	
40	30,00%	1,00	11,40	23,90	12,5	2357,85	
41	30,00%	1,00	11,30	22,70	11,4	2150,36	
42	30,00%	1,00	11,60	23,90	12,3	2320,13	
43	30,00%	1,00	11,20	22,91	11,71	2208,83	
44	30,00%	1,00	11,40	22,70	11,3	2131,50	
45	30,00%	1,00	11,50	23,15	11,65	2197,52	
46	30,00%	1,00	11,40	22,97	11,57	2182,43	
47	30,00%	1,00	11,30	23,10	11,8	2225,81	
48	30,00%	1,00	11,50	23,15	11,65	2197,52	

Fuente: Autor

Tabla 28. Resumen de las tablas de Densidad en Estado Fresco.

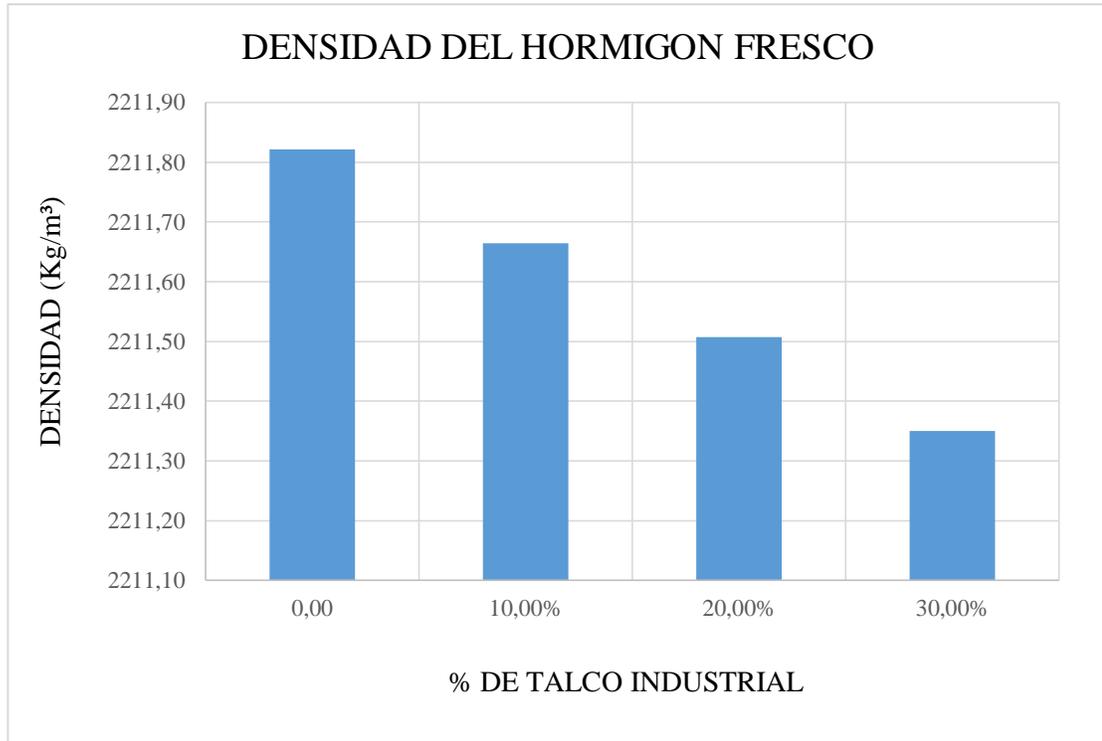
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”		
REALIZADO POR: DANIEL MORENO		
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		
DENSIDAD DEL HORMIGON FRESCO		
f'c:	210 Kg/cm ²	
NORMA NTE INEN 1579		
% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)
0,00	1,00	2211,82
10,00%	1,00	2211,66
20,00%	1,00	2211,51
30,00%	1,00	2211,35

Fuente: Autor

Las cuatro mezclas de hormigón en estado fresco muestran una densidad de valor similar, sin importar el porcentaje de talco industrial utilizado como remplazo parcial del agregado fino.

4.2.2 Representación gráfica y comparación de las Densidades en estado fresco o pesos específicos del hormigón con remplazo parcial del agregado fino por Talco Industrial y el hormigón tradicional.

Grafico 6. Densidades del Hormigón en estado Fresco.



Fuente: Autor

En la gráfica anterior se puede observar que el hormigón tradicional posee una densidad mayor mínima que los hormigones con remplazo parcial del agregado fino por talco industrial, todas las mezcla se encuentran dentro del rango de densidad óptima para el hormigón. Esto puede ser causado por la menor densidad del talco industrial en relación a la densidad de la arena.

4.2.3 Ensayo de Densidad en estado Endurecido

Tabla 29. Densidad en estado Endurecido.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO					
f'c:	210 Kg/cm ²			0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579					
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
1	0,00	28,00	11,51	2170,65	2138,89
2	0,00	28,00	11,51	2170,65	
3	0,00	28,00	10,64	2006,49	
4	0,00	28,00	11,12	2097,69	
5	0,00	28,00	11,02	2079,45	
6	0,00	28,00	10,93	2061,21	
7	0,00	28,00	11,32	2136,00	
8	0,00	28,00	11,60	2188,90	
9	0,00	28,00	11,60	2188,90	
10	0,00	28,00	11,60	2188,90	
11	0,00	28,00	11,60	2188,90	
12	0,00	28,00	11,60	2188,90	

Fuente: Autor

Tabla 30. Densidad en estado Endurecido.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO					
f'c:	210 Kg/cm ²			0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579					
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
13	10,00%	28,00	11,94	2252,74	2138,73
14	10,00%	28,00	11,29	2128,70	
15	10,00%	28,00	11,89	2243,62	
16	10,00%	28,00	11,99	2261,86	
17	10,00%	28,00	10,59	1997,37	
18	10,00%	28,00	11,00	2073,98	
19	10,00%	28,00	11,51	2170,65	
20	10,00%	28,00	11,19	2110,46	
21	10,00%	28,00	10,54	1988,25	
22	10,00%	28,00	11,95	2254,56	
23	10,00%	28,00	11,12	2097,69	
24	10,00%	28,00	11,05	2084,92	

Fuente: Autor

Tabla 31. Densidad en estado Endurecido.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO					
f'c:	210 Kg/cm ²		0,00530	m ³	
NORMA NTE INEN 1579					
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
25	20,00%	28,00	10,73	2024,73	2138,58
26	20,00%	28,00	11,60	2188,90	
27	20,00%	28,00	10,15	1915,28	
28	20,00%	28,00	11,09	2092,22	
29	20,00%	28,00	11,07	2088,57	
30	20,00%	28,00	10,92	2059,39	
31	20,00%	28,00	11,29	2128,70	
32	20,00%	28,00	11,85	2234,50	
33	20,00%	28,00	11,07	2088,57	
34	20,00%	28,00	12,14	2289,22	
35	20,00%	28,00	12,07	2276,45	
36	20,00%	28,00	12,07	2276,45	

Fuente: Autor

Tabla 32. Densidad en estado Endurecido.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”					
REALIZADO POR: DANIEL MORENO					
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA					
DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO					
f'c:	210 Kg/cm ²			0,00530	m ³
NORMA NTE INEN 1579					
# PROBETA	% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	MASA HORMIGON (Kg)	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)
37	30,00%	28,00	11,51	2170,65	2138,43
38	30,00%	28,00	10,54	1988,25	
39	30,00%	28,00	11,60	2188,90	
40	30,00%	28,00	12,09	2280,10	
41	30,00%	28,00	11,02	2079,45	
42	30,00%	28,00	11,89	2243,62	
43	30,00%	28,00	11,32	2136,00	
44	30,00%	28,00	10,93	2061,21	
45	30,00%	28,00	11,27	2125,05	
46	30,00%	28,00	11,19	2110,46	
47	30,00%	28,00	11,41	2152,41	
48	30,00%	28,00	11,27	2125,05	

Fuente: Autor

Tabla 33. Resumen de las tablas de Densidad en Estado Endurecido.

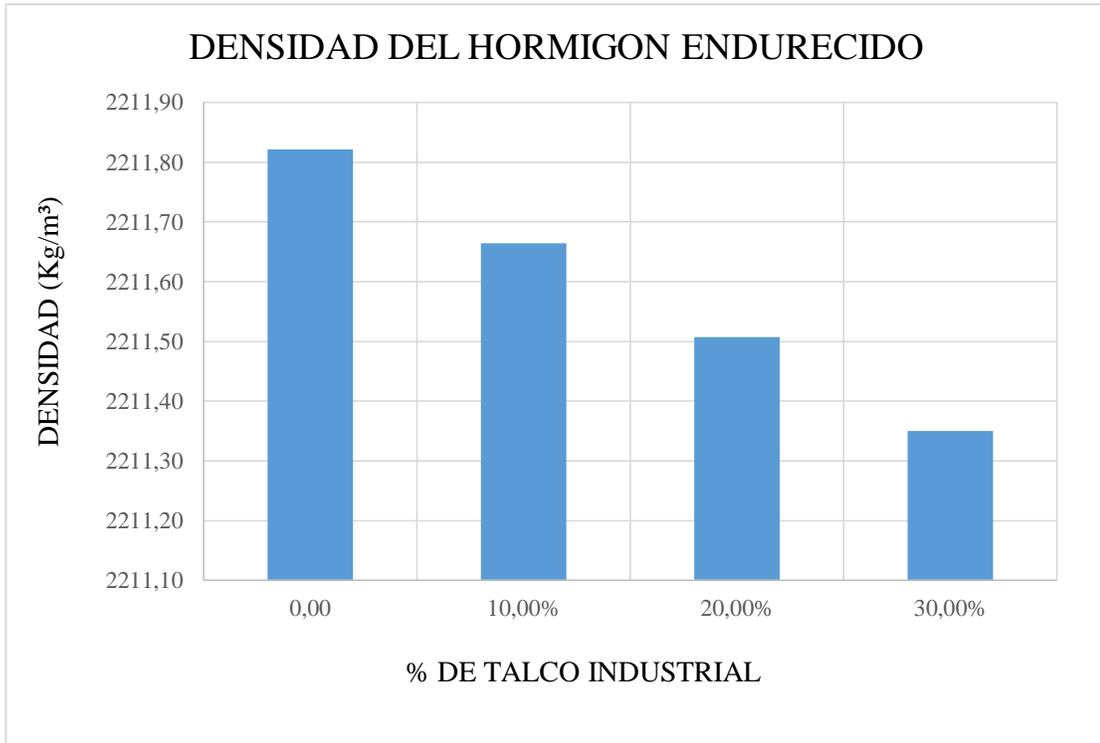
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”		
REALIZADO POR: DANIEL MORENO		
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		
DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO		
f'c:		210 Kg/cm ²
NORMA NTE INEN 1579		
% DE TALCO	EDAD EN DÍAS	DENSIDAD HORMIGON (Kg/m ³)
0,00	28,00	2138,89
10,00%	28,00	2138,73
20,00%	28,00	2138,58
30,00%	28,00	2138,43

Fuente: Autor

Las cuatro mezclas de hormigón en estado endurecido muestran una densidad de valor similar, sin importar el porcentaje de talco industrial utilizado como remplazo parcial del agregado fino.

