



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS
**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS
TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO:
POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Castro Montoya, Diana Vanessa

Asesora:

Dra. Sotomayor Nunura, Gioconda del Socorro

Línea de Investigación:

Desarrollo de Nuevos Materiales

Pimentel-Perú

2019

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS
TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO:
POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

Aprobado por:

Dra. Sotomayor Nunura Gioconda del Socorro
Asesor

Dr. Ing. Coronado Zuloeta Omar
Presidente de jurado

M.Sc. Ing. Ballena del Río Pedro Manuel
Secretario de jurado

Mg. Ing. Idrogo Pérez César Antonio
Vocal de jurado

DEDICATORIA

A mis queridos padres: Alfredo y Derly; por ser los mejores maestros de vida. Por sus sacrificios, esfuerzos y estímulos constantes durante este proceso formativo para alcanzar mis objetivos y metas propuestas.

A mis hermanas, Sandra y Milagros, por ser mis compañeras de vida y alentar y colaborar en todo momento.

A mis queridos abuelitos; Francisco Castro, Bertha Castro, Segundo Montoya y Martina Soto, por contribuir a mi crecimiento y desarrollo personal con su ejemplo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser guía espiritual y emocional durante mi etapa universitaria.

A mis padres y hermanas, por su ejemplo de constante estudio, sacrificio y perseverancia que me ha motivado para lograr exitosamente este sueño.

A mi Director de Escuela, Ing. Omar Coronado Zuloeta; al Técnico del Laboratorio de Ensayo de Materiales, Wilson Olaya Aguilar; a la Dra. Ana María Guerrero Millones, por las facilidades y conocimientos académicos brindados en la culminación de la investigación.

A los ingenieros Noé Humberto Marín Bardales y Boris Enrique Oblitas Gastelo, y al técnico Carlos Orellana por brindarme su tiempo, comprensión, asesoramiento e impulsarme a continuar y cumplir con mi objetivo final.

A mis familiares, compañeros y amigos, que contribuyeron moralmente y con total desinterés en el desarrollo de mi tesis de investigación.

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON
MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**
**THE CONCRETE BEHAVIOR AT HIGH TEMPERATURES WITH RECYCLED
MATERIAL: RUBBER AND GLASS POWDER CALCIUM SODIUM**

RESUMEN

Diana Vanessa Castro Montoya¹

Pese a que el concreto es uno de los elementos más versátiles en la construcción, factores como elevadas temperaturas podrían causar problemas en su funcionalidad interna y externa; por lo que el objetivo de esta investigación es elaborar un diseño de mezcla de concreto empleando en su composición material reciclado, caucho proveniente de neumáticos en desuso y vidrio sódico cálcico procedente de envases comunes de botellas, como reemplazo parcial del agregado fino, con el fin de obtener resultados experimentales que permitan analizar su comportamiento ante el fuego.

Para esta investigación experimental – tecnológica, se elaboraron dos grupos de testigos de concreto de $f'c$ de 210 kg/cm² y 280 kg/cm² con 10, 20 y 30 % de sustitución de agregado fino. Un grupo fue destinado a ensayos necesarios para determinar el comportamiento físico y mecánico en un período de 7, 14, 21 y 28 días de curado. Y el otro, a la evaluación del comportamiento a altas temperaturas en 15, 30 y 60 minutos a una edad de curado de 28 días; haciendo uso de un horno artesanal con la ayuda de un controlador y sensor de temperatura, siendo un termostato y una termocupla tipo K respectivamente.

Para ambas resistencias, el mejor resultado fue obtenido por el diseño patrón con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico.

Palabras clave: *concreto, comportamiento, temperatura, caucho, vidrio sódico cálcico.*

¹ Adscrita a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: CMONTOYAD@crece.uss.edu.pe

THE CONCRETE BEHAVIOR AT HIGH TEMPERATURES WITH RECYCLED MATERIAL: RUBBER AND GLASS POWDER CALCIUM SODIUM

ABSTRACT

Diana Vanessa Castro Montoya²

Despite the fact that the concrete is one of the most versatile in the construction, factors such as high temperatures could cause problems in your internal and external functionality. Today the industry requires of buildings with great management of application in work and, above all, that present a high resistance to compression, so the objective of this research is to develop a concrete mix design using recycled material in its composition, rubber from tires in disuse and Calcium Sodium glass from common packaging of bottles, as a replacement for the fine aggregate for experimental results that allow to analyze their behavior before the fire.

This research is experimental, technology type, in which there were two groups of witnesses of concrete $f'c$ of 210 kg/cm² and 280 kg/cm² with 10, 20 and 30 % of substitution. One group was intended for tests necessary to determine the physical and mechanical behavior over a period of 7, 14, 21 and 28 days of curing. And the other to the evaluation of the behavior at high temperatures in 15, 30 and 60 minutes to an age of curing of 28 days; by making use of a craft oven with the help of a controller and temperature sensor, being a thermostat and a thermocouple type K respectively.

For both resistors, the best result was obtained by the design pattern with 30 % of replacement of Calcium Sodium glass.

Keywords: *concrete, behavior, temperature, rubber, glass Calcium Sodium.*

² Adscrita a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: CMONTOYAD@crece.uss.edu.pe

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	19
1.1. Realidad problemática	20
1.1.1. A nivel internacional.....	20
1.1.2. A nivel nacional.....	22
1.1.3. A nivel local.....	27
1.2. Antecedentes de estudio.....	32
1.2.1. A nivel internacional.....	32
1.2.2. A nivel nacional.....	34
1.2.3. A nivel local.....	36
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	37
1.3.1. Caucho.....	37
1.3.2. Vidrio sódico cálcico.....	39
1.3.3. Comportamiento del concreto a altas temperaturas.....	40
1.3.4. Impacto Ambiental.....	47
1.3.5. Seguridad y Salud ocupacional.....	48
1.3.6. Gestión de riesgos y prevención de desastres.....	48
1.3.7. Estimación de costos.....	49
1.3.8. Normativa empleada.....	50
1.3.9. Estado del arte.....	56
1.3.10. Definición de términos.....	58
1.4. Formulación del problema.....	60
1.5. Justificación e importancia del estudio.....	60
1.5.1. Justificación tecnológica.....	60
1.5.2. Justificación social.....	61
1.5.3. Justificación ambiental.....	61
1.5.4. Justificación económica.....	61
1.6. Hipótesis.....	62
1.7. Objetivos.....	62
1.7.1. Objetivo general.....	62
1.7.2. Objetivos específicos.....	62
II. MATERIAL Y MÉTODO	63
2.1. Tipo y diseño de investigación	64
2.1.1. Tipo de investigación.....	64
2.1.2. Diseño de investigación.....	64
2.2. Población y muestra.....	64
2.2.1. Población.....	64
2.2.2. Muestra.....	64
2.2.3. Muestreo de ensayos.....	65
2.3. Variables, operacionalización.....	66
2.3.1. Operacionalización de variables.....	67

2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	69
2.4.1.	Técnica de recolección de datos.	69
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.	69
2.5.	Procedimiento de análisis de datos.	72
2.5.1.	Diagrama de flujo de procesos.	72
2.5.2.	Descripción de procesos.	73
2.6.	Criterios éticos	96
2.6.1.	Sub Capítulo I: DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD	96
2.6.2.	Sub Capítulo II: DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO	96
2.6.3.	Sub Capítulo III: DE LA COMPETENCIA Y	
	PERFECCIONAMIENTO DE PROFESIONAL	97
2.6.4.	Sub Capítulo IV: DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD	97
2.6.5.	Sub Capítulo V: DE LA CONCERTACIÓN DE LOS SERVICIOS	97
2.6.6.	Sub Capítulo VI: DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS	97
2.6.7.	Sub Capítulo VII: DE LAS RELACIONES CON EL PERSONAL	97
2.6.8.	Sub Capítulo VIII: DE LA RELACIÓN CON LOS COLEGAS	98
2.7.	Criterios de rigor científico	98
2.7.1.	Validez interna.	98
2.7.2.	Validez externa.	98
2.7.3.	Objetividad.	98
2.7.4.	Fiabilidad	98
III.	RESULTADOS	99
3.1.	Resultados en tablas y figuras.	100
3.1.1.	Composición química de materiales.	100
3.1.2.	Análisis de ensayos de agregados.	102
3.1.3.	Diseño de mezclas patrón de concreto.	113
3.1.4.	Diseño de mezclas de concreto con caucho y vidrio sódico cálcico.	115
3.1.5.	Comportamiento físico y mecánico de concreto patrón y con materiales reciclados.	118
3.1.6.	Propuesta económica del diseño de mezclas de concreto con caucho y con vidrio sódico cálcico.	142
3.2.	Discusión de resultados	146
3.2.1.	Composición química de materiales.	146
3.2.2.	Análisis de los ensayos de los agregados.	146
3.2.3.	Diseño de mezclas patrón de concreto.	147
3.2.4.	Diseño de mezclas de concreto con caucho y vidrio sódico cálcico.	147
3.2.5.	Comportamiento físico y mecánico de concreto patrón y con materiales reciclados.	148
3.2.6.	Propuesta económica del diseño de mezclas de concreto con caucho y con vidrio sódico cálcico.	150
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
4.1.	Conclusiones.	153
4.2.	Recomendaciones.	154
	REFERENCIAS	155
	ANEXOS	163

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EN EL PERÚ SE PRODUCEN CERCA DE 23,000 TONELADAS DE BASURA DIARIA, SEGÚN SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET.	23
FIGURA 2. COMPOSICIÓN POR GRUPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS, 2015.....	24
FIGURA 3. COMPOSICIÓN POR GRUPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS, 2015.....	24
FIGURA 4. PRINCIPALES COMPONENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS, 2014 Y 2015.....	25
FIGURA 5. COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO DE LOS RESIDUOS.	28
FIGURA 6. PLAN DE SEGREGACIÓN EN FUENTE Y RECOJO SELECTIVO.	29
FIGURA 7. CAUCHO PROVENIENTE DE LA EMPRESA OAKSPORT.....	31
FIGURA 8. RESULTADO DEL VIDRIO MOLIDO OBTENIDO A TRAVÉS DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN.....	31
FIGURA 9. ESQUEMA DE TEMPERATURA, COLOR Y DAÑO EN EL CONCRETO POR INCENDIO.	44
FIGURA 10. CAUSAS Y EFECTOS DE LAS PRINCIPALES MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS ESTRUCTURALES.....	45
FIGURA 11. CLASIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PELIGROS QUE OCURREN EN NUESTRO PAÍS.....	49
FIGURA 12. ESTIMACIÓN DE COSTOS.	50
FIGURA 13. CURVA TIEMPO- TEMPERATURA.....	55
FIGURA 14. CAUCHO RECICLADO (RUBCRETE).	56
FIGURA 15. FIBRAS DE VIDRIO (GFRC).	57
FIGURA 16. DISTINTAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EXISTENTES EN EL MERCADO.	58
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.	72
FIGURA 18. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CANTERA LA VICTORIA, PÁTAPO, LAMBAYEQUE.....	73
FIGURA 19. LAVADO DE MUESTRA DE AGREGADO FINO EN LA MALLA N.º 200.	75
FIGURA 20. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO.....	76
FIGURA 21. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO.	76
FIGURA 22. GRANULOMETRÍA DE CAUCHO.	77
FIGURA 23. INGRESO DE ENVASES DE VIDRIO A LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES PARA SU TRITURACIÓN Y MOLIENDA.	77
FIGURA 24. TAMIZADO DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO TRITURADO Y MOLIDO.	78
FIGURA 25. VACIADO DE MUESTRA DE AGREGADO FINO AL MOLDE DE PESO UNITARIO.....	79
FIGURA 26. ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PARA PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.	79
FIGURA 27. VACIADO DE MUESTRA DE AGREGADO GRUESO AL MOLDE DE PESO UNITARIO.	80
FIGURA 28. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	80
FIGURA 29. MUESTRA DE AGREGADO FINO DESPUÉS DE HABER SATURADO 24 HORAS.	81
FIGURA 30. SECADO DE AGREGADO FINO PARA OBTENER UNA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.	82
FIGURA 31. OBTENCIÓN DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO.	82
FIGURA 32. SECADO DEL AGUA DE LA SUPERFICIE DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO GRUESO.	83
FIGURA 33. MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO SUMERGIDA EN CANASTILLA CON AGUA.....	83
FIGURA 34. OBTENCIÓN DE PESO ESPECÍFICO DE CAUCHO.	84