4.2.4 Representación gráfica y comparación de las Densidades en estado endurecido o pesos específicos del hormigón con remplazo parcial del agregado fino por Talco Industrial y el hormigón tradicional.

Grafico 7. Densidades del Hormigón en estado Endurecido.



Fuente: Autor

En la gráfica anterior se puede observar que el hormigón tradicional posee una densidad mayor que los hormigones con remplazo parcial del agregado fino por talco industrial, todas las mezcla se encuentran dentro del rango de densidad óptima para el hormigón. Esto puede ser causado por la menor densidad del talco industrial en relación a la densidad de la arena.

4.2.5 Datos de tratamiento térmico y choque térmico.

Se sometió a los testigos a una temperatura inicial de 150°C por 5 minutos, esto para eliminar el agua capilar del hormigón y no afectar al material refractario del horno, inmediatamente se elevó a la temperatura del horno hasta la requerida e forma constante, se la mantuvo por un tiempo de 5 minutos, esto para estabilizar la temperatura interna del horno y asegurarnos que las probetas posean una temperatura interna como exterior similar.

El choque térmico, se efectuó sumergiendo las probetas en agua a temperatura ambiente inmediatamente después de sacarlas del horno, se mantuvo sumergidas las probetas en el agua hasta que el vapor saliente del tanque de agua se detenga. Para el choque térmico, se utilizó un pirómetro de alta precisión para registrar la temperatura a la cual se encontraban las probetas al salir del horno, así como el agua en el tanque.

Tabla 34. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 500°C.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.							
Ensayo de Tratamiento térmico							
#	Mezcla	Diámetro en mm	Fecha		Edad (días)	Temperatura en °C de la probeta al salir del horno	Temperatura del agua para el choque térmico
			Elaboración	Ensayo			
1	Simple	149,00	21/07/2017	14/08/2017	28	500	18°C
		150,00					
		150,00					
2		151,00	21/07/2017	14/08/2017	28		
		150,00					
		149,00					
3		150,00	21/07/2017	14/08/2017	28		
		150,00					
		150,00					
4		151,00	21/07/2017	14/08/2017	28		
		149,00					
		149,00					
5	10% Talco	21/07/2017	14/08/2017	28			
	150,00						
	150,00						
6	10% Talco	151,00	21/07/2017	14/08/2017	28		
		150,00					
		149,00					
7		20% Talco	150,00	21/07/2017	14/08/2017	28	
			150,00				
			150,00				
8			151,00	21/07/2017	14/08/2017	28	
			149,00				
			149,00				
9			20% Talco	149,00	21/07/2017	14/08/2017	28
				150,00			
				150,00			
10	30% Talco			151,00	21/07/2017	14/08/2017	28
				150,00			
				149,00			
11		150,00		21/07/2017	14/08/2017	28	
		150,00					
		150,00					
12		151,00		21/07/2017	14/08/2017	28	
		149,00					
		149,00					

Fuente: Autor

Tabla 35. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 700°C.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.							
Ensayo de Tratamiento térmico							
#	Mezcla	Diámetro en mm	Fecha		Edad (días)	Temperatura en °C de la probeta al salir del horno	Temperatura del agua para el choque térmico
			Elaboración	Ensayo			
13	Simple	149,00	21/07/2017	09/08/2017	28	700	20°C
		150,00					
		150,00					
14		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28		
		150,00					
		149,00					
15		150,00	21/07/2017	09/08/2017	28		
		150,00					
		150,00					
16	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	149,00						
	149,00						
17	149,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	150,00						
18	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	149,00						
19	150,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	150,00						
20	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	149,00						
	149,00						
21	149,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	150,00						
22	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	149,00						
23	150,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	150,00						
	150,00						
24	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			
	149,00						
	149,00						

Fuente: Autor

Tabla 36. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 900°C.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”									
REALIZADO POR: DANIEL MORENO									
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.									
Ensayo de Tratamiento térmico									
#	Mezcla	Diámetro en mm	Fecha		Edad (días)	Temperatura en °C de la probeta en el horno	Temperatura del agua para el choque térmico		
			Elaboración	Ensayo					
25	Simple	149,00	21/07/2017	09/08/2017	28	900	23°C		
		150,00							
		150,00							
26		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		149,00							
27		150,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		150,00							
28	10% Talco	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28	900	23°C		
		149,00							
		149,00							
29		149,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		150,00							
30		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		149,00							
31	20% Talco	150,00	21/07/2017	09/08/2017	28	900	23°C		
		150,00							
		150,00							
32		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		149,00							
		149,00							
33		149,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		150,00							
34	30% Talco	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28	900	23°C		
		150,00							
		149,00							
35		150,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		150,00							
		150,00							
36		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			900	23°C
		149,00							
		149,00							

Fuente: Autor

Tabla 37. Tabla de Ensayo de Tratamiento térmico a 1100°C.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”								
REALIZADO POR: DANIEL MORENO								
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.								
Ensayo de Tratamiento térmico								
#	Mezcla	Diámetro en mm	Fecha		Edad (días)	Temperatura en °C de la probeta en el horno	Temperatura del agua para el choque térmico	
			Elaboración	Ensayo				
37	Simple	149,00	21/07/2017	09/08/2017	28	1100	23°C	
		150,00						
		150,00						
38		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28			23°C
		150,00						
		149,00						
39		150,00	21/07/2017	09/08/2017	28			23°C
		150,00						
		150,00						
40	10% Talco	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28	23°C		
		149,00						
		149,00						
41		149,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		150,00						
		150,00						
42		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		150,00						
		149,00						
43	20% Talco	150,00	21/07/2017	09/08/2017	28	23°C		
		150,00						
		150,00						
44		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		149,00						
		149,00						
45		149,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		150,00						
		150,00						
46	30% Talco	151,00	21/07/2017	09/08/2017	28	23°C		
		150,00						
		149,00						
47		150,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		150,00						
		150,00						
48		151,00	21/07/2017	09/08/2017	28		23°C	
		149,00						
		149,00						

Fuente: Autor

4.2.6 Imágenes para análisis de Colorimetría.

IMAGEN 4. Colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 500°C, en la cual se observa un color rosáceo en la probeta de hormigón sin yeso.



Fuente: Autor

IMAGEN 5 Observación de colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 700°C, en donde se observa un color gris claro más acentuado leve en las probetas, con especial alusión a la probeta sin talco.



Fuente: Autor

IMAGEN 6. Colorimetría de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 900°C, en donde se observa un color gris bien marcado



Fuente: Autor

IMAGEN 7. Colorimetría típica de testigos de las cuatro mezclas al salir del Horno a una temperatura de 1100°C, en la que se puede observar un color amarillo claro bien marcado.



Fuente: Autor

Se observa que las probetas con talco industrial no presentan fisuración o desconchamiento; con una temperatura de 500°C, el hormigón tradicional posee una coloración rosácea, haciendo referencia a la tabla 7 se puede decir que el hormigón tradicional sufrió una fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial. En las temperaturas de 700°C y 900°C el hormigón tradicional posee una coloración gris claro, de acuerdo a la tabla 7 se puede decir que el hormigón tradicional sufrió una descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento. Finalmente en la temperatura de 1100°C se observó un color blanco amarillento en todas las mezclas, lo cual de acuerdo a la tabla 7 concluimos que todas las mezclas sufrieron Descarbonatación avanzada y pérdida de masa.

4.2.7 Datos de Ensayos de Compresión.

Se consideró, durante las pruebas de laboratorio, que era suficiente realizar mezclas de prueba para ser ensayadas a los 28 días de edad, considerando un curado constante.

Se realizaron 3 ensayos por cada método y por cada mezcla de diseño, cada ensayo comprende 3 probetas, por lo tanto se fabricaron 48 probetas, 12 para una resistencia de 210 Kg/cm² con el método de Laboratorio (densidad máxima u optima).

Para las probetas con tratamiento térmico, los ensayos de compresión se los realizo inmediatamente después de realizar el choque térmico.

A continuación se presentarán los resultados y análisis de los resultados obtenidos en los ensayos:

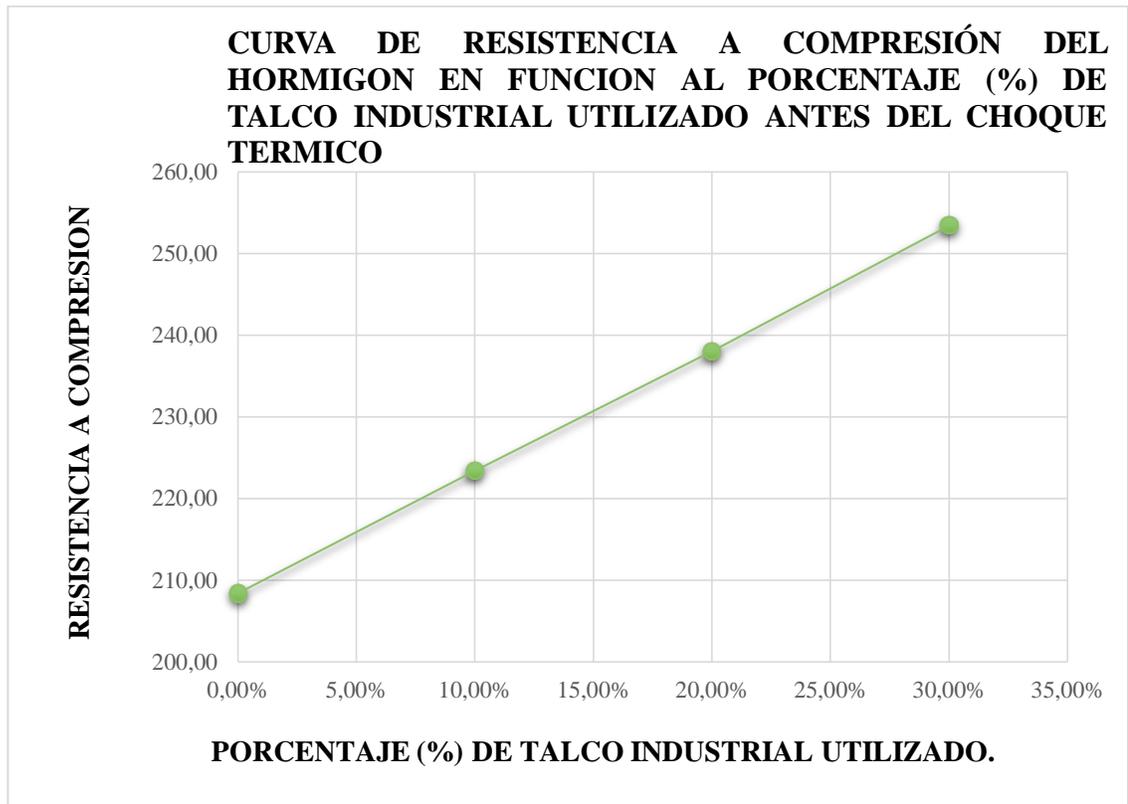
Tabla 38. Tabla de Ensayo de compresión de testigos SIN TRATAMIENTO TERMICO