FIGURA 35. SECADO DE VIDRIO PARA OBTENER UNA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.	84
FIGURA 36. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO DESPUÉS DE HABERSE SOMETIDO A SECADO POR 24 HORAS EN UN HORNO.	85
FIGURA 37. MUESTRA DE AGREGADO GRUESO SECADA POR 24 HORAS EN UN HORNO.	86
FIGURA 38. MUESTRA DE CAUCHO SECADA POR 24 HORAS EN UN HORNO.	86
FIGURA 39. MUESTRA DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO SECADA POR 24 HORAS EN UN HORNO.	86
FIGURA 40. MUESTRA DE PIEDRA DESPUÉS DE SER ENSAYADA EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.	87
FIGURA 41. AGREGADO GRUESO TAMIZADO POR LA MALLA N° 12.	87
FIGURA 42. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS PATRÓN.	88
FIGURA 43. ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.	89
FIGURA 44. PRUEBA DE ASENTAMIENTO CON EL CONO DE ABRAMS.	90
FIGURA 45. TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO.	90
FIGURA 46. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO EN LA MEZCLA DE CONCRETO.	91
FIGURA 47. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO.	92
FIGURA 48. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.	92
FIGURA 49. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO.	93
FIGURA 50. HORNO ARTESANAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.	94
FIGURA 51. MODELO DE TERMOCUPLA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN.	95
FIGURA 52. INTRODUCCIÓN Y EXPOSICIÓN AL FUEGO DE MUESTRAS DE CAUCHO.	95
FIGURA 53. INTRODUCCIÓN Y EXPOSICIÓN AL FUEGO DE MUESTRAS DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.	96
FIGURA 54. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO.	102
FIGURA 55. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO.	103
FIGURA 56. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL CAUCHO.	104
FIGURA 57. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.	105
FIGURA 58. ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA CON SUSTITUCIÓN DE MATERIALES.	119
FIGURA 59. PESO UNITARIO FRESCO DEL CONCRETO PATRÓN Y CON SUSTITUCIÓN DE MATERIALES.	120
FIGURA 60. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO EN LA MEZCLA PATRÓN Y CON VIDRIO Y CAUCHO.	121
FIGURA 61. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO PATRÓN $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	123
FIGURA 62. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON 10% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	123
FIGURA 63. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON 20% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	124
FIGURA 64. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON 30% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	124
FIGURA 65. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON 10% DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	125
FIGURA 66. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON 20% DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	125

FIGURA 67. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=210$ KG/CM ² CON 20% DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	126
FIGURA 68. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL $f'c$ 210 CON Y SIN CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	127
FIGURA 69. COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS PARA $f'c= 210$ KG/CM ²	128
FIGURA 70. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO PATRÓN $f'c= 280$ KG/CM ² A LOS 7,14,21 Y 28 DÍAS.	128
FIGURA 71. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 10% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	129
FIGURA 72. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 20% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	129
FIGURA 73. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 30% DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	130
FIGURA 74. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 10 % DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	130
FIGURA 75. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 20 % DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	131
FIGURA 76. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL DISEÑO $f'c=280$ KG/CM ² CON 30 % DE CAUCHO A LOS 7, 14, 21 Y 28 DÍAS.	131
FIGURA 77. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL $f'c$ 280 CON Y SIN CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO. ...	132
FIGURA 78. COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS PARA $f'c= 210$ KG/CM ²	133
FIGURA 79. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON Y SIN CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO DE $f'c= 210$ KG/CM ² A A LOS 28 DÍAS, DESPUÉS DE HABER SIDO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS.....	137
FIGURA 80. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CON Y SIN CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO DE $f'c= 280$ KG/CM ² A A LOS 28 DÍAS, DESPUÉS DE HABER SIDO SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 EMPRESAS MUNDIALES DE RECICLADO DE LLANTAS.....	21
TABLA 2 ESTADÍSTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL NACIONAL-2018.....	22
TABLA 3 POTENCIALES PROVEEDORES DE CAUCHO EN EL PERÚ.	26
TABLA 4 POTENCIALES CLIENTES EN EL PERÚ.	27
TABLA 5 COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO.	28
TABLA 6 PRINCIPALES CENTROS DE ACOPIO Y RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO..	29
TABLA 7 PRECIOS DE COMPRA DE LOS RESIDUOS APROVECHABLES EN LOS CENTROS DE RECICLAJE DE LA CIUDAD DE CHICLAYO.	30
TABLA 8 USOS DEL CAUCHO.	37
TABLA 9 CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS SEGÚN TECNOLOGÍAS EMPLEADAS.	38
TABLA 10 EL CONCRETO COMO UN SISTEMA DE 5 COMPONENTES.	41
TABLA 11 TIPOS DE ADITIVOS QUÍMICOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 494.	43
TABLA 12 CLASIFICACIÓN DE FISURAS.....	46
TABLA 13 TIPOS DE CALCINACIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL.	46
TABLA 14 LOS PUNTOS DE LA CURVA ESTÁNDAR TIEMPO- TEMPERATURA QUE DETERMINAN SU CARÁCTER.....	55
TABLA 15 NÚMERO DE MUESTRAS CILÍNDRICAS SOMETIDAS A ENSAYOS DE COMPRESIÓN.	65
TABLA 16 NÚMERO DE MUESTRAS CILÍNDRICAS SOMETIDAS A ENSAYOS DE EXPOSICIÓN A FUEGO PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'c= 210 \text{ KG/CM}^2$	65
TABLA 17 NÚMERO DE MUESTRAS CILÍNDRICAS SOMETIDAS A ENSAYOS DE EXPOSICIÓN A FUEGO PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'c= 280 \text{ KG/CM}^2$	65
TABLA 18 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES.....	67
TABLA 19 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES.....	68
TABLA 20 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE.....	69
TABLA 21 DESCRIPCIÓN DE NORMAS UTILIZADAS PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.....	71
TABLA 22 PRODUCTOS OFERTADOS EN LA CANTERA LA VICTORIA.....	74
TABLA 23 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAUCHO GRANULADO PROVENIENTE DE NEUMÁTICOS EN DESUSO.	100
TABLA 24 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO PROVENIENTE DE ENVASES DE BOTELLAS.	101
TABLA 25 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGREGADO FINO Y MATERIALES REEMPLAZANTES.....	101
TABLA 26 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO POR TAMIZADO.	102
TABLA 27 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO POR TAMIZADO.	103
TABLA 28 GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL CAUCHO.....	104
TABLA 29 GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.	105
TABLA 30 PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO.....	106
TABLA 31 PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO.....	106
TABLA 32 PESO UNITARIO DEL CAUCHO.....	107
TABLA 33 PESO UNITARIO DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.	108
TABLA 34 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.	108

TABLA 35 <i>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.</i>	109
TABLA 36 <i>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CAUCHO.</i>	109
TABLA 37 <i>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	110
TABLA 38 <i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.</i>	110
TABLA 39 <i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.</i>	111
TABLA 40 <i>PESO ESPECÍFICO DEL CAUCHO.</i>	111
TABLA 41 <i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO</i>	112
TABLA 42 <i>PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.</i>	112
TABLA 43 <i>CONGLOMERADO DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.</i>	113
TABLA 44 <i>DISEÑO DE MEZCLA FINAL CONCRETO PATRÓN $F' C = 210 \text{ KG/CM}^2$.</i>	114
TABLA 45 <i>DISEÑO DE MEZCLA FINAL CONCRETO PATRÓN $F' C = 280 \text{ KG/CM}^2$.</i>	114
TABLA 46 <i>CONGLOMERADO DEL DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN 210 Y 280 KG/CM^2.</i>	115
TABLA 47 <i>PROPORCIONES EN PESO Y VOLUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F' C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	116
TABLA 48 <i>PROPORCIONES EN PESO Y VOLUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F' C = 280 \text{ KG/CM}^2$ CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	116
TABLA 49 <i>RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA 210 Y 280 KG/CM^2 CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	117
TABLA 50 <i>ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	118
TABLA 51 <i>PESO UNITARIO FRESCO DEL CONCRETO PATRÓN Y MEZCLA CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.</i>	119
TABLA 52 <i>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO EN LA MEZCLA PATRÓN Y CON CAUCHO Y VIDRIO.</i>	121
TABLA 53 <i>TEMPERATURA DEL CONCRETO PATRÓN Y CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO EN ESTADO FRESCO.</i>	122
TABLA 54 <i>RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS PARA EL DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIALES RECICLADO ($F' C=210 \text{ KG/CM}^2$).</i>	126
TABLA 55 <i>RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS PARA EL DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIALES RECICLADO ($F' C=280 \text{ KG/CM}^2$).</i>	132
TABLA 56 <i>DISEÑO $F' C=210 \text{ KG/CM}^2$ A 550-650 ° C, EN 15 MINUTOS</i>	134
TABLA 57 <i>DISEÑO $F' C=210 \text{ KG/CM}^2$ A 650-750 ° C, EN 30 MINUTOS.</i>	135
TABLA 58 <i>DISEÑO $F' C=210 \text{ KG/CM}^2$ A 750-850 ° C, EN 60 MINUTOS.</i>	136
TABLA 59 <i>RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS DEL DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIALES RECICLADOS SOMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS A LOS 28 DÍAS. ($F' C=210 \text{ KG/CM}^2$).</i>	137
TABLA 60 <i>DISEÑO $F' C=280 \text{ KG/CM}^2$ A 550-650 ° C, EN 15 MINUTOS.</i>	138
TABLA 61 <i>DISEÑO $F' C=280 \text{ KG/CM}^2$ A 650-750 ° C, EN 30 MINUTOS.</i>	139
TABLA 62 <i>DISEÑO $F' C=280 \text{ KG/CM}^2$ A 750-850 ° C, EN 60 MINUTOS.</i>	140
TABLA 63 <i>RESUMEN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS DEL DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIALES RECICLADOS SOMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS A LOS 28 DÍAS. ($F' C=280 \text{ KG/CM}^2$).</i>	141
TABLA 64 <i>COSTO POR 1 KG DE VIDRIO MOLIDO.</i>	142
TABLA 65 <i>COSTO UNITARIO DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO MOLIDO</i>	142
TABLA 66 <i>COSTO UNITARIO DEL CAUCHO TAMIZADO</i>	143

TABLA 67 COSTO POR M ³ DE CONCRETO DEL DISEÑO PATRÓN F'C=210 KG/CM ²	143
TABLA 68 COSTO POR M ³ DE CONCRETO DEL DISEÑO PATRÓN F'C=210 KG/CM ² CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO	144
TABLA 69 COSTO POR M ³ DE CONCRETO DEL DISEÑO PATRÓN DE F'C=280 KG/CM ²	144
TABLA 70 COSTO POR M ³ DE CONCRETO DEL DISEÑO F'C=280 KG/CM ² CON CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO	145

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	ANÁLISIS DOCUMENTAL	164
ANEXO 1.1.	FICHA TÉCNICA DEL CAUCHO	166
ANEXO 1.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	167
ANEXO 1.3.	FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I	168
ANEXO 2.	GUÍAS DE OBSERVACIÓN	169
ANEXO 2.1.	ENSAYOS DE AGREGADOS NATURALES.....	170
ANEXO 2.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	171
ANEXO 2.1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO	172
ANEXO 2.1.3.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	173
ANEXO 2.1.4.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.....	174
ANEXO 2.1.5.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	175
ANEXO 2.1.6.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	176
ANEXO 2.1.7.	ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES	177
ANEXO 2.1.8.	RESUMEN DE ANÁLISIS DE AGREGADOS	170
ANEXO 2.2.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	179
ANEXO 2.3.	PROPIEDADES FÍSICAS	183
ANEXO 2.3.1.	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	184
ANEXO 2.3.2.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	185
ANEXO 2.3.3.	CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO DEL CONCRETO	186
ANEXO 2.3.4.	TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	187
ANEXO 2.4.	PROPIEDADES MECÁNICAS	188
ANEXO 2.4.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO.....	189
ANEXO 2.4.2.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO	191
ANEXO 2.5.	PROPUESTA ECONÓMICA	192
ANEXO 3.	RESULTADOS.....	194
ANEXO 3.1.	ENSAYOS DE AGREGADOS.	195
ANEXO 3.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	196
ANEXO 3.1.1.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	196
ANEXO 3.1.1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.....	198
ANEXO 3.1.1.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CAUCHO	199
ANEXO 3.1.1.4.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO	200
ANEXO 3.1.2.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD.....	201
ANEXO 3.1.2.1.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.....	202
ANEXO 3.1.2.2.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO	203
ANEXO 3.1.2.3.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CAUCHO	204
ANEXO 3.1.2.4.	PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO	205
ANEXO 3.1.3.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN.....	206
ANEXO 3.1.3.1.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	207

ANEXO 3.1.3.2.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	206
ANEXO 3.1.3.3.	PESO ESPECÍFICO DEL CAUCHO	209
ANEXO 3.1.3.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO	210
ANEXO 3.1.4.	ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES	211
ANEXO 3.1.4.1.	ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES PARA EL AGREGADO GRUESO.....	212
ANEXO 3.2.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO	213
ANEXO 3.2.1.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN.....	214
ANEXO 3.2.1.1.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 210 \text{ KG/CM}^2$	215
ANEXO 3.2.1.2.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/CM}^2$	218
ANEXO 3.2.2.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 210 \text{ KG/C M}^2$ CON SUSTITUCIÓN	214
ANEXO 3.2.2.1.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	221
ANEXO 3.2.2.2.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	222
ANEXO 3.2.2.3.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	223
ANEXO 3.2.2.4.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	224
ANEXO 3.2.2.5.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	225
ANEXO 3.2.2.6.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	226
ANEXO 3.2.3.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/C M}^2$ CON SUSTITUCIÓN	227
ANEXO 3.2.3.1.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	227
ANEXO 3.2.3.2.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	227
ANEXO 3.2.3.3.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	227
ANEXO 3.2.3.4.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	231
ANEXO 3.2.3.5.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	232
ANEXO 3.2.3.6.	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN $F'C= 280 \text{ KG/CM}^2$ CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	227
ANEXO 3.3.	COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIAL RECICLADO	234
ANEXO 3.3.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DE CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIAL RECICLADO.....	235
ANEXO 3.3.1.1.	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	235
ANEXO 3.3.1.2.	PESO UNITARIO DEL CONCRETO.....	235
ANEXO 3.3.1.3.	CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO DEL CONCRETO.....	235

ANEXO 3.3.1.4.	TEMPERATURA DEL CONCRETO	235
ANEXO 3.3.2.	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PATRÓN Y CON MATERIAL RECICLADO	240
ANEXO 3.3.2.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIN SOMETER AL FUEGO	241
ANEXO 3.3.2.1.1.	DISEÑO F'C=210 KG/CM ²	242
ANEXO 3.3.2.1.1.1.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ²	242
ANEXO 3.3.2.1.1.2.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	242
ANEXO 3.3.2.1.1.3.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	242
ANEXO 3.3.2.1.1.4.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	242
ANEXO 3.3.2.1.1.5.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	242
ANEXO 3.3.2.1.1.6.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	242
ANEXO 3.3.2.1.1.7.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =210 KG/CM ² CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	242
ANEXO 3.3.2.1.1.8.	RESUMEN DE RESISTENCIAS DE DISEÑO 210 KG/CM ²	242
ANEXO 3.3.2.1.2.	DISEÑO F'C=280 KG/CM ²	251
ANEXO 3.3.2.1.2.1.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ²	251
ANEXO 3.3.2.1.2.2.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	251
ANEXO 3.3.2.1.2.3.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	251
ANEXO 3.3.2.1.2.4.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE VIDRIO SÓDICO CÁLCICO.....	251
ANEXO 3.3.2.1.2.5.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 10 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	251
ANEXO 3.3.2.1.2.6.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 20 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	251
ANEXO 3.3.2.1.2.7.	DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN F'C =280 KG/CM ² CON 30 % DE SUSTITUCIÓN DE CAUCHO	251
ANEXO 3.3.2.1.2.8.	RESUMEN DE RESISTENCIAS DE F'C =280 KG/CM ²	251
ANEXO 3.3.2.2.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SOMETIDO AL FUEGO.....	260
ANEXO 3.3.2.2.1.	DISEÑO F'C= 210 KG/CM ²	261
ANEXO 3.3.2.2.1.1.	DISEÑO F'C= 210 KG/CM ² , CON T= 15 MINUTOS Y T= 550-650° C.....	261
ANEXO 3.3.2.2.1.2.	DISEÑO F'C= 210 KG/CM ² , CON T= 30 MINUTOS Y T= 650-750° C.....	263
ANEXO 3.3.2.2.1.3.	DISEÑO F'C= 210 KG/CM ² , CON T= 60 MINUTOS Y T= 750-850° C.....	261
ANEXO 3.3.2.2.1.4.	RESUMEN DE RESISTENCIAS DE DISEÑO F'C= 210 KG/CM ²	265
ANEXO 3.3.2.2.2.	DISEÑO F'C= 280 KG/CM ²	266

ANEXO 3.3.2.2.2.1.	DISEÑO F'C= 280 KG/CM ² , CON T= 15 MINUTOS Y T= 550-650° C.....	266
ANEXO 3.3.2.2.2.2.	DISEÑO F'C= 280 KG/CM ² , CON T= 30 MINUTOS Y T= 650-750° C.....	267
ANEXO 3.3.2.2.2.3.	DISEÑO F'C= 280 KG/CM ² , CON T= 60 MINUTOS Y T= 750-850° C.....	268
ANEXO 3.3.2.2.2.4.	RESUMEN DE RESISTENCIAS DE DISEÑO F'C= 280 KG/CM ²	269
ANEXO 3.4.	PROPUESTA ECONÓMICA	270
ANEXO 3.4.1.	PROPUESTA ECONÓMICA DISEÑO F'C=210 KG/CM ²	271
ANEXO 3.4.2.	PROPUESTA ECONÓMICA DISEÑO F'C=280 KG/CM.....	271
ANEXO 4.	PANEL FOTOGRÁFICO	279
ANEXO 4.1.	CONSTRUCCIÓN DE HORNO ARTESANAL.....	280
ANEXO 4.2.	ELABORACIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO.....	281
ANEXO 4.3.	PROCESO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	282
ANEXO 4.4.	MUESTRAS EXPUESTAS A LOS 15 MINUTOS.....	284
ANEXO 4.5.	MUESTRAS EXPUESTAS A LOS 30 MINUTOS.....	285
ANEXO 4.6.	MUESTRAS EXPUESTAS A LOS 60 MINUTOS.....	285
ANEXO 4.7.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS SIN EXPONER AL FUEGO	286
ANEXO 4.8.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS EXPUESTAS AL FUEGO	286
ANEXO 4.9.	DAÑOS EN LAS MUESTRAS DE CONCRETO PRODUCIDOS POR LA EXPOSICIÓN AL FUEGO	287
ANEXO 4.10.	REGISTRO DE TEMPERATURAS ALCANZADAS CON LA TERMOCUPLA Y EL TERMOSTATO.....	288
ANEXO 5.	COSTO DE LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	289
ANEXO 6.	INFORMES DE LABORATORIO	291

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. A nivel internacional.

El último informe de la Asociación Internacional de Los Servicios de Bomberos y Salvamento, “**World Fire of Statistics**”, contiene las más recientes estadísticas de incendios a nivel mundial, fundamentándose en un estudio ejecutado a 39 países con datos de 1993 al 2016.

Los registros indican un promedio 3.7 millones de incendios por año; siendo los países con mayor tasa de incendios en el 2016, Estados Unidos con 1’342,000 y Francia con 285,661.

En referencia a los incendios ocasionados en estructuras, se registra aproximadamente un 35.5% del total, generando la muerte de alrededor de 14,394 personas. Estas estadísticas dejan claramente uno de los causantes de la tasa de mortalidad a nivel mundial. (**The Center of Fire Statistics, 2018**).

En las últimas décadas, el desarrollo de técnicas constructivas y de materiales empleados en la construcción ha ido evolucionando de manera acelerada. Dicha evolución, no ha sido ajena la Ingeniería de la Protección Contra Incendios, pues se han incrementado importantes avances en las técnicas del cálculo y diseño de sistemas de detección y protección, ajustándolos al comportamiento de nuevos materiales y de su conocimiento e introducción en la construcción.

Para muchos países, el manejo de residuos sólidos se ha convertido en un serio problema técnico, ambiental, económico y de salud pública. Este problema es reflejado en cierta preocupación por lograr un desarrollo sostenible ambiental, mediante la reducción, reutilización y reciclaje de estos desechos.

Precisamente uno de los residuos que genera gran impacto ambiental proviene la disposición final de los neumáticos en desuso. Generalmente este residuo es depositado botaderos de material estéril y/o son reencauchados o arrojados a la intemperie.