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”									
REALIZADO POR: DANIEL MORENO									
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
Edad en días:		28 Días							
Ensayo de compresión de las cuatro mezclas sin choque térmico.									
#	Diámetro	Fecha		% Talco	Resistencia				
		Elaboración	Ensayo		Kg/cm ²	% Alcanzado			
1	149.00	17/07/2017	14/08/2017	0%	209,16	99,60%			
	150.00								
	150.00								
2	151.00	17/07/2017	14/08/2017		0%	204,75	97,50%		
	150.00								
	149.00								
3	150.00	17/07/2017	14/08/2017			0%	211,26	100,60%	
	150.00								
	150.00								
4	151.00	17/07/2017	14/08/2017				10%	224,22	106,77%
	149.00								
	149.00								
5	149.00	17/07/2017	14/08/2017	10%				226,47	107,84%
	150.00								
	150.00								
6	151.00	17/07/2017	14/08/2017		10%			219,49	104,52%
	150.00								
	149.00								
7	150.00	17/07/2017	14/08/2017			20%		238,86	113,74%
	150.00								
	150.00								
8	151.00	17/07/2017	14/08/2017				20%	241,26	114,89%
	149.00								
	149.00								
9	149.00	17/07/2017	14/08/2017	20%				233,82	111,34%
	150.00								
	150.00								
10	151.00	17/07/2017	14/08/2017		30%			254,34	121,11%
	150.00								
	149.00								
11	150.00	17/07/2017	14/08/2017			30%		256,89	122,33%
	150.00								
	150.00								
12	151.00	17/07/2017	14/08/2017				30%	248,98	118,56%
	149.00								
	149.00								

Fuente: Autor

4.2.8 Representación gráfica y comparación de los porcentajes de resistencia sin tratamiento térmico.

Grafico 8. Resistencia a Compresión de las Mezclas sin Tratamiento Térmico.



Fuente: Autor

Se observa que la resistencia a compresión se incrementa en relación directa a la cantidad de talco industrial usado como remplazo parcial del agregado fino la cual está entre el 6% y 7%.

4.2.9 ENSAYO DE COMPRESIÓN POSTERIOR AL ENSAYO TÉRMICO

Tabla 39. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 0.00% de Talco Industrial.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”									
REALIZADO POR: DANIEL MORENO									
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
Ensayo de compresión de Hormigón de 210Kg/cm ² posterior a choque térmico.									
Tipo de mezcla:		Simple							
#	Diámetro	Fecha		Temperatura (°C)	Resistencia				
		Elaboración	Ensayo		Kg/cm ²	% Residual			
1	149.00	21/07/2017	09/08/2017	500	95,68	45,56%			
	150.00								
	150.00								
2	151.00	21/07/2017	09/08/2017		500	96,09	45,76%		
	150.00								
	149.00								
3	150.00	21/07/2017	09/08/2017			500	95,89	45,66%	
	150.00								
	150.00								
4	151.00	21/07/2017	09/08/2017				700	92,32	43,96%
	149.00								
	149.00								
5	149.00	21/07/2017	09/08/2017	700				91,81	43,72%
	150.00								
	150.00								
6	151.00	21/07/2017	09/08/2017		700			91,51	43,57%
	150.00								
	149.00								
7	150.00	21/07/2017	09/08/2017			900		79,69	37,95%
	150.00								
	150.00								
8	151.00	21/07/2017	09/08/2017				900	79,48	37,85%
	149.00								
	149.00								
9	149.00	21/07/2017	09/08/2017	900				79,79	37,99%
	150.00								
	150.00								
10	151.00	21/07/2017	09/08/2017		1100			32,40	15,43%
	150.00								
	149.00								
11	150.00	21/07/2017	09/08/2017			1100		32,30	15,38%
	150.00								
	150.00								
12	151.00	21/07/2017	09/08/2017				1100	32,00	15,24%
	149.00								
	149.00								

Fuente: Autor

Tabla 40. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 10.00% de Talco Industrial.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”								
REALIZADO POR: DANIEL MORENO								
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
Ensayo de compresión de Hormigón de 210Kg/cm² posterior a choque térmico.								
Tipo de mezcla:		10 % de Talco						
#	Diámetro	Fecha		Temperatura (°C)	Resistencia			
		Elaboración	Ensayo		Kg/cm ²	% Residual		
13	149.00	22/07/2017	09/08/2017	500	104,86	49,93%		
	150.00							
	150.00							
14	151.00	22/07/2017	09/08/2017		700	104,86	49,93%	
	150.00							
	149.00							
15	150.00	22/07/2017	09/08/2017			900	104,86	49,93%
	150.00							
	150.00							
16	151.00	22/07/2017	09/08/2017	1100			77,55	36,93%
	149.00							
	149.00							
17	149.00	22/07/2017	09/08/2017		500		77,55	36,93%
	150.00							
	150.00							
18	151.00	22/07/2017	09/08/2017			700	77,55	36,93%
	150.00							
	149.00							
19	150.00	22/07/2017	09/08/2017	900			66,54	31,69%
	150.00							
	150.00							
20	151.00	22/07/2017	09/08/2017		1100		66,54	31,69%
	149.00							
	149.00							
21	149.00	22/07/2017	09/08/2017			500	66,54	31,69%
	150.00							
	150.00							
22	151.00	22/07/2017	09/08/2017	700			21,40	10,19%
	150.00							
	149.00							
23	150.00	22/07/2017	09/08/2017		900		21,40	10,19%
	150.00							
	150.00							
24	151.00	22/07/2017	09/08/2017			1100	21,40	10,19%
	149.00							
	149.00							

Fuente: Autor

Tabla 41. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 20.00% de Talco Industrial.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”								
REALIZADO POR: DANIEL MORENO								
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
Ensayo de compresión de Hormigón de 210Kg/cm ² posterior a choque térmico.								
Tipo de mezcla:		20 % Talco						
#	Diámetro	Fecha		Temperatura (°C)	Resistencia			
		Elaboración	Ensavo		Kg/cm ²	% Residual		
25	149,00	22/07/2017	10/08/2017	500	106,08	50,51%		
	150,00							
	150,00							
26	151,00	22/07/2017	10/08/2017		500	106,08	50,51%	
	150,00							
	149,00							
27	150,00	22/07/2017	10/08/2017			500	106,08	50,51%
	150,00							
	150,00							
28	151,00	22/07/2017	10/08/2017	700			108,01	51,44%
	149,00							
	149,00							
29	149,00	22/07/2017	10/08/2017		700		108,01	51,44%
	150,00							
	150,00							
30	151,00	22/07/2017	10/08/2017			700	108,01	51,44%
	150,00							
	149,00							
31	150,00	22/07/2017	10/08/2017	900			86,31	41,10%
	150,00							
	150,00							
32	150,00	22/07/2017	10/08/2017		900		86,31	41,10%
	149,00							
	149,00							
33	149,00	22/07/2017	10/08/2017			900	86,31	41,10%
	150,00							
	150,00							
34	151,00	22/07/2017	10/08/2017	1100			26,19	12,47%
	150,00							
	149,00							
35	150,00	22/07/2017	10/08/2017		1100		26,19	12,47%
	150,00							
	150,00							
36	150,00	22/07/2017	10/08/2017			1100	26,19	12,47%
	149,00							
	149,00							

Fuente: Autor

Tabla 42. Tabla de Ensayo de compresión de testigos con el 30.00% de Talco Industrial.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”								
REALIZADO POR: DANIEL MORENO								
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA								
Ensayo de compresión de Hormigón de 210Kg/cm ² posterior a choque térmico.								
Tipo de mezcla:		30% de Talco						
#	Diámetro	Fecha		Temperatura (°C)	Resistencia			
		Elaboracio	Ensavo		Kg/cm ²	%Residual		
37	149.00	23/07/2017	10/08/2017	500	61,34	29,21%		
	150.00							
	150.00							
38	151.00	23/07/2017	10/08/2017		500	61,34	29,21%	
	150.00							
	149.00							
39	150.00	23/07/2017	10/08/2017			500	61,34	29,21%
	151.00							
	150.00							
40	151.00	23/07/2017	10/08/2017	700			68,48	32,61%
	149.00							
	149.00							
41	149.00	23/07/2017	10/08/2017		700		68,48	32,61%
	150.00							
	150.00							
42	151.00	23/07/2017	10/08/2017			700	68,48	32,61%
	150.00							
	149.00							
43	150.00	23/07/2017	10/08/2017	900			56,55	26,93%
	151.00							
	150.00							
44	151.00	23/07/2017	10/08/2017		900		56,55	26,93%
	149.00							
	149.00							
45	149.00	23/07/2017	10/08/2017			900	56,55	26,93%
	150.00							
	150.00							
46	151.00	23/07/2017	10/08/2017	1100			28,43	13,54%
	150.00							
	149.00							
47	150.00	23/07/2017	10/08/2017		1100		28,43	13,54%
	150.00							
	150.00							
48	151.00	23/07/2017	10/08/2017			1100	28,43	13,54%
	149.00							
	150.00							

Fuente: Autor

Tabla 43. Resumen de ensayos de resistencia a compresión.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA							
“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPUESTO A FUEGO, ELABORADO A BASE DE TALCO INDUSTRIAL COMO REMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO.”							
REALIZADO POR: DANIEL MORENO							
SITIO DE ENSAYO: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.							
Media de resultados de ensayos de Compresión.							
Edad en Días		28 días					
# Probetas	Tratamientos Previos			Resistencia a la Compresión en relación al % de Talco Industrial en Kg/cm ²			
	SI	NO	Temperatura de tratamiento térmico en °C	0,00%	10,00%	20,00%	30,00%
1 a 12		X	Ambiente	208,39	223,39	237,98	253,40
13 a 24	X		500	95,89	104,86	106,08	61,34
25 a 36	X		700	91,88	77,55	108,01	68,48
37 a 48	X		900	79,65	66,54	86,31	56,55
49 a 60	X		1100	32,23	21,40	26,19	28,43