Países como Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, España y México cuentan con Planes de Gestión de Neumáticos Fuera de Uso, incentivando a la creación de plantas de trituración y granulación y empresas recicladoras, con la finalidad de reducir o eliminar los

impactos negativos de estos residuos sobre el ambiente y la población. (**Magallanes y Guillén, 2014**)

Llanos, Luján y Ponce (2016) mencionan cuatro empresas mundiales que aplican la iniciativa del reciclado de llantas, indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 1

Empresas mundiales de reciclado de llantas.

Empresa	País	Descripción
Tires Spa	China	Líder en construcción y suministro de plantas para el reciclaje de llantas en desuso y el triturado del mismo.
Good Year	Chile	Encargada del reciclado de las llantas por un tema de imagen.
Grupo Soledad	España	Encargada del reciclado de llantas por temas de responsabilidad social.
Uno Reciclaje	España	Encargada de crear proyectos de reciclaje por aproximadamente 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

Es así como en España, las mezclas de concreto recubiertas de goma con cemento de Pórtland, conocidas como Rubcrete, tratan de compuestos de cemento que incorporan caucho reciclado en general después de ser quemado, en forma de ceniza, caucho fino de miga, aunque también en forma de virutas.

Estas mezclas presentan características favorables como densidad más baja, una dureza más alta, una resistencia de impacto más alta, ductilidad, y un sonido más eficiente y el aislamiento de calor comparado al concreto convencional, lo cual es ventajoso para usos en la construcción y geotécnicos en los cuales la deformación en la carga máxima es una preocupación primaria. (**Avilés, 2006-2007**)

Ante la compresión, el concreto presenta muy buenas características, sin embargo, ofrece escasa resistencia a la tracción. Este inconveniente ha conducido a diversas investigaciones y desarrollos para optimizar las resistencias como intento de solución de esta carencia.

En búsqueda de un refuerzo que permita la composición de un material con excelentes prestaciones, se desarrollaron experiencias con otras fibras de refuerzo.

Algunas eran de origen orgánico, como nylon, rayón, polipropileno, etc.; otras de origen inorgánico, como vidrio, boro, carbono, etc. y también de origen metálico, como hierro, acero y aluminio.

Como resultado, la mejor relación costo-propiedades mecánicas la ostentan las fibras de vidrio ofreciendo una gran facilidad de trabajo y manejabilidad, conjugada con un carácter inocuo y seguro, otorgando a los materiales compuestos, generados por ellas; grandes resistencias mecánicas. (García, 2013)

1.1.2. A nivel nacional.

Los incendios en edificaciones sucedidos en nuestro país, con un número de víctimas significativo, son origen de creciente preocupación social, tal como se observa en la siguiente tabla, siendo un total de 8050 incendios producidos en lo que va del año.

Tabla 2

Estadística de emergencias atendidas a nivel nacional-2018.

ESTADISTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL NACIONAL													
TIPO DE EMERGENCIA - 2018													
TIPO DE EMERGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Incendios	1272	1017	1070	946	882	845	1045	973	0	0	0	0	8050
Fuga de gas licuado	547	476	543	549	468	479	480	446	0	0	0	0	3988
Emergencias medicas	5004	4681	5446	5150	5534	5264	6069	4576	0	0	0	0	41724
Rescates	395	351	429	358	325	435	398	338	0	0	0	0	3030
Derribo de productos	3	7	5	9	6	6	12	18	0	0	0	0	66
Corto circuito	248	213	241	241	243	225	244	216	0	0	0	0	1871
Servicios especiales	543	466	556	716	735	698	909	495	0	0	0	0	5118
Accidentes vehiculares	1267	1189	1347	1312	1306	1307	1363	1197	0	0	0	0	10288
Falsa alarma	287	282	284	276	255	233	243	240	0	0	0	0	2100
Otros	232	225	241	171	143	325	190	117	0	0	0	0	1644
TOTAL	9798	8907	10162	9728	9898	9817	10953	8616	0	0	0	0	77879

Estadísticas procesada el al %

Fuente: Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú. Recuperado de: http://www.bomberosperu.gob.pe/portal/net_estadistica.aspx

Entre los efectos que se suelen citar como causa de incendios con víctimas mortales está el comportamiento del concreto en sus diferentes diseños de mezcla, por ello

surge la iniciativa de incorporar en estas, materiales reciclados como el vidrio y caucho, que actúen como aislantes térmicos y frenen la evolución térmica del concreto sometido a elevadas temperaturas.

“En el Perú se producen cerca de 23,000 toneladas de basura diaria y solamente el 15% se logra reciclar”, informó **San Miguel Industrias PET**, empresa que practica el reciclado de botellas PET para la elaboración de nuevos envases, en el **Diario La Gestión (2017)**. A diferencia de países como Suiza y Japón, en los que el 80% de los ciudadanos reciclan pertinentemente sus desechos; el reciclaje en nuestro país no cuenta con el apoyo conveniente por parte del Estado. Estadísticas señalan que el 55% de los residuos sólidos lo conforman la materia orgánica, y solo el 29% es aprovechable, entre ellos el papel, cartón, plástico y vidrio. Existen únicamente 12 rellenos sanitarios autorizados, por lo que aproximadamente el 90 % de ese material aprovechable termina en botaderos informales o simplemente es arrojado al mar, lagos u orillas ribereñas.

Acumulación de residuos en las calles.



Figura 1. En el Perú se producen cerca de 23,000 toneladas de basura diaria, según San Miguel Industrias PET.

Fuente: Redacción Gestión (2017). Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/peru-recicla-15-basura-genera-diariamente-143243>

El **Ministerio del Ambiente (2017)**, informa que a nivel nacional entre el 2014 y 2015 se estimó un incremento de un 1,7 % en la generación de residuos sólidos.

Porcentajes del incremento de generación de residuos sólidos entre los años 2014 y 2015.

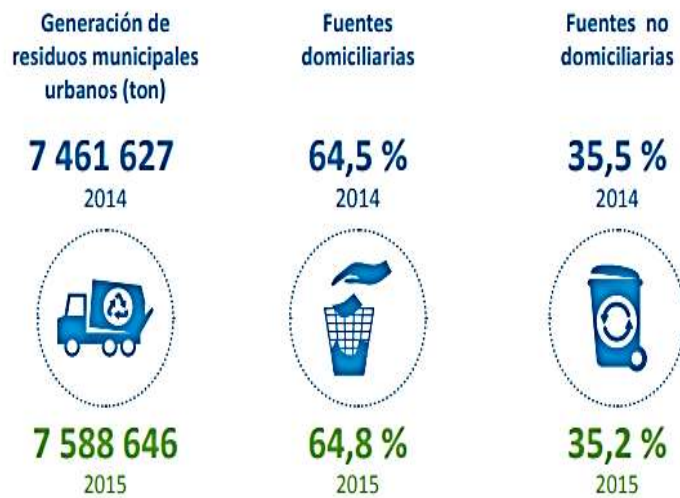


Figura 2. Composición por grupos de residuos sólidos, 2015.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016). Cifras ambientales 2017. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62582>

De los cuales el 58.75 % son residuos orgánicos, el 18.60 % son reciclables, el 14.28 % son no reaprovechables y el 8.37 % peligrosos.

Composición por grupos de residuos sólidos, al año 2015.



Figura 3. Composición por grupos de residuos sólidos, 2015.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016). Cifras ambientales 2017. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62582>

Principales componentes de residuos sólidos en los años 2014 y 2015.

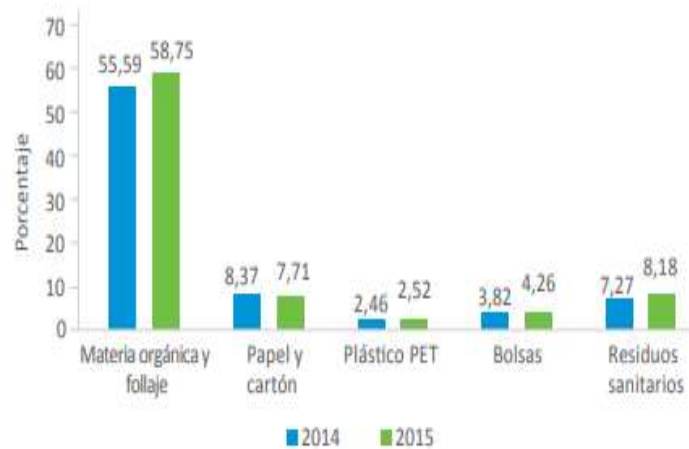


Figura 4. Principales componentes de residuos sólidos, 2014 y 2015.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016). Cifras ambientales 2017. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62582>

El MINAM (como se citó en **Adrianzén, 2017**) señala en el año 2014 que los residuos sólidos están compuestos por 50.43% de materia orgánica, 10.52% de plástico duro, PET5 y bolsas ; 7.44% de papel y cartón, 6.89 % de residuos sanitarios, 3,05% de vidrio, 2,64% de metales, 1.61 % de telas y textiles, 1.25 % de caucho, cuero y jebe, 0.78 % de tecnopor y similares y un total de 15,05 % de material inerte, madera, pilas, restos de medicinas, entre otros desechos.

Según informe de la SUNAT (**Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria, 2013**), el mercado peruano de neumáticos ha tenido un crecimiento muy impactante debido al ingreso de nuevos automóviles, camionetas, camiones, buses, camiones mineros, maquinarias, motocicletas, bicicletas, y aeronaves.

La cantidad de neumáticos fabricados y las dificultades existentes para desaparecerlos debido a que no son biodegradables, han convertido a este desecho en un problema medioambiental peligroso, ya que, si bien es cierto gran porcentaje es reprocesado y utilizado, otro tanto es depositado o vertido en lugares especiales y/o públicos. El Perú no dispone de un marco normativo específico y/o adecuado para enfrentar el problema del tratamiento de los neumáticos fuera de uso. (**Magallanes y Guillén, 2014**)

Debido a ello, han surgido oportunidades de negocio que se dedican a la producción, venta y distribución de caucho en diferentes espesores y formas.

Tabla 3

Potenciales proveedores de caucho en el Perú.

Empresas reencauchadoras	RUC
ABRATECH INGENIEROS S.A.C	20506840911
Chiclayo Bandag S.A.C	20313886353
COMPAÑIA GOODYEAR DEL PERU S.A	20100012856
CORPORACION SEBASTIAN FELI E.I. R. L	20515243900
GLOBAL CAUCHOS Y ANEXOS S.A.C	20515557912
INDELAT EVA S.A.C	20553432252
INDUSTRIAS DEL CAUCHO E & V S.R. L	20514536547
INREPACSI S.A.C	20102257368
INTERCAUCHO COLORS E.I.R.L	20292849541
JORGE REYNA ULLOA S.A	20100800455
LAMINADOS S.A.C	20101228992
LIMA CAUCHO S.A	20100182778
LIMABANDA S.A.C	20101312519
MEGABANDA S.A.C	20462829737
R.INDUSTRIA RUBBER PARTS S.A.C	20501487695
RECUBRIMIENTOS GENERALES S.A.C	20521179091
REENCAUCHADORA CONTINENTAL S.A.C	20346551110
RELINO S.A	20411583521
RENOVA S.A.C	20100359708
SUPER CAUCHO ABANTO E.I.R.L	20251560481

Fuente: Llanos, Luján y Ponce (2016). *Viabilidad de la creación de una empresa recicladora y trituradora de llantas en desuso para su comercialización en el mercado peruano.* Lima, Perú.

Tabla 4

Potenciales clientes en el Perú.

Potenciales clientes de caucho en el Perú
Empresas que producen asfalto
Constructora & Contratistas Generales Susan E.I.R.L.
Cah Contratistas Generales
Delheal
Bituper S.A.C.
Metal Técnica S.A.
6 G Contratista
Perezoil E.I.R.L.
Beira Soluciones S.A.C.
Pavimentaciones S.A.C.
Empresas que producen pasto sintético
Bonanza Grass
Oaksport
Global Grass
LP Grass
Grass sintético Perú

Fuente: Llanos, Luján y Ponce (2016). *Viabilidad de la creación de una empresa recicladora y trituradora de llantas en desuso para su comercialización en el mercado peruano*. Lima, Perú.

Es necesario mencionar que en algunos países se usa el caucho como agregado a concreto. Sin embargo, en el Perú no se encuentran referencias sobre esta técnica, ya que es nueva y no existen manuales sobre su uso.

1.1.3. A nivel local.

Aminorando el uso de recursos no renovables y mitigando los impactos negativos que origina al medio ambiente el manejo inapropiado de los residuos sólidos; el reciclado y la reutilización de estos contribuye de manera favorable a la conservación ambiental.

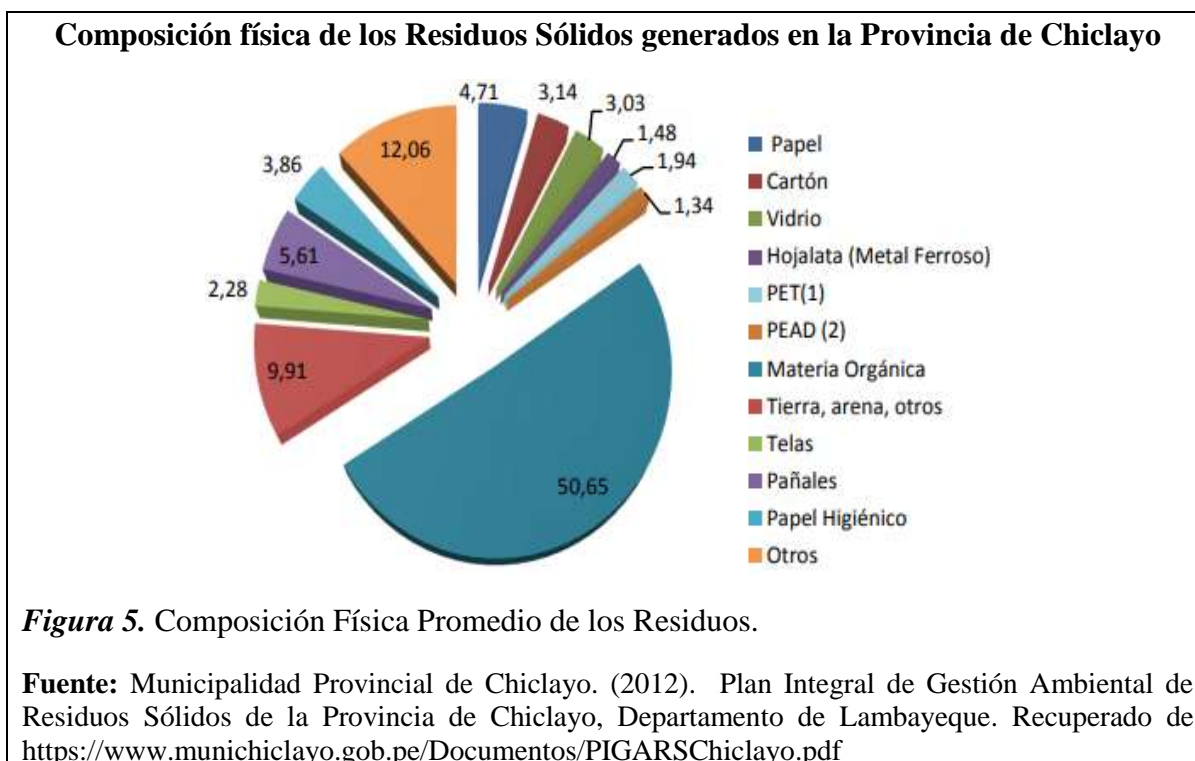
“Unas 500 toneladas de residuos sólidos, cifra equivalente al 40 % de materiales reciclables (vidrios, papel, cartón, madera y lata), son recolectadas a diario en los hogares chiclayanos, cantidad que es desperdiciada en el botadero de Reque al ser arrojada junto a material orgánico que lo contamina, informó el municipio provincial”. (RPP Noticias, 2011)

Tabla 5

Composición Física Promedio de los Residuos Sólidos Domiciliarios en la Provincia de Chiclayo.

Tipo de Residuo	CHICLAYO	ETEN	JOSE L. ORTIZ	LA VICTORIA	MONSEFU	PATAPO	PIMENTEL	PUERTO ETEN	REQUE	TUMAN	Promedio
Papel	4.635	4.970	1.661	2.074	3.919	10.140	4.333	4.134	4.760	6.500	4.71
Cartón	1.797	10.410	1.548	1.664	1.931	4.340	2.445	2.140	2.715	2.400	3.14
Vidrio	2.095	3.440	0.424	3.684	2.064	10.430	2.450	2.805	1.177	1.700	3.03
Hojalata (Metal Ferroso)	1.294	1.780	0.647	0.339	0.150	3.380	1.500	1.883	0.906	2.900	1.48
Aluminio (Metal No Ferroso)	0.108	1.040	0.028	0.354	0.772	0.560	0.317	0.012	0.039		0.36
PET(1)	1.441	2.870	0.447	0.123	1.054	7.050	2.865	1.140	0.931	1.500	1.94
PEAD (2)	0.510	0.610	1.738	2.260	1.917	0.950	0.582	0.640	1.806	2.400	1.34
PVC (3)	0.299		0.076	0.622	0.184		0.650	0.624	0.114		0.37
PEBD (4)	1.335		0.263	0.380	0.495		0.487	1.497	2.367		0.97
PP (5)	1.063		0.367	0.566	0.459	2.550	0.570	0.765	1.164		0.94
PS (6)	0.210		0.323	0.579	0.170		0.097	0.480	0.841		0.39
Otros (7)	0.544	2.380	0.941	0.436	0.664	5.480	0.375	0.103	0.454	6.300	1.77
Materia Orgánica	63.237	59.790	77.279	38.204	62.401	24.080	40.718	43.439	65.280	32.100	50.65
Tierra, arena, otros	2.358		4.205	21.011	5.302	18.160	5.981	8.073	0.266	23.800	9.91
Telas	1.981		1.650	1.169	3.641	2.140	2.105	2.081	2.325	3.400	2.28
Pañales	5.076		3.494	2.897	5.708		7.714	9.575	4.811		5.61
Papel Higiénico	4.081		1.020	2.094	2.312	6.450	4.690	4.273	2.095	7.700	3.86
Toallas Higiénicas	0.680		0.084	0.328	0.087		0.034	0.446	0.151		0.26
Productos Farmacéuticos	0.096		0.063	0.291	0.072		0.980	0.415	0.131		0.29
Pilas y baterías	0.031	0.130		0.003	0.015		0.020	0.015	0.033	0.400	0.08
Fluorescente y focos	0.059			0.026	0.034		0.522	0.060	0.107		0.13
Otros (Cuero, ceniza, porcelana)	7.071	12.580	3.742	20.896	6.649	4.290	20.565	15.400	7.527	8.900	6.50

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.* Recuperado de <https://www.munichiclayo.gob.pe/Documentos/PIGARSChiclayo.pdf>



La **Municipalidad Provincial de Chiclayo (2012)**, a través del PIGARS, evidencia que, en los residuos generados, el material predominante es orgánico con un 50.65% del total; mientras que el material reciclable como plásticos, papel, cartón, vidrio y metales alcanza un 18.28%; los residuos textiles y otros no peligrosos totalizan un 20.84% y el 10.23% restante corresponde a residuos peligrosos.

Reciclaje informal de residuos sólidos en Chiclayo



Figura 6. Plan de Segregación en Fuente y Recojo Selectivo.

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque*. Recuperado de <https://www.munichiclayo.gob.pe/Documentos/PIGARSChiclayo.pdf>

Si bien es cierto, en la Región Lambayeque, sobre todo en la ciudad de Chiclayo, existe una creciente actividad de reciclaje llevada a cabo por recicladores informales, quienes recaudan residuos inorgánicos aprovechables hallados en bolsas fuera de casas, restaurantes, centros comerciales, etc.; con la finalidad de venderlas a los centros de acopio de la ciudad.

Tabla 6

Principales centros de acopio y reciclaje de residuos sólidos de la Ciudad de Chiclayo.

Centros de acopio y reciclaje	Ubicación
Centro de Reciclaje Rosa Tello	Distrito de La Victoria
Centro de Reciclaje el Cerrillo	Distrito de Reque
Centro de Reciclaje de Chosica del Norte	Distrito de La Victoria
Centro de Reciclaje de la ONG Compromiso con la Mujer	Distrito de Eten

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de ellos trasladan los materiales reciclables a la Ciudad de Lima para su venta; a excepción de “El Cerrillo” que tiene máquina picadora de plástico y del de Chosica del Norte que convierte el plástico en pellet. A continuación, se muestra una tabla con los precios de compra de estos materiales recolectados en la ciudad.

Tabla 7

Precios de compra de los residuos aprovechables en los centros de Reciclaje de la Ciudad de Chiclayo.

Material	Precio S/. / kilo
PET	1.2 - 1.6
PEAD	0.6 - 0.9
PVC	0.8
Vidrio Blanco	30.00 (Ton)
Vidrio de color	25.00 (Ton)
Botellavidrio 125 mL	1.5
Botellasvidrio de 1 ¹ / ₂ mL	0.10/ botella
Botellas vidrio de 200 mL	0.20/ Und
BotellaVidrio 5lt	0.50/ Und
Papel Blanco	0.8 - 0.85
Papelcolor/ papelplastificado	0.15 - 0.25
PapelPeriódico	30.00 (Tn)
Cartón	0.35
Chatarra (Común)	0.50 - 0.6
Aluminiodelgado	3.5
Lata (tarros)	0.50 - 0.57
Aerosoles	0.6
Zapatillas	0.8
Jebe	1.6
Fill	0.5 - 0.8

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo. (2012). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque*. Recuperado de <https://www.munichiclayo.gob.pe/Documentos/PIGARSChiclayo.pdf>

Para fines de la investigación se contactó a la empresa OAKSPORT, ubicada en la ciudad de Lima (Perú), que proporcionó caucho granulado y en polvo con la finalidad de aprovechar este material y proveer un nuevo uso en las mezclas de concreto.

Muestra de caucho granulado tamizado



Figura 7. Caucho proveniente de la empresa OAKSport.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la obtención de vidrio molido, los envases previamente limpios fueron colocados en la Máquina de los Ángeles para el proceso de molienda, alrededor de 500 a 700 revoluciones. Posteriormente, la muestra fue tamizada por la malla N.º 4.