Fuente: Autor

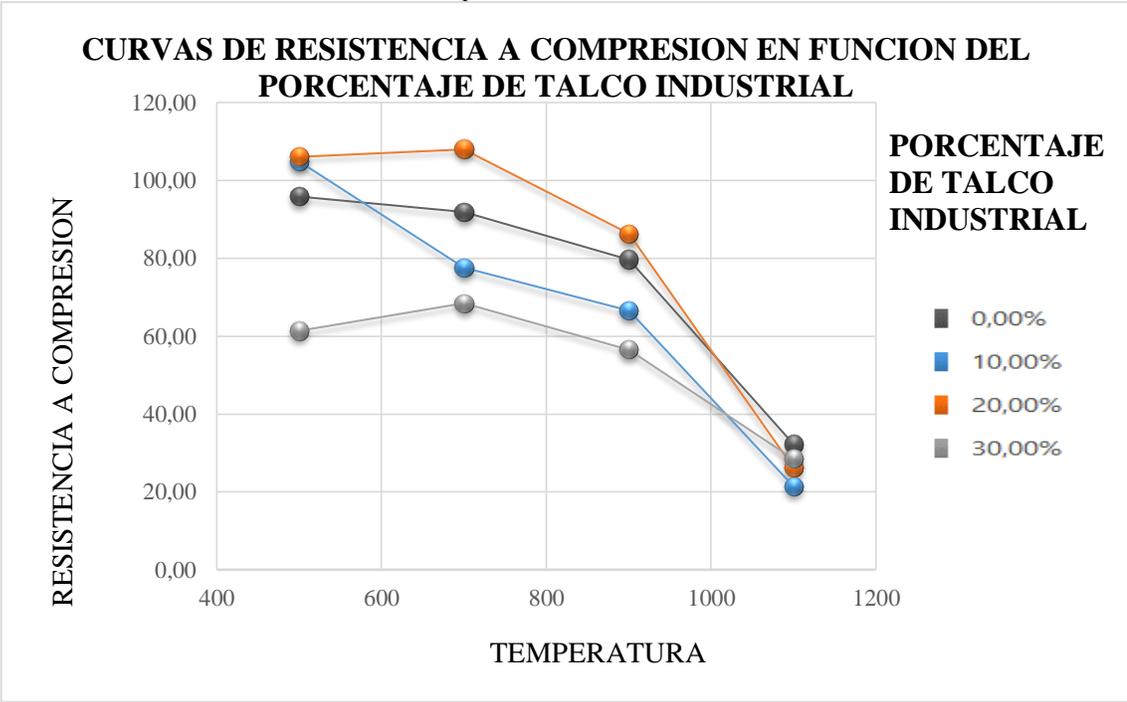
En la tabla anterior se observa un incremento en la resistencia a la compresión en todas las mezclas con talco industrial como remplazo parcial del agregado fino.

En los testigos sometidos a una temperatura de 500°C, se observa que las mezclas con el 10% y 20% de talco industrial, poseen un incremento de resistencia a compresión residual mayor a la del hormigón tradicional. Los sometidos a una temperatura de 700°C y 900°C, las mezclas con el 10% de talco industrial, se observó un decrecimiento de la resistencia a compresión residual y en las mezclas con 20% de talco industrial, poseen un incremento de resistencia a compresión residual mayor a la del hormigón tradicional.

En los testigos sometidos a una temperatura de 1100°C, estos poseen un decrecimiento de la resistencia a compresión residual en todas las mezclas, esto podría ser causado porque el talco industrial se acercó a su temperatura de fusión.

En los testigos con 30% de talco industrial, estos poseen un decrecimiento de la resistencia a compresión residual en todas las mezclas. Se observa mejores resultados en los testigos con un 20% de talco industrial a las temperaturas de 500°C, 700°C y 900°C.

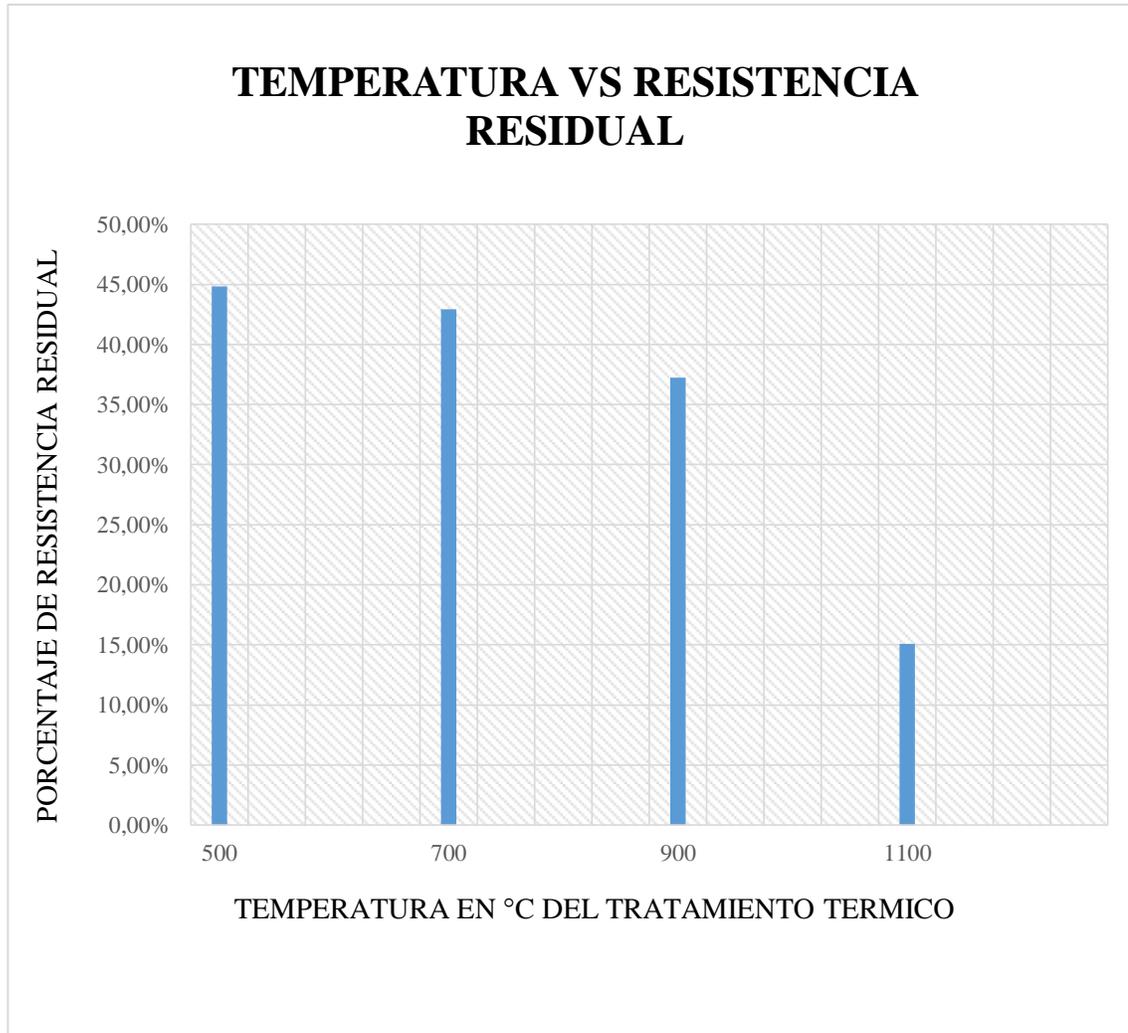
Grafico 9. Resistencia a Compresión Residual del concreto con Talco Industrial.



Fuente: Autor

4.2.10 Representación gráfica y comparación de los porcentajes de resistencia residual posterior al choque térmico.

Grafico 10. Ensayo de compresión de Hormigón posterior a choque térmico.

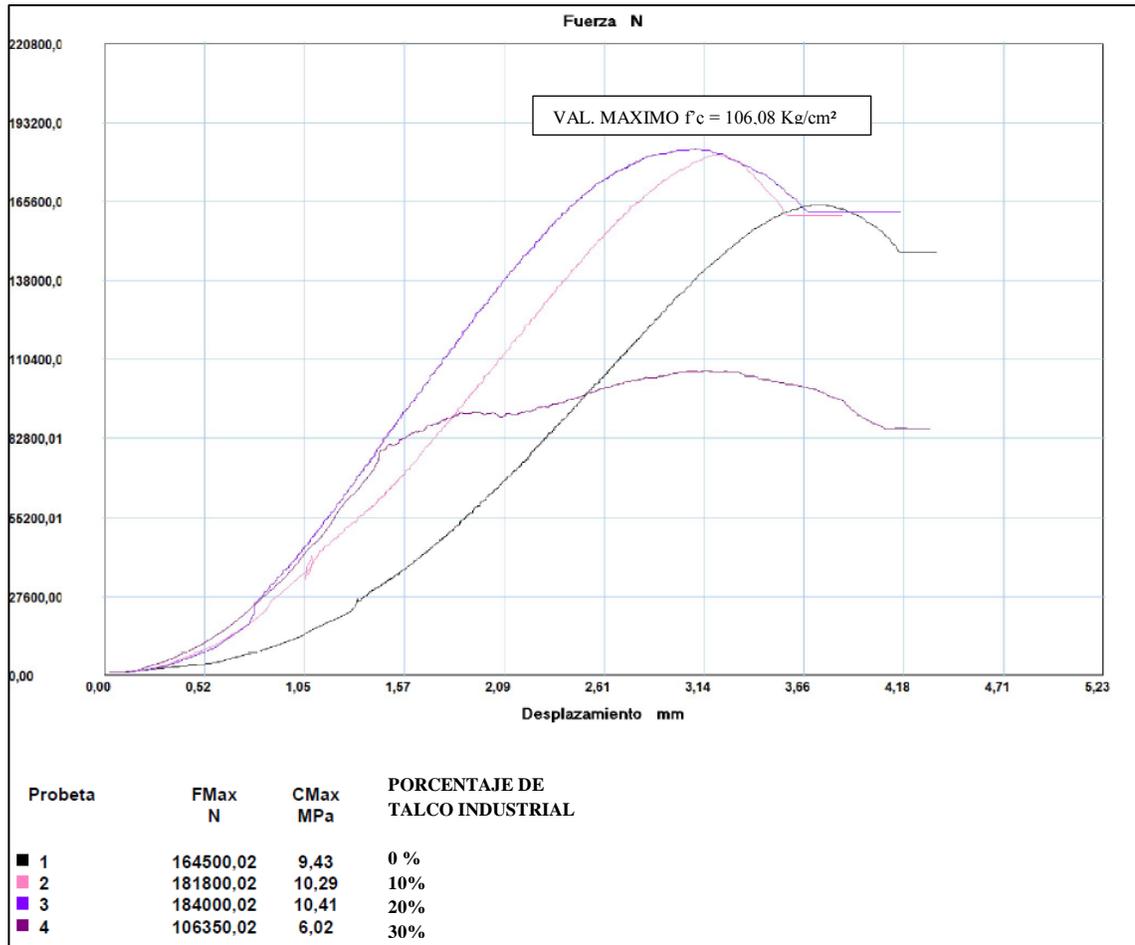


Fuente: Autor

El hormigón en todas las mezclas posee una resistencia residual mayor en los testigos que se sometieron a 500°C, y una caída de resistencia de más del 80% de todas las mezclas sometidas a 1100°C.