Muestra de vidrio sódico cálcico tamizado



Figura 8. Resultado del vidrio molido obtenido a través de la Maquina de los Ángeles en el Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán.

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. A nivel internacional.

Alvarado (2016), en su trabajo experimental denominado **“Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego”**, investiga el efecto sobre la resistencia a flexión de un elemento de concreto expuesto al fuego con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Clasificó las muestras en dos tipos: las no expuestas al fuego y las sometidas al fuego a intervalos crecientes de 30 minutos con temperaturas promedio de 750°C a 1050°C , en horno compuesto por un venterol y un crisol de forma circular.

Antes de evaluar su resistencia a la flexión, atravesaron un proceso de enfriamiento de 24 horas. Como resultado obtuvo que dicha resistencia se reduce en función a la temperatura y tiempo de exposición alcanzados. Además, observó diferentes tipos de patologías, entre ellas: fisuras, agrietamientos y cambios de color en los especímenes ensayados.

Estrada (2016), en su tema de investigación **“Estudio de propiedades físico-mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho”**, se centró en evaluar las propiedades físicas, mecánicas y durabilidad del concreto con adición de caucho.

Sustituyó el 5%, 10% y 15% del volumen del agregado fino (arena) con el mismo porcentaje de polvo de neumáticos fuera de uso (PNFU) fino (0-0.6mm) y grueso (0.5-2.5mm). Las pruebas a las muestras resultantes fueron compresión, flexión, densidad, porosidad y absorción capilar. Posteriormente, realizó una comparación con un hormigón de referencia. En ambos casos, observó y apreció la reducción en todas las propiedades en proporción con las cantidades de PNFU sustituidas, pero en menor medida con las partículas de caucho gruesas.

Torres (2014), a través de su proyecto de investigación **“Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho”** no sólo evaluó las propiedades mecánicas como resistencia a la compresión y a la flexión; si no que también realizó ensayos de durabilidad como son la penetración de cloruros, carbonatación, absorción y propiedades eléctricas como resistividad e impedancia.

Los ensayos mecánicos y de durabilidad fueron determinados en edades que oscilaron entre 28 y 90 días y la resistencia a la compresión fue evaluada a los 3, 7, 28 y 90 días.

En total preparó 4 mezclas. La preparación de éstas, la estableció de la siguiente manera: en la primera no le adicionó el caucho granulado; en la segunda reemplazó el 10 % del agregado fino por una cantidad igual en volumen de caucho; y para las dos siguientes mezclas reemplazó el agregado fino con porcentajes de reemplazo de 20% y 30% de volumen de caucho respectivamente.

El autor de esta tesis concluyó que ambas resistencias (a la compresión y flexión) disminuyeron con la incorporación de caucho en la mezcla.

Catalán (2013), en su tesis “**Estudio de la influencia que tiene el vidrio en hormigones de diversos grados de resistencia (H15, H20 y H30)**”, que tiene por propósito la reutilización del vidrio desechable, sustituyendo una moderada cantidad de arena; determinó la influencia y/o comportamiento del vidrio triturado en la mezcla, mediante la elaboración de muestras de hormigón de prueba, de gradación H15, H20 y H30, con porcentajes variables de vidrio en reemplazo de una fracción de la arena. Comparó las resistencias obtenidas con la resistencia de hormigones patrones, sin añadidura de vidrio.

Los resultados demostraron la inalterabilidad en las propiedades del concreto en ambos estados, endurecido y fresco, al adicionar vidrio por reemplazo de arena, presenta un incremento en la resistencia cuando el porcentaje de adición en la mezcla es de 10%.

Peñañiel (2016), mediante su “**Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino**” verifica que el uso de este material en reemplazo parcial de la arena en un hormigón simple mantiene la resistencia dentro de los rangos establecidos para cada edad, mejora su resistencia a la humedad debido a la impermeabilidad del vidrio, por lo tanto, se vuelve más durable. Primero, a través del Método de la Densidad Máxima, procedió al cálculo de la dosificación correspondiente para un hormigón con $f'c$ de 210 kg/cm². Consecutivamente elaboró 45 probetas cilíndricas de concreto, de las cuales hizo nueve muestras para cada porcentaje (10%, 20%, 30% y 40%) de vidrio molido añadido a la mezcla.

Los testigos fueron curados y ensayados a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, ensayando tres cilindros para cada porcentaje de vidrio adicionado a la mezcla, esto permitió conseguir resultados de resistencia a la compresión que al compararlos se deduce que en edades tempranas (7 días) conforme se incrementa el contenido de vidrio la resistencia se ve disminuida, mientras que para las edades de 14 y 28 días el porcentaje óptimo de vidrio molido en reemplazo parcial de la arena es el 40%, obteniendo resistencias considerablemente mayores a las alcanzadas en un hormigón patrón.

1.2.2. A nivel nacional.

Huincho (2017), su investigación sobre la **“Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo”** tiene como objetivo estudiar el efecto de la incidencia del fuego directo en un concreto convencional, con cemento Portland tipo I.

Las relaciones agua-cemento fueron de 0.60, 0.65 y 0.70. El diseño del concreto se basó en el Peso Unitario Compactado Máximo de la combinación de los agregados, obteniéndose concretos de mediana resistencia y de una consistencia entre 3 a 4 pulgadas.

En este caso, el autor utilizó un termómetro Infrarrojo Digital (TP7), para evaluar y medir la temperatura en tiempos de exposición de 1, 2 y 3 horas para cada una de las relaciones agua-cemento. Cabe recalcar que este pirómetro tiene un rango de medición que alcanza 50°C hasta 1000°C (-58°F a 1832°F).

De esta manera consiguió evaluar pérdida de masa, pérdida de la resistencia en compresión, tracción y del módulo elástico, así como también la variación del comportamiento elástico del concreto, la relación Tracción- Compresión, la influencia del tamaño de la muestra en la resistencia a compresión y en la pérdida de masa y, por último, las temperaturas alcanzadas en los intervalos de tiempo; plasmados en gráficos curvas esfuerzo- deformación.

Chauca y Cruz (2014), realizaron una **“Evaluación del concreto $f'_c=210$ kg/cm² a altas temperaturas”**, que tuvo por finalidad observar el comportamiento de dicho concreto sometido a temperaturas de calor controladas y la variación de su resistencia, utilizando agregados provenientes de las canteras Dulonp y Besique.

En el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, realizaron el diseño de mezcla utilizando 3 relaciones agua-cemento: 0.45, 0.50 y 0.60.

Elaboraron un total de 36 probetas de concreto con una resistencia requerida de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, de las cuales 08 (concreto patrón) fueron destinadas a la evaluación de su resistencia mecánica entre 7, 14, 21 y 28 días de curado. Mientras que las otras 28 se destinaron a ser sometidas al fuego a temperaturas controladas, en 7 grupos de 04 cada uno, en intervalos de 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 700°C y 800°C respectivamente. El sensor utilizado fue una TERMOCUPLA de Níquel y Cromo tipo k.

Los datos recolectados sirvieron para realizar un análisis comparativo ente el concreto patrón y el concreto sometido a altas temperaturas y así poder comprender cuál es la alternativa más recomendable a usar.

Concluyeron que, de todas las muestras expuestas al fuego, las que tuvieron menor resistencia a fuego fueron aquellas que oscilaban entre temperaturas de 500 °C a 550 °C, debido que, a más contenido de cemento en el elemento estructural, èste basa su resistencia a la calidad y resistencia que ofrecen los agregados, motivo por el cual los concretos que poseen menor resistencia ofrecen mayor resistencia frente al fuego.

Rojas (2015), en su “**Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico**” usando cemento Fortimax 3; evaluó las propiedades mecánicas de los agregados para poder hacer el diseño de mezcla de concreto mediante el método del ACI para luego agregarle un porcentaje de vidrio molido con el fin de obtener una mezcla con una mayor resistencia a la compresión.

Las pruebas de resistencia a la compresión se evaluaron en edades de 7, 14, 21 y 28 días de curado, obteniendo 184 Kg/cm^2 , 220.4 Kg/cm^2 , 245.4 Kg/cm^2 y 318.8 Kg/cm^2 correspondientemente, haciendo uso de una dosificación que contiene mínimos porcentajes de vidrio molido.

Mujica y Suárez (2016), realizaron la investigación titulada "**Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación**", teniendo como objetivos, no sólo el estudio de las propiedades físico-mecánicas, sino también el comportamiento acústico y térmico de los bloques huecos de concreto con la adición de caucho, a los que se les incorporó caucho granulado con un tamaño máximo 0.094 pulgadas procedentes de neumáticos en un porcentaje de 5%, 10%, 15%, 20% y 25 %. La relación agua/ cemento fue de 0,89 y el tiempo de curado comprendido entre 7, 14 y 28 días.

Las pruebas realizadas fueron: granulometría de agregado (agregado fino, agregado grueso, agregado global y caucho), prueba de revenimiento, compresión de testigos cilíndricos de concreto, compresión de bloques de concreto por unidad, pilas y muretes, módulo de rigidez dinámico en vigas, prueba de fluidez del mortero, compresión de cubos de concreto para el mortero. Éstas pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Para la relación agua/cemento de 0.89 sin adición de caucho granulado se obtuvo una resistencia característica de 44.57 kg/cm^2 , esta resistencia va disminuyendo según aumenta el porcentaje de caucho granulado, siendo el porcentaje óptimo un 15% de caucho granulado en volumen, sustituido en el agregado fino ya que la resistencia característica presentada en este diseño D-4 (15% caucho) es de 39.92 kg/cm^2 , con una variación porcentual de 10.43%. La influencia del caucho granulado en la resistencia es mínima puesto que el valor de la covarianza es de -0.049, pero influirá en otras propiedades como el aislamiento acústico y térmico.

Concluyeron también que, el caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento térmico que un bloque convencional, estas cajas construidas con bloques de los diseños D-1 y D -4, fueron expuestas a temperatura ambiental por un periodo de 4 días, observándose para el D-1 una diferencia promedio de $3.91 \text{ }^\circ\text{C}$ entre el ambiente y el interior de la caja, mientras que para el diseño D-4 esta diferencia es de $5.26 \text{ }^\circ\text{C}$, presentando los bloques del diseño D-4 mayor aislamiento térmico en 34.53% .

1.2.3. A nivel local.

Calle (2015), en su investigación “**Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado**”, analiza dos tipos de concreto, convencional y con fibra de caucho sintético reciclado (CP+CSR); en resistencias de diseño inicial de $f'c \text{ } 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c \text{ } 280 \text{ kg/cm}^2$, a los que se les efectuaron los debidos ensayos a compresión y flexión, considerando las normas técnicas peruanas correspondientes. Para el diseño del concreto con fibra de caucho sintético reciclado, planteó tres dosificaciones en función a la cantidad de cemento en el diseño de mezclas con porcentajes de 1%, 3% y 5%.

Como resultado, obtuvo que el uso de fibra de caucho sintético reciclado aumenta la resistencia a la flexión, siendo la dosis 2= 34.90 kg/cm^2 (210 kg/cm^2) y a compresión la

dosis 1 = 219 kg/cm² (210 kg/cm²), lo que demostró que su aplicabilidad mejoró las propiedades del concreto convencional de f'c=210 kg/cm².