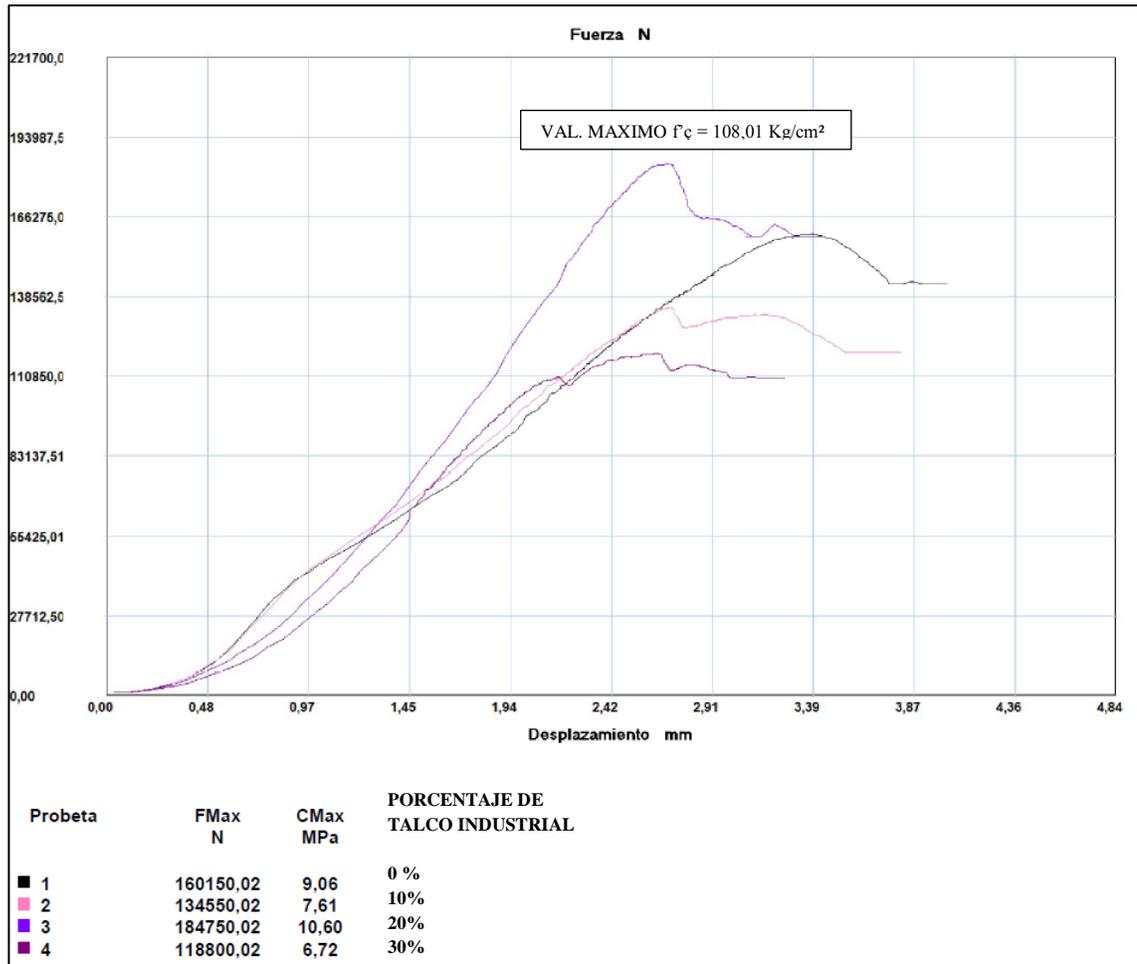
4.2.11 Representación gráfica típica y comparación de los valores de resistencia a compresión residual de las diferentes mezclas sometidas a tratamientos térmicos de: 500 ° C, 700 ° C, 900 ° C, 1100 ° C.

Gráfico 11. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 500 °C.



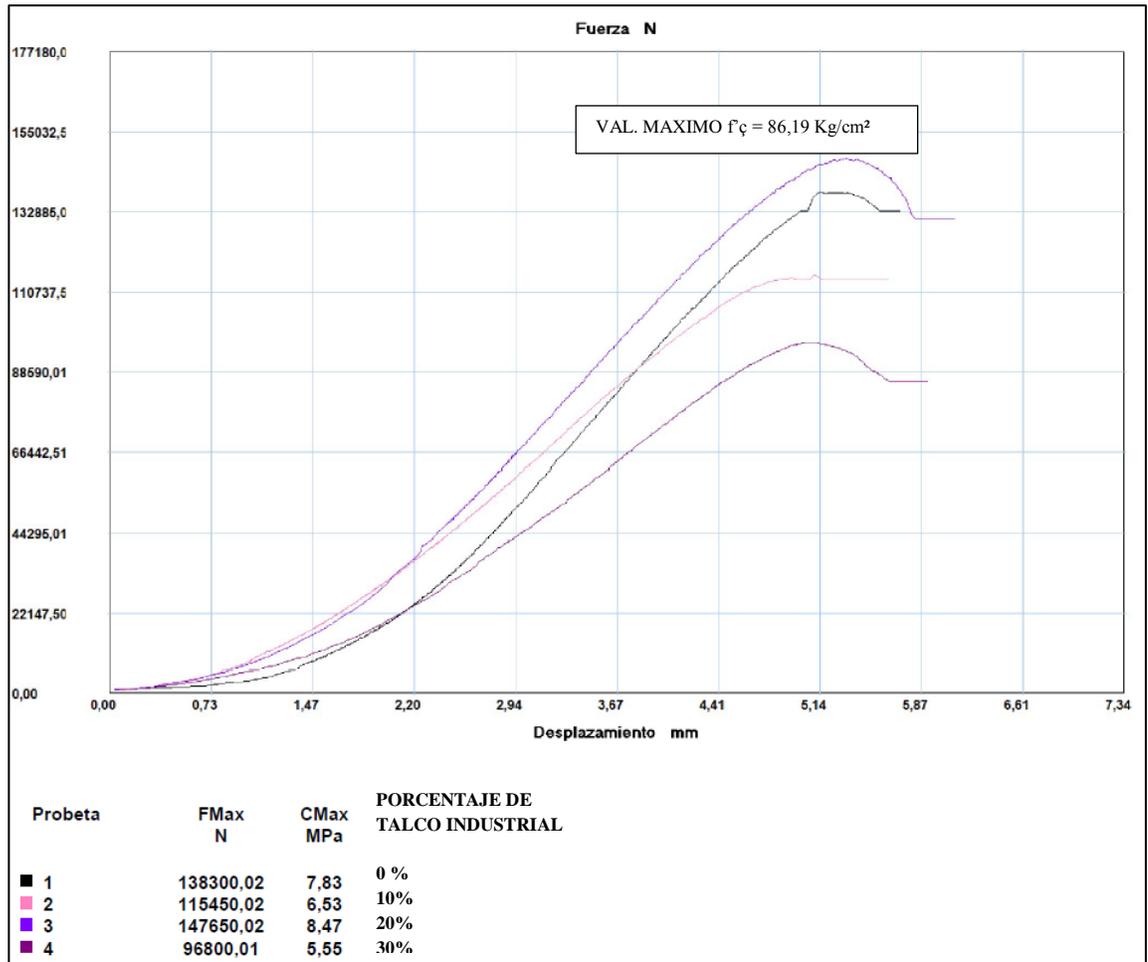
Fuente: Informe de resultados del Ensayo a compresión de testigos sometidos a choque térmico realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Grafico 12. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 700 °C.



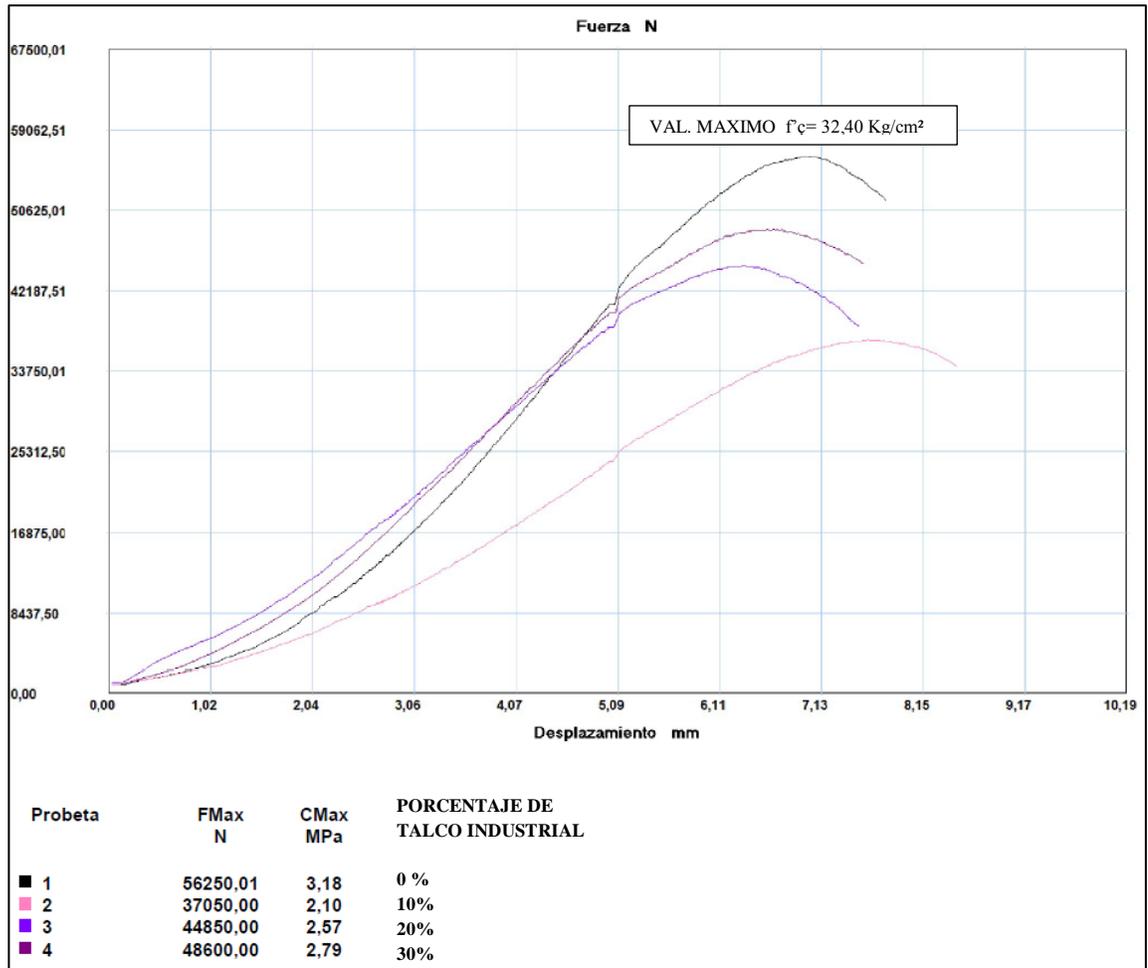
Fuente: Informe de resultados del Ensayo a compresión de testigos sometidos a choque térmico realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Grafico 13. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 900 °C.