Ayesta y Barrantes (2011), en su tesis titulada “**Estudio del comportamiento del concreto ante el fuego**”, con el objeto de disponer de resultados experimentales que permitan analizar dicho estudio, realizaron una serie de especímenes, elaborando diseños de mezcla teniendo como base resistencias teóricas de f'c 210 kg/cm² y 175 kg/cm², requeridas en los planos estructurales de una vivienda ubicada en la Urb. Santo Domingo de Carabayllo Mz. T Lote 3 Calle 18, del Distrito de Santo Domingo de Carabayllo, en la Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Cierta cantidad de especímenes fueron ensayados a Compresión; mientras que otros, con el propósito de analizar y evaluar los efectos de exposición del concreto al fuego, fueron sometidos a él, durante tiempos y temperaturas diferente.

Finalizados los ensayos de exposición al fuego, procedieron a realizar los ensayos de compresión para obtener la resistencia de dichos testigos, pretendiendo de esta manera tener conocimiento de lo que ocurrió con su inicial resistencia a la compresión y la manera en cómo se comportó el concreto a elevadas temperaturas. Como resultado principal, observaron y obtuvieron una deshidratación de los principales componentes, que se inició hacia los 100°C, apareciendo después reacciones de fisuración y disociación.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Caucho.

Se caracteriza por ser un material que se presenta en forma de gránulos (4mm aproximadamente) o polvo (partículas más pequeñas). Puede ser natural o sintético y su principal función es permitir la adecuada deformación del neumático durante su uso.

Tabla 8

Usos del caucho.

Usos del caucho	
1 Llantas (73% producción mundial)	10 Autopartes
2 Confección de prendas de vestir	11 Arandelas
3 Borradores	12 Aislantes
4 Pegantes	13 Artículos impermeables
5 Calzado y suelas	14 Tapetes
6 Empaques para motores	15 Mangueras
7 Ruedas dentadas de uso industrial	16 Hilos elásticos
8 Guantes	17 Condones
9 Globos	18 Etc...

Fuente: Contreras, A. (2012) Informes Socioeconómicos. El caucho natural, p.8. Recuperado de: www.vustabmanga20131018173136.pdf

1.3.1.1.El caucho como agregado.

García, Hernández y Menéndez (como se citó en Mujica y Suárez, 2016) mencionan que actualmente varios de los agregados reciclados utilizados en concreto provienen de la reutilización de los desperdicios de estructuras demolidas, como también del reciclaje de materiales en desuso, entre ellos vidrio, el más común, y ahora caucho.

Estudios desde 1994, acerca del comportamiento del concreto con goma triturada (caucho sintético) como agregado, en los que observan que la reducción de su resistencia es característica debido a dosis extremas, manifiestan que, al determinar una dosis óptima para utilizarse, generarían nuevos fines al uso de este.

Muchos países cuentan el uso del caucho como agregado en el concreto, producto de la trituración mecánica o criogénica de neumáticos en desuso, considerándolo una buena opción la eliminación de estos en favor del medio ambiente. (Mujica y Suárez, 2016).

En la tabla que se muestra a continuación, se proporciona una lista productos y tamaños obtenidos por medio de las tecnologías más empleadas para el reciclaje de neumáticos: termólisis, trituración mecánica y trituración criogénica.

Tabla 9

Caracterización de productos según tecnologías empleadas.

Tecnología	Tamaño	Producto
Mecánica	-	Neumático entero
Mecánica	> 300 mm	Trozos
Mecánica /reducción a temperatura ambiente	50-300 mm	Tiras (shred)
Mecánica /reducción a temperatura ambiente	10-50 mm	Astillas (chips)
Reducción a temperatura ambiente/ criogénico	1-50 mm	Granulado
Reducción a temperatura ambiente / criogénico	< 1 mm	Polvo
Reducción a temperatura ambiente / criogénico /recuperación /desvulcanizacion	< 500 µm	Polvo fino
Buffing	0-40 mm	Buffins
Recuperación	Normalmente se suministra en bloques	Recuperado (reclaiming)
Reducción a temperatura ambiente / criogénico/ desvulcanizacion	< 500 µm	Productos de carbón

Fuente: Asociación Europea de Reciclaje de Neumáticos, (2006).

1.3.2. Vidrio sódico cálcico.

Dávila (2012) describe que el vidrio es una sustancia amorfa, dura, frágil y transparente; obtenida por la fusión de distintas materias primas (arena silícica, carbonatos, sulfatos, etc.).

Principalmente formado por sílice, sodio y calcio. La sílice es parte de la materia prima básica, el sodio le proporciona facilidad de fusión y el calcio le suministra estabilidad química. Por eso, la mayor parte del vidrio incoloro y transparente tiene esta composición. (Rojas, 2015)

1.3.2.1. Propiedades.

López y Martínez (1995) hace referencia distintas propiedades que estos poseen.

1.3.2.1.1. Propiedades físicas.

A. Viscosidad

Propiedad importante en todas las etapas de preparación, porque de ésta depende la velocidad de fusión. Se define como la resistencia que presenta un líquido a fluir.

B. Densidad

Definida como el resultado de la masa entre el volumen. Depende de factores como la composición, temperatura y presión a la que está sometido.

1.3.2.1.2. Propiedades mecánicas.

A. Resistencia química

Ha mejorado al aumentar la proporción de la sílice, debido a que este componente es poco reactivo.

Al aumentar la temperatura, aumenta la energía térmica traducida en la contracción y estiramiento a mayor velocidad de los resortes de las moléculas. Al hacerlo, el material se expande necesitando un lugar más amplio. Si se coloca en agua fría, la energía térmica disminuye provocando que los resortes vuelven a su movimiento original. Si el vidrio se enfría poco a poco, paulatinamente llega a sus dimensiones originales y no se produce ningún rompimiento.

Si el material regresa rápidamente al tamaño inicial de tal manera que se rompe, se origina un efecto denominado choque térmico, que se produce por el enfrentamiento de dos temperaturas diferentes, provocando la destrucción del material.

B. Durabilidad química

Propiedad que hace referencia a la resistencia ofrecida por el vidrio al ponerse en contacto con el agua, agentes atmosféricos, soluciones acuosas de ácidos, bases y sales.

Los vidrios comunes parecen ser químicamente inertes, por lo que reaccionan lentamente con muchas sustancias.

El vidrio presenta una excelente resistencia a los ácidos, excepto al fluorhídrico, y a las soluciones alcalinas frías. Por eso es muy útil como envase de reactivos químicos y particularmente apropiado para tuberías transparentes.

1.3.2.1.3. Propiedades térmicas

Dentro de las propiedades térmicas se pueden definir cuatro temperaturas de referencia en función de la viscosidad del vidrio.

- El *punto de trabajo*, donde la viscosidad del vidrio caliente es lo suficientemente baja como para poder darle forma utilizando métodos ordinarios.
- El *punto de reblandecimiento*, temperatura a la cual el vidrio empieza a deformarse de manera visible.
- El *punto de recocido*, que es cuando las tensiones internas existentes son desvanecidas, y que corresponde a la temperatura más alta de recocido.
- Por último, el *punto de deformación*, donde el vidrio es un sólido rígido y puede enfriarse rápidamente sin introducir ningún tipo de tensiones externas.

1.3.2.1.4. Propiedades eléctricas

La conductividad de un vidrio depende de su composición, temperatura y condiciones atmosféricas que lo rodean. A bajas temperaturas los vidrios multicomponentes son aislantes. La resistividad del vidrio disminuye rápidamente a medida que aumenta la temperatura; por ende, se dice que es un semiconductor.

1.3.3. Comportamiento del concreto a altas temperaturas.

1.3.3.1. Concreto.

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (RNE E.060, 2016)

Según Portugal (2007), actualmente el concreto ha sido definido como un sistema de 5 componentes: cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones.

Tabla 10

El concreto como un sistema de 5 componentes.

Material	Ejemplo de variables
Cemento	<ul style="list-style-type: none">▪ Tipo de cemento▪ Propiedades especiales
Agregados	<ul style="list-style-type: none">▪ Normales, ligeros, pesados.▪ Naturales, chancados.▪ Gradación, forma, textura.
Agua	<ul style="list-style-type: none">▪ Límites de componentes dañinos al concreto
Adiciones	<ul style="list-style-type: none">▪ Microsilice, ceniza volante, etc.▪ Pigmentos.▪ Fibras
Aditivos	<ul style="list-style-type: none">▪ Plastificantes, superplastificantes.▪ Acelerantes, retardantes, etc.

Fuente: Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*

1.3.3.1.1. Componentes

A. *Cemento*

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. (RNE E.060, 2016).

A.1. *Cemento Portland*

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente uno o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. (NTP 334.001:2001).

A.1.1 *Tipos de cemento Portland*

A.1.1.1. *Cemento Portland estándar (sin adición)*

Los tipos de cementos Portland establecidos en la NTP 334.090, están clasificados de acuerdo a sus propiedades específicas.

- **Tipo I:** De uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** Para uso general y cuando se desea moderada resistencia a sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Para ser empleado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

- **Tipo IV:** Para utilizarse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desee alta resistencia a los sulfatos.

B.1.1.1. Cementos Pórtland Adicionados

- **Tipo IP y IPM:** cuya adición es la puzolana. Tienen uso similar al del Tipo I, y se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas y/o aguas negras.
- **Tipo MS:** adicionados de escorias. Destinado a emplearse en todo tipo de construcciones de concreto. Resistentes a la agresión química, con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- **Tipo ICo:** Corresponde al cemento tipo I mejorado con mayor plasticidad. Utilizable en obras de concreto simple y de concreto armado, morteros, tarrajeos y asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones.

B. Agregados

Conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial, según la NTP 400.011 (2008). Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros.

Su importancia radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto.

B.1. Agregado Fino

Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desintegración natural o artificial que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulgadas) y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N° 200). (NTP 400.011,2008).

El agregado fino puede ser arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. (RNE, 2016).

B.2. Agregado Grueso

Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4), proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca. (NTP 400.011, 2008).

Puede ser grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura

preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. (RNE E.060, 2016).

C. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. (RNE E.060, 2016).

D. Aditivos

Materiales empleados como ingredientes del concreto o mortero, y que se añade a la envoltura inmediatamente antes o durante el mezclado. (ASTM C 125).

Tabla 11

Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM C 494.

Tipo	Características
A	Actúan como reductores de agua.
B	Actúan como retardadores del tiempo de fraguado.
C	Actúan como acelerantes.
D	Actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
E	Actúan como reductores de agua y acelerantes.
F	Actúan como reductores de agua de alto rango.
G	Actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Fuente: Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*

1.3.3.2. Concreto frente al fuego

El concreto presenta buenas características frente a la exposición al fuego que impiden la propagación instantánea del calor a través de él. Pese a ello, tras el incremento de la temperatura, presenta múltiples tipologías físicas como: fisuración superficial, presencia de cal y disgregación del material, independientemente de la disminución de resistencia mecánica tanto de compresión como de tracción que se refleja considerablemente.

En caso de incendio, el fuego afecta a las características resistentes y de deformación, tanto del concreto como del acero. Se generan a su vez incrementos de tensión, causados por las dilataciones, que son transmitidos a través de los nudos rígidos de la estructura.