Fuente: Informe de resultados del Ensayo a compresión de testigos sometidos a choque térmico realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Grafico 14. Curvas de Fuerza vs. Desplazamiento de testigos sometidos a tratamiento térmico de 1100 °C.



Fuente: Informe de resultados del Ensayo a compresión de testigos sometidos a choque térmico realizado en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

De las gráficas anteriores de resistencia residual a compresión de los testigos sometidos a tratamiento térmico a diferentes temperaturas, se observa que la mezcla 3 o bien la mezcla con 20% de remplazo del agregado fino por talco industrial, es la que mejores resultados presenta, exceptuando en el tratamiento térmico de 1100 °C, donde se observa que la mezcla de hormigón tradicional es mayor que el resto de mezclas tomando en cuenta que todas las resistencias son inferiores al 15% de la resistencia de diseño.

4.3 Verificación de la hipótesis

A partir la hipótesis: La adición del talco industrial como remplazo parcial del agregado fino influye en la resistencia a compresión del concreto expuesto a fuego se ha concluye que:

- En los testigos sometidos a una temperatura de 500°C, las mezclas con el 10% y 20% de talco industrial, poseen un incremento de resistencia a compresión residual mayor a la del hormigón tradicional.
- En los testigos sometidos a una temperatura de 700°C y 900°C, las mezclas con el 10% de talco industrial, se observó un decrecimiento de la resistencia a compresión residual y en las mezclas con 20% de talco industrial, poseen un incremento de resistencia a compresión residual mayor a la del hormigón tradicional.
- En los testigos sometidos a una temperatura de 1100°C, estos poseen un decrecimiento de la resistencia a compresión residual en todas las mezclas, esto podría ser causado porque el talco industrial se acercó a su temperatura de fusión.
- En los testigos con 30% de talco industrial, de, estos poseen un decrecimiento de la resistencia a compresión residual en todas las mezclas.
- Un mejores resultados en de los testigos con un 20% de talco industrial a las temperaturas de 500°C, 700°C y 900°C.

CAPÍTULO V:

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La resistencia a compresión residual del concreto expuesto a fuego, elaborado a base de talco Industrial como remplazo parcial del agregado fino en 10%- 20%- 30%, muestran incrementos del 20% en relación al hormigón sin remplazo del agregado fino, en las temperaturas de 500°C-700°C-900°C.
- Se observa que el la resistencia a compresión en testigos con 10% talco industrial utilizado como remplazo parcial del agregado fino, mejora en un 6%.
- Se observa que el la resistencia a compresión en testigos con 20% talco industrial utilizado como remplazo parcial del agregado fino, mejora en un 12.54%.
- Se observa que el la resistencia a compresión en testigos con 30% talco industrial utilizado como remplazo parcial del agregado fino, mejora en un 20.78%.
- En las mezclas con sustitución de agregado fino por talco industrial en 10%- 20%-30% y la mezcla sin sustitución, la resistencia a compresión baja con una temperatura de 1100°C.
- Al comparar la facilidad de moldeabilidad de las mezclas se ha observado que la plasticidad del hormigón tradicional es menor a la del hormigón con talco industrial como remplazo parcial del agregado fino, lo cual puede ser atribuido a su módulo de finura.
- De las lecturas de asentamientos de los hormigones con adición de talco industrial y hormigón sin adición, se verifica que todas tienen una consistencia blanda.
- Durante el fraguado inicial la perdida de agua por exudación en todas las mezclas con talco fue menor a la del hormigón sin talco industrial, lo cual se podría atribuir a la eliminación de la capilaridad por la presencia de partículas de talco presente en estos espacios.
- Al extraer del horno industrial las probetas con remplazo parcial del agregado fino por talco industrial después de un cambio brusco de temperatura, se observó que las probetas no presentan fisuración superficial
- Al extraer del horno industrial las probetas sin remplazo del agregado fino por talco industrial, después de ser sometidas a un cambio brusco de temperatura de 1100°C, se observó que las probetas presentan desconchamiento.

- Al alcanzar una temperatura de 500°C el hormigón sin remplazo parcial del agregado fino por talco industrial cambio su coloración gris por rosa, el hormigón sufrió una fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial.
- En las temperaturas de 700°C y 900°C el hormigón sin remplazo parcial del agregado fino por talco industrial cambio su coloración gris por gris claro, el hormigón tradicional sufrió una descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento.
- Con la temperatura de 1100°C el hormigón sin remplazo parcial del agregado fino por talco industrial como en las mezclas con 10%-20%-30% de remplazo cambiaron su coloración gris por blanco amarillento, estas sufrieron descarbonatación avanzada y pérdida de masa.
- Del ensayo de compresión posterior al tratamiento térmico, se observa que la fractura típica de las probetas con talco industrial es una fisura en el centro de la probeta o falla tipo 3 (fisuración a 45°), por otra parte en las probetas de hormigón tradicional presentas una fisuración tipo 5 (fisuración longitudinal) según la norma NTE INEN 1573: 2010.

5.2 Recomendaciones

- Se debería gestionar la adquisición de un horno industrial para tratamientos térmicos para la facultad, este debe estar dotado de un controlador de subida y llegada de temperaturas, mayor capacidad de espacio interior, el cual no debe ser un horno de inducción, ya que los hornos de inducción no transmiten temperatura al hormigón.
- Promover en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato nuevas investigaciones acerca del choque térmico en el hormigón.
- Analizar la utilización de ceniza del talco industrial como sustituto del microsílíce para hormigón, por su alto contenido de sílice.
- Tener cuidado con el endurecimiento inicial en las mezclas con remplazo parcial del agregado fino por talco industrial.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

6 Bibliografía

- [1] E. d. J. Vidaud Quintana, «Adiciones al concreto y propiedades.,» 17 Enero 2014. [En línea]. Available: www.toolbase.org/Technology-Inventory/whole-house-systems/cement-substitutes. [Último acceso: 03 2017].
- [2] P.Kittl, G. Díaz y H. Alarcón, «DOSIFICACIÓN DE UN MORTERO REFRACTARIO CEMENTO-TALCO-CHAMOTA SOMETIDO A CHOQUE TÉRMICO,» IDEM, Departamento de Ingeniería de Materiales, Santiago, 1991.
- [3] P. Lorca Aranda, Julio 2014. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39340/Lorca%20-%20EFECTO%20DE%20LA%20ADICI%C3%93N%20DE%20HIDR%C3%93XIDO%20C%C3%81LCICO%20SOBRE%20MEZCLAS%20CON%20ALTA%20SUSTITUCI%C3%93N%20DE%20CEMENTO%20P...pdf?sequence=1>. [Último acceso: 15 04 2017].
- [4] QuimitNet, «CONOZCA LAS PROPIEDADES DEL TALCO INDUSTRIAL,» 03 2012. [En línea]. Available: www.quiminet.com/articulos/conozca-las-propiiedades-del-talco-industrial-2704025.htm. [Último acceso: 5 03 2017].
- [5] P. Montoya, A. Meseguera y F. Moran, Hormigon Armado, vol. 14va Edicion, Gustavo Gili, p. 75.
- [6] CORO PAILLACHO MAYRA ESPERANZA, «TESIS: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA EN VIGAS DE HORMIGÓN, FABRICADO CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA CANTERA SAN ROQUE, PARA $f'c = 28$ MPa.,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2574/1/T-UCE-0011-89.pdf>. [Último acceso: 15 303 2017].
- [7] Bascoy, «Instituto del Cemento Portland Argentino,» [En línea]. Available: <http://www.actualizarmiweb.com/sites/icpa/publico/Presentacion%20Libro%20ATH/EI%20Hormigon%20Fresco%20-%20Ing%20Bascoy.pdf>. [Último acceso: 22 05 2017].

- [8] I. d. caminos, «idb,» 04 2010. [En línea]. Available: <http://www.ingeniero-de-caminos.com/2010/04/exudacion-del-hormigon.html>. [Último acceso: 23 05 2017].
- [9] U. C. d. Norte, «Universidad Central del Norte,» [En línea]. Available: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/propT7.htm>.
- [10] 360grados, «360grados en concreto,» [En línea]. Available: <http://360gradosblog.com/index.php/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>.
- [11] T. E. HARSÉN, «Diseño de estructuras de concreto armado,» Pontificia Universidad Católica Del Perú, Perú, 2002.
- [12] E. G. NAWY, Concreto Reforzado, New Jersey: Prentice-Hall.
- [13] INEN, Requisitos de Diseño del Hormigón Armado, Quito, 2001.
- [14] INSTITUT DE PROMOCIO CERAMICA, «IPC,» INSTITUT DE PROMOCIO CERAMICA, 25 ENERO 2004. [En línea]. Available: www.ipc.org.es. [Último acceso: ABRIL 2017].
- [15] J. R. Serrano Chiluisa, *HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA ($f'_c=50\text{Mpa}$) UTILIZANDO AGRAGADOS DEL SECTOR DE PIFO Y CEMENTO ARMADURO ESPECIAL-LAFARGE*, QUITO: Repositorio Tesis Universidad central Del Ecuador, 2017.
- [16] M. A. Julián Fabra, *CARACTERIZACIÓN DE POLIPROPILENO TÉCNICO MODIFICADO CON TALCO PARA SU USO EN PARACHOQUES*, VALENCIA: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2013-14.
- [17] N. I. 1. (. (. E. D. NORMALIZACIÓN), «HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRAULICO. ELABORACION CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES PARA ENSAYO». ECUADOR Patente 1576, 01 2011.
- [18] A. M. Rojas Torres, «Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia a compresión,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [19] WIKIPEDIA, «Ensayo de materiales,» WIKIPEDIA, 29 09 2016. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_materiales. [Último acceso: 22 03 2017].

- [20] A. PINTO, «INGENIERIA REAL.COM,» CREATIVE COMMONS, 2002. [En línea]. Available: <http://ingenieriareal.com/tipos-de-deformaciones-en-el-hormigon/>.
- [21] M. ING. GARZÓN, «Investigacion sobre el Modulo de Elasticidad del Hormigón,» de *Metodo de diseño de mezclas desarrollado por el Laboratorio de Ensayo de materiales de la Universidad Central del Ecuador, tomado del Seminario de Graduacion*, Quito, 2010.
- [22] M. ANERO CARCAMO, «RECERCAT; Técnicas de investigación de Incendios,» SEPTIEMBRE 2007. [En línea]. Available: <http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/5372/PFCAnero.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 2017].
- [23] L. Vega Catalan y M. Burón Maestro, «Seguridad frente al fuego de las Estructuras de Hormigón.,» *Hormigon*, vol. vol. 8, n° 899, pp. 44-51, 2007.
- [24] Pavez, «Comportamiento del hormigon ante incendio,» *BIT*, vol. 2, n° 79, pp. 41-49, 2011.
- [25] E. C. d. I. Garavito" y L. d. Producción, «www.escuelaring.edu.co,» 02 2008. [En línea]. Available: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/1537_tratamientostermicosr2.pdf. [Último acceso: 2017].
- [26] a) Nora E. Hipedinger, Esteban F. b) Aglietti, Alberto N. Scian y c) Claudio G. Rocco, «CHOQUE TERMICO DE HORMIGONES REFRACTARIOS DE CORDERITA CON DISTINTAS LIGAS,» CONAMET; Centro de Tecnologia de recursos Minerales y Ceramica, M.B. Gonnet, Argentina, La plata, 2008.
- [27] Eduardo Claros, «PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO,» 360 Gradosenconcreto, 12 10 2012. [En línea]. Available: www.blog.360gradosenconcreto.com/propiedades-de-resistencia-del-concreto-frente-al-fuego/. [Último acceso: 22 Febrero 2017].
- [28] Ingeniería de la Crisis, «Ingenioeria de la Crisis,» Ingenioeria de la Crisis, 02 05 2012. [En línea]. Available: www.ingenierodelacrisis.wordpress.com/2012/05/02/el-fuego-vs-las-estructuras-de-hormigon-enemigos/. [Último acceso: 24 02 2017].

- [29] Plataforma Europea del Hormigón, «SEGURIDAD Y PROTECCION COMPLETA FRENTE AL FUEGO CON HORMIGON,» *Plataforma Europea del Hormigón*, nº 916, p. 40, 07 2008.
- [30] NTE INEN 856 (2010) (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION), «ÁRIDOS, DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO». ECUADOR Patente 856, 03 02 2010.
- [31] NTE INEN 696 (2011) (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION), «ÁRIDOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO». ECUADOR Patente 696, 03 02 2010.
- [32] NTE INEN 857 (2010) (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION), «ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO». ECUADOR Patente 857, 03 10 2010.
- [33] NTE INEN 858 (2010) (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION), «ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS». ECUADOR Patente 858, 10 03 2010.
- [34] PREZI, «Materias Primas Naturales y Artificiales,» Nathally Giovanna Caro Valencia , 28 05 1015. [En línea]. Available: <https://prezi.com/lhcjgodceyp/materias-primas-naturales-y-artificiales/>. [Último acceso: 10 03 2017].
- [35] UNIOVI, «HORMIGON,» 2014. [En línea]. Available: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema8.Materiales.Construccion.Hormigon.pdf>. [Último acceso: 17 03 2017].
- [36] 360 gradosenconcreto, «PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL CONCRETO FRENTE AL FUEGO,» 19 10 2012. [En línea]. Available: <http://blog.360gradosenconcreto.com/propiedades-de-resistencia-del-concreto-frente-al-fuego/>. [Último acceso: 05 02 2017].

ANEXOS.

Anexo A: Imágenes de ensayos realizados



Imagen 8. Muestra de Arena en recipiente metálico para la determinación de sus propiedades granulométricas.



Imagen 9. Picnómetro utilizado para la determinación del contenido de humedad del agregado fino.



Imagen 10. Muestra de ripio sumergida para determinación de la densidad real del ripio.



Imagen 11. Llenado de cono de Abrams para chequeo de asentamiento de una de las mezclas desarrolladas..



Imagen 12. Medición del asentamiento de la mezcla de hormigón tradicional en el cono de Abrams..



Imagen 13. Cilindros de las diferentes mezclas etiquetados y sumergidos en la piscina de Curado.



Imagen 14. Preparación del espacio y colocación de probetas para el ensayo de tratamiento térmico con el Ing. Mecánico Esteban López en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.

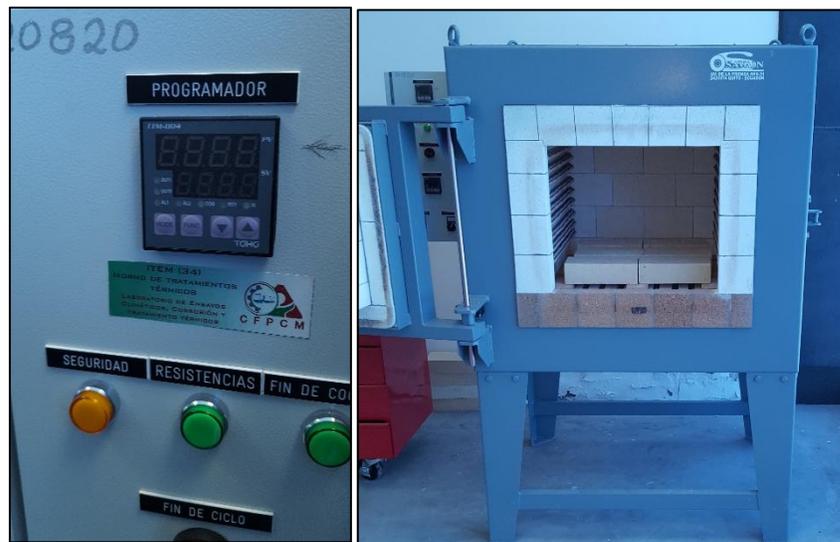


Imagen 15. Horno de tratamientos térmicos del laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.

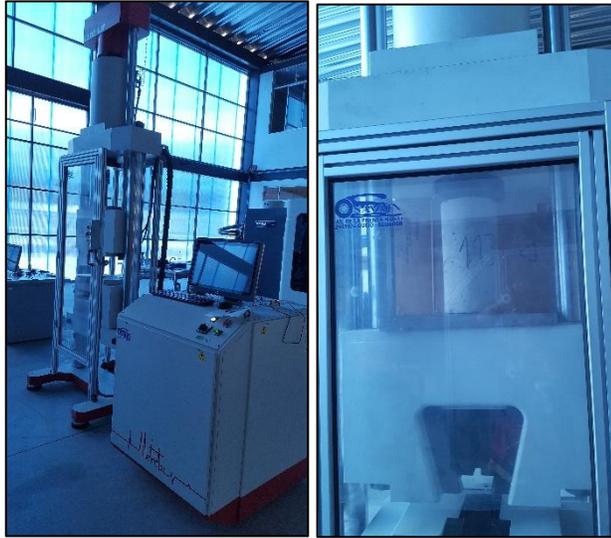


Imagen 16. Maquina universal METROTEC y Ceteo de la misma en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA, para el ensayo de compresi3n de hormig3n.

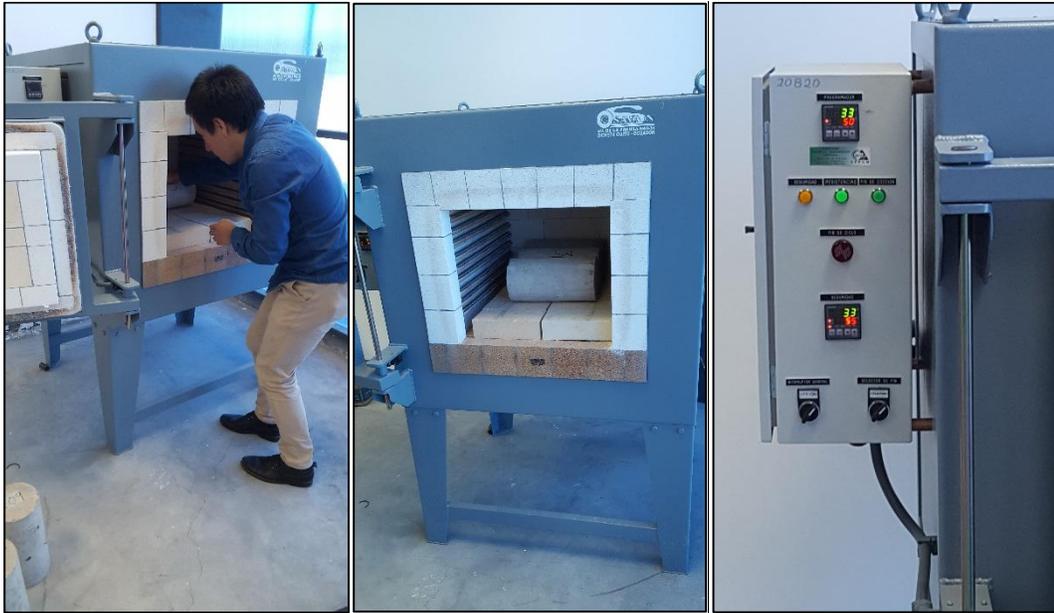


Imagen 17. Colocado de probetas en el interior del Horno de tratamientos t3rmicos del laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA y programaci3n del control de temperatura.



Imagen 18. Tanque de recirculación de agua; para el choque térmico de las probetas.



Imagen 19. Medición de la temperatura interna inicial del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.



Imagen 20. Choque térmico de probeta a 500 °C.



Imagen 21. Colocación de probeta después del choque térmico en la maquina universal METROTEC y Ceteo de la misma en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA, para el ensayo de compresión de hormigón.



Imagen 22. Extracción de probetas del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA a una temperatura de 700°C.



Imagen 23. Fractura típica de las cuatro diferentes mezclas.



Imagen 24. Controlador de temperatura alcanzando la temperatura de 1100 °C.



Imagen 25. Apertura a 1100 °C del Horno de tratamientos térmicos con Pirómetro en el laboratorio de Ensayo de Materiales del CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO METALMECANICO CARROCERO del HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.



Imagen 26. Probeta a 1100 °C antes del choque térmico con agua a temperatura ambiente.

Anexo B: DOSIFICACIONES MAS COMUNES POR VOLUMEN DE MATERIALES DE ACUERDO AL USO QUE SE LE DARÁ AL HORMIGÓN.

Tabla 44. LA DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN DE LOS MATERIALES DE ACUERDO AL USO QUE SE LE DARÁ AL HORMIGÓN

LA DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN DE LOS MATERIALES DE ACUERDO AL USO QUE SE LE DARÁ AL HORMIGÓN				
USOS	Cemento Holcim Fuerte	Agua potable	Arena seca y limpia	Piedra
Plintos, Riostras, Columnas, Muros, Vigas, Losas	1 Saco de 50 Kg	25 litros	2 parihuelas al ras	2.5 parihuelas al ras
Contrapisos	1 Saco de 50 Kg	35 litros	3 parihuelas al ras	3.5 parihuelas al ras

Fuente: Holcim Ecuador, "Elaboración de hormigón con cemento Holcim"

Para la preparación de las dosificaciones anteriores se debe mencionar que fueron desarrolladas con parihuelas de: 40cm X 40 cm X 20cm.

De las dosificaciones en la tabla se obtiene que para Plintos, Riostras, Columnas, Muros, Vigas, Losas; se puede utilizar una proporción de 1:2:2.5 y para Contrapisos de 1:3:3.5, estas proporciones son de las más utilizadas en la elaboración de hormigón en nuestro país.

Anexo C: Informe de ensayo de Tratamientos Térmicos



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN
INFORME DE RESULTADOS N°: 180453915120170718-ECH

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2017_040
Empresa / Cliente: Sr. Daniel Eliecer Moreno de la Cruz.
RUC/C.I.: 1804539151001
Dirección: Av. Jácome Clavijo y Río Casanga.
Teléfono: 0995120288
E-MAIL: danielmorenodelacruz@gmail.com
Fecha de inicio de ensayo: 14 de agosto de 2017.
Designación del material: Hormigón.
Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los ensayos de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón de 16 testigos de un lote de 48, para el cual se realizaron pruebas preliminares para determinar las mejores condiciones de ensayo.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N° grupo	Identificación de grupo	Designación del material	Temperatura de horno (°C)	Número de probetas a ensayar
1	180453915120170718 – ECH 01	Hormigón	500	4
2	180453915120170718 – ECH 02	Hormigón	700	4
3	180453915120170718 – ECH 03	Hormigón	900	4
4	180453915120170718 – ECH 04	Hormigón	1100	4
TOTAL				16

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Analista Técnico Área de Diseño y Desarrollo CFPMC	Ing. Angel Balseca Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Fecha de entrega de Informe: Ambato, 16 de agosto de 2017.

N°. Factura: 001-002-000003056

Código: RG-RM-011
Fecha de Elaboración: 10-08-2017
Fecha de última aprobación: 16-08-2017
Revisión: 1

**INFORME DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE CILINDROS DE
HORMIGÓN**

Página 1 de 2



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de materiales.

Dirección: Ambato/Catigлата, Río de Janeiro y Toronto.

Código del Informe: 180453915120170718-ECH

Fecha de Finalización de Ensayo: 14 de agosto de 2017.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Método de ensayo: NTE INEN 1573:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

Equipo utilizado: Máquina Universal. Metrotec 1500 kN.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

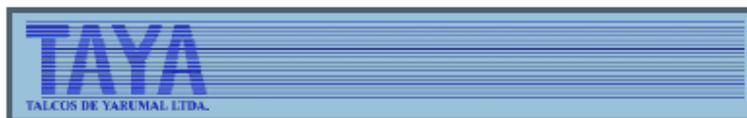
Ítem	Identificación de probeta	Diámetro (mm)	Área de la sección transversal (mm ²)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura de ensayo del hormigón (°C)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Tipo de fractura
1	180453915120170718 – ECH 01-1	149	17436,625	20	113	164,50	9,43	Tipo 5
2	180453915120170718 – ECH 01-2	149	17436,625	21	41	181,80	10,29	Tipo 3
3	180453915120170718 – ECH 01-3	150	17671,459	20	46	184,00	10,41	Tipo 3
4	180453915120170718 – ECH 01-4	150	17671,459	20	52	106,35	6,02	Tipo 3

Ítem	Identificación de probeta	Diámetro (mm)	Área de la sección transversal (mm ²)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura de ensayo del hormigón (°C)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Tipo de fractura
5	180453915120170718 – ECH 02-1	150	17671,459	22	110	160,15	9,06	Tipo 5
6	180453915120170718 – ECH 02-2	150	17671,459	21	120	134,55	7,61	Tipo 3
7	180453915120170718 – ECH 02-3	150	17671,459	20	85	184,75	10,60	Tipo 3
8	180453915120170718 – ECH 02-4	150	17671,459	19	90	118,80	6,72	Tipo 3

Ítem	Identificación de probeta	Diámetro (mm)	Área de la sección transversal (mm ²)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura de ensayo del hormigón (°C)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Tipo de fractura
9	180453915120170718 – ECH 03-1	149	17436,625	20	176	138,30	7,83	Tipo 5
10	180453915120170718 – ECH 03-2	150	17671,459	24	195	115,45	6,53	Tipo 3
11	180453915120170718 – ECH 03-3	150	17671,459	24	237	147,65	8,47	Tipo 3
12	180453915120170718 – ECH 03-4	150	17671,459	24	218	96,80	5,55	Tipo 3

Ítem	Identificación de probeta	Diámetro (mm)	Área de la sección transversal (mm ²)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura de ensayo del hormigón (°C)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Tipo de fractura
13	180453915120170718 – ECH 04-1	149	17436,625	23	178	56,25	3,18	Tipo 5
14	180453915120170718 – ECH 04-2	150	17671,459	23	164	37,05	2,10	Tipo 3
15	180453915120170718 – ECH 04-3	149	17436,625	22	72	44,85	2,57	Tipo 3
16	180453915120170718 – ECH 04-4	150	17671,459	23	110	48,60	2,79	Tipo 3

Anexo D: Ficha Técnica del Talco Industrial TY - 400.



FICHA TÉCNICA

TALCO TY-400

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Mineral de talco de color blanco, en polvo con una granulometría menor a malla 400.

DESCRIPCIÓN QUÍMICA:

Silicato de Magnesio Hidratado químicamente inerte.

PROPIEDADES FÍSICAS:

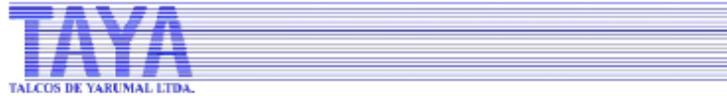
MALLA	RETENIDO
Malla 400 (37 μm)	0.5%
Malla 500 (25 μm)	4.0%

Diámetro promedio en μm	8.5 1.0
% de humedad	< 0.5
Pérdida por ignición	5.0 0.5
Absorción de aceite	30.0 2.0
PH	8.5 - 9.5
Gravedad específica	2.75 en roca - 0.8 en polvo
Punto de fusión	1530 C

COMPOSICIÓN QUÍMICA: $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

COMPONENTE	PORCENTAJE
Magnesio (MgO)	29.01%
Silice Total (SiO_2)	55.40%
Hierro Total (Fe_2O_3)	5.30%
Calcio (CaO)	2.54%
Aluminio (Al_2O_3)	2.10%

Camera 55 No. 29 B-14 Zona Industrial de Belén - PBX: 235 44 88 Fax: 265 91 22 - A.A. 1124 Medellín
Planta: Km. 108 - Carretera a la Costa, Yarumal (Ant.) - Teléfono: (4) 887 10 61
E-mail: comercioataya@une.net.co - claudia.colorado@talcosdeyarumal.com



PRESENTACIÓN:

La presentación de nuestro producto es sacos de papel kraft de 40 Kg.

PROPIEDADES:

- El Talco es un mineral no metálico, químicamente inerte, lo cual significa que no interfiere en las reacciones químicas en que participan los componentes activos. Además el talco no se degrada debido a las condiciones ambientales, no se oxida.
- El Talco es el mineral más blando de la naturaleza, ocupando el primer lugar en la escala de Mohs. Esto significa menor desgaste en su maquinaria y mayor suavidad en su producto.
- El talco es blanco o de un tono claro, lo cual permite una eficaz y económica utilización de los pigmentos.
- El talco presenta partículas de forma laminar. Esta característica facilita el extendido, imprime resistencia y brinda una mayor tersura.

PINTURAS: La principal finalidad del Talco en las pinturas es conferir a éstas, cuerpo y consistencia. A continuación algunas propiedades que lo hacen ideal como pigmento extendedor:

- Es óptimo para la fabricación de vinilos tipo I y tipo II, en colores blancos y claros.
- Excelente fijación como relleno.
- Químicamente inerte, propiedad que le confiere estabilidad.
- Es muy blando y suave, lo que contribuye a una mínima abrasión en los equipos de proceso.
- Su hábito hojoso y laminar le da mejores propiedades de cobertura. Se extiende sobre la superficie en forma de escamas ayudando a prevenir el resquebrajamiento microscópico y a proporcionar mejor retención del color y protección contra la humedad.
- Las partículas de talco permanecen en suspensión en los vehículos de la pintura previniendo la sedimentación y facilitando la agitación de la misma.

Carrera 55 No. 29 B-14 Zona Industrial de Belén – PBX: 235 44 88 Fax: 265 91 22 - A.A. 1124 Medellín
Planta: Km. 108 – Carretera a la Costa, Yarumal (Ant.) – Teléfono: (4) 887 10 61
E-mail: comercialtaya@tune.net.co - claudia.colorado@taicosdeyarumal.com



- Además brinda una mejor dispersión de otros pigmentos, proporcionando una capa de pintura densa.
- Contribuye a proporcionar propiedades reológicas, tales como: Buena brochabilidad, fluidez, poder de recubrimiento, viscosidad.
- El Talco también proporciona a la pintura propiedades tales como: Resistencia, flexibilidad, poder de adhesión y durabilidad, ya que mejoran la resistencia de la película de pintura a la humedad y previenen su cambio de nivel por resquebrajamiento.
- Los Talcos de más alta pureza imparten un efecto mate que puede usarse para controlar el brillo (buen lustre) de los esmaltes.

El Talco es igual o superior a otros pigmentos de extensión en cuanto a su resistencia a los agentes corrosivos.

Consuma Talco, asegúrese de que no esté indebidamente mezclado con carbonatos y que el contenido de minerales asociados sea mínimo.
TALCOS DE YARUMAL LTDA. trabaja con sus propias materias primas, lo que garantiza pureza a su producto final.

"CALIDAD POR ENCIMA DE TODO "

Carretera 55 No. 29 B-14 Zona Industrial de Belén – PBX: 235 44 86 Fax: 265 91 22 - A.A. 1124 Medellín
Planta: Km. 108 – Carretera a la Costa, Yarumal (Ant.) – Teléfono: (4) 887 10 61
E-mail: comerciataya@une.net.co - claudia.colorado@talcosdeyarumal.com