La variación de las características físico-mecánicas está en función de los materiales utilizados en su composición y de la temperatura a que se halla sometida la masa del concreto. (Alvarado, 2016)

En lo que se refiere a la temperatura, el concreto adquiere diferentes tonalidades y daños, como lo demuestra el siguiente esquema.

Daño y color del concreto estructural		
RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACIÓN SUPERFICIAL	DAÑO
0 – 300	Gris natural	Calcinación incipiente: Microfisuras 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

Figura 9. Esquema de temperatura, color y daño en el concreto por incendio.

Fuente: Alvarado, G. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Entre los 300 ° C y los 600 ° C, presenta una tonalidad rosácea, en cuyo caso puede haber perdido hasta un 60 % de su resistencia inicial a la compresión. Al enfriarse, según los casos, puede perder aún más, o puede también recuperar hasta un máximo del 75 % de la inicial.

Entre los 600 ° C y los 900 ° C su color deriva a gris claro, se vuelve poroso y friable, y la disminución de su resistencia puede alcanzar entre el 60 % y el 90 %, pudiendo ser aún mayor al enfriarse.

Por último, a una temperatura mayor a 900 ° C adquiere un tono blancuzco o amarillento, se destruye el conglomerante, y su resistencia residual queda anulada.

En general, las recomendaciones existentes en muchos países evitan considerar al concreto como material estructural cuando éste sufre temperaturas de entre 500 ° C y 700 ° C.

1.3.3.2.1. *Patologías del concreto estructural expuesto al fuego*

Tratar el tema de patologías de concreto resulta extenso debido a varios daños, deterioros y/o defectos que se puedan producir en las estructuras de concreto, provocando un sin número de efectos como se describe en el diagrama de causa-efecto.

Aunque el concreto pierde resistencia y rigidez con una relación menor que los metales, no quiere decir que no sea inmune al daño provocado por altas temperaturas. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC, 2004).

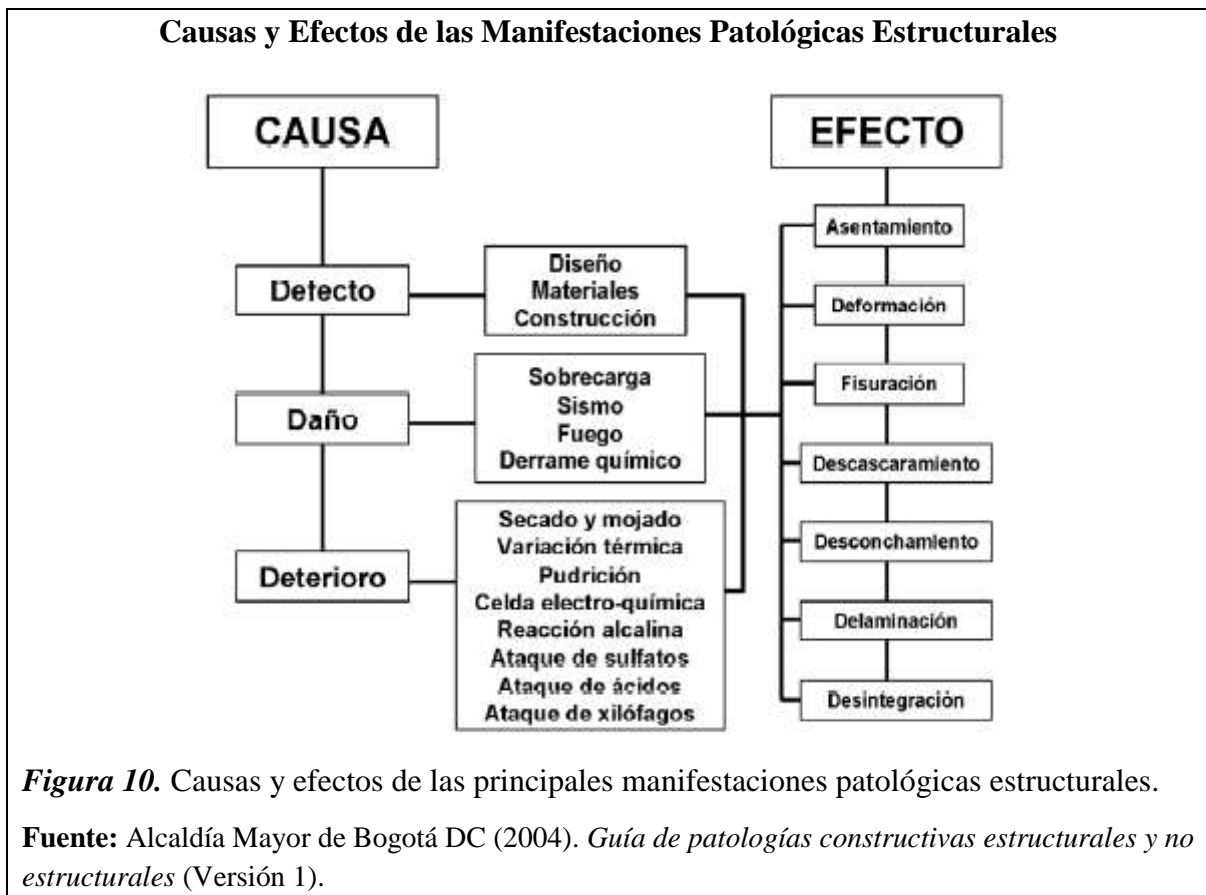


Figura 10. Causas y efectos de las principales manifestaciones patológicas estructurales.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá DC (2004). *Guía de patologías constructivas estructurales y no estructurales* (Versión 1).

A. *Fisuración*

Las fisuras pueden sólo afectar la apariencia de una estructura, pero también pueden indicar fallas estructurales significativas o falta de durabilidad. Así mismo, pueden representar la totalidad del daño, como también señalar problemas de mayor magnitud.

Cuanto más masiva sea la estructura, mayor será su potencial de generar gradientes térmicos y fisurarse. Los procedimientos para reducir la fisuración de origen

térmico incluyen reducir la máxima temperatura interna, demorar el inicio del enfriamiento, controlar la velocidad a la cual se enfría el concreto y aumentar la resistencia a la tracción del concreto.

Tabla 12

Clasificación de fisuras

Clasificación	Descripción
Microfisuras: $e < 0.05$ mm.	Carecen de importancia.
Fisuras: $0.1 < e < 0.2$ mm.	Poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, debido a que puede favorecer la corrosión.
Macrofisuras: $e > 0.2$ mm.	Fisuraciones que pueden tener repercusiones estructurales de importancia.

Fuente: Elaboración propia.

B. Calcinación

Según Sánchez (2012), este fenómeno se produce a través de 4 modalidades:

Tabla 13

Tipos de calcinación del concreto estructural.

Tipo de calcinación	Descripción
Calcinación incipiente	El concreto no presenta mayor cambio en su coloración, pero se le pueden identificar microfisuras en forma de mapa.
Calcinación superficial	Leve coloración amarillenta que puede dar origen a descarbonatación. Presenta fisuración térmica por alabeo.
Calcinación avanzada	Muestra coloración gris con clara descarbonatación del material y descascaramiento superficial del elemento.
Calcinación muy avanzada	Aquella que presenta desintegración superficial del concreto, además de una coloración blanca intensa.

Fuente: Elaboración propia.

C. Descascaramiento

Según Sánchez (2012), se ocasiona por el desprendimiento superficial de elementos con presencia de humedad o con un nivel de descarbonatación avanzada en el que se puede observar pérdida de masa.

D. Desintegración por Fatiga

Se denomina así al desprendimiento de la superficie del hormigón expuesta al fuego durante un período de tiempo prolongado. (Sánchez, 2012)

1.3.4. Impacto Ambiental.

La Ley N.º 27446, “**Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento**”, publicada por el Ministerio del Ambiente (MINAM,2011), tiene como objeto identificar, prevenir, supervisar, controlar y corregir los impactos ambientales negativos procedentes de acciones humanas expresadas mediante proyectos.

Toda obra de construcción causa impactos a favor y en contra de la protección del medio ambiente. Por ello, a continuación, se manifiesta una lista de impactos positivos y negativos que tendrá este informe de investigación.

1.3.4.1. Impactos Negativos

- Las altas temperaturas en construcciones, manifestadas a través de incendios, constituyen una amenaza para la vida por lesiones de inhalación, explosión, quemaduras, etc.
- Los daños ambientales, como la contaminación atmosférica producto de la emisión de gases tóxicos, representan una faceta más del impacto producido por los incendios.
- La disposición final del caucho post consumo y post proceso, fomenta ambientes propicios para la proliferación de mosquitos, roedores y otros vectores de enfermedades.
- Deterioro del entorno y del paisaje.
- La contaminación de los cuerpos de agua, problemas de salud, cambio en el clima, pérdida de biodiversidad, son algunas consecuencias producidas por un inadecuado manejo de residuos sólidos.

1.3.4.2. Impactos Positivos

- La implementación de tecnologías utilizadas para el manejo de residuos sólidos contribuye notablemente al desarrollo ambiental.
- El reciclaje y/o reutilización de residuos sólidos, como alternativa para controlar la cantidad de desechos y eliminar los tiraderos clandestinos de estos, contribuye a la disminución de la contaminación generada por neumáticos en desuso y envases

de vidrio, dándole un uso aplicativo a este material reciclado una vez culminada su vida útil.

- El vidrio y el caucho como material reciclado tienen varias aplicaciones desde decorativas hasta constructivas. Toneladas de botellas y llantas en desuso pueden ser empleadas disminuyendo residuos, costos en la construcción y colaborando en el cuidado del ambiente.

1.3.5. Seguridad y Salud ocupacional.

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es un derecho fundamental de todos los trabajadores y tiene como objetivo, prevenir los accidentes y riesgos laborales y enfermedades ocupacionales.

En nuestro país, este derecho está normado por **La Ley N.º 29783**, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Según el ítem 13, el EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI), de la Norma G.050 Seguridad durante la Construcción, del **Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)**, debe utilizarse para proporcionar eficaz protección frente a diversas situaciones que pongan en riesgo la seguridad o salud de los trabajadores.

Es de uso obligatorio, el uniforme de trabajo, botines de cuero con punta de acero, casco, guantes y gafas de seguridad.

Para el proceso de trituración y molienda de vidrio, tamizado de vidrio y caucho, ensayos de agregados, vaciado de probetas y otros trabajos realizados, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, se utilizaron: zapatos con punta de acero, guantes, mascarilla y lentes de seguridad.

1.3.6. Gestión de riesgos y prevención de desastres.

El “Manual Básico para la Estimación Del Riesgo”, del **Instituto Nacional De Defensa Civil (2006)**, define el término desastre como una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o tecnológico, que provoca además de pérdidas humanas y materiales, daños a los medios de producción y al ambiente.

Es así como surge la Gestión del Riesgo de Desastres que se fundamenta en conocimientos, medidas, acciones y procedimientos orientados a la planificación de programas y actividades que eviten o reduzcan los efectos y peligros de los desastres.

El peligro es la amenaza, probabilidad u ocasión de ocurrencia de un fenómeno, ya sea natural o provocado por la actividad del hombre; cómo se puede observar en la siguiente figura.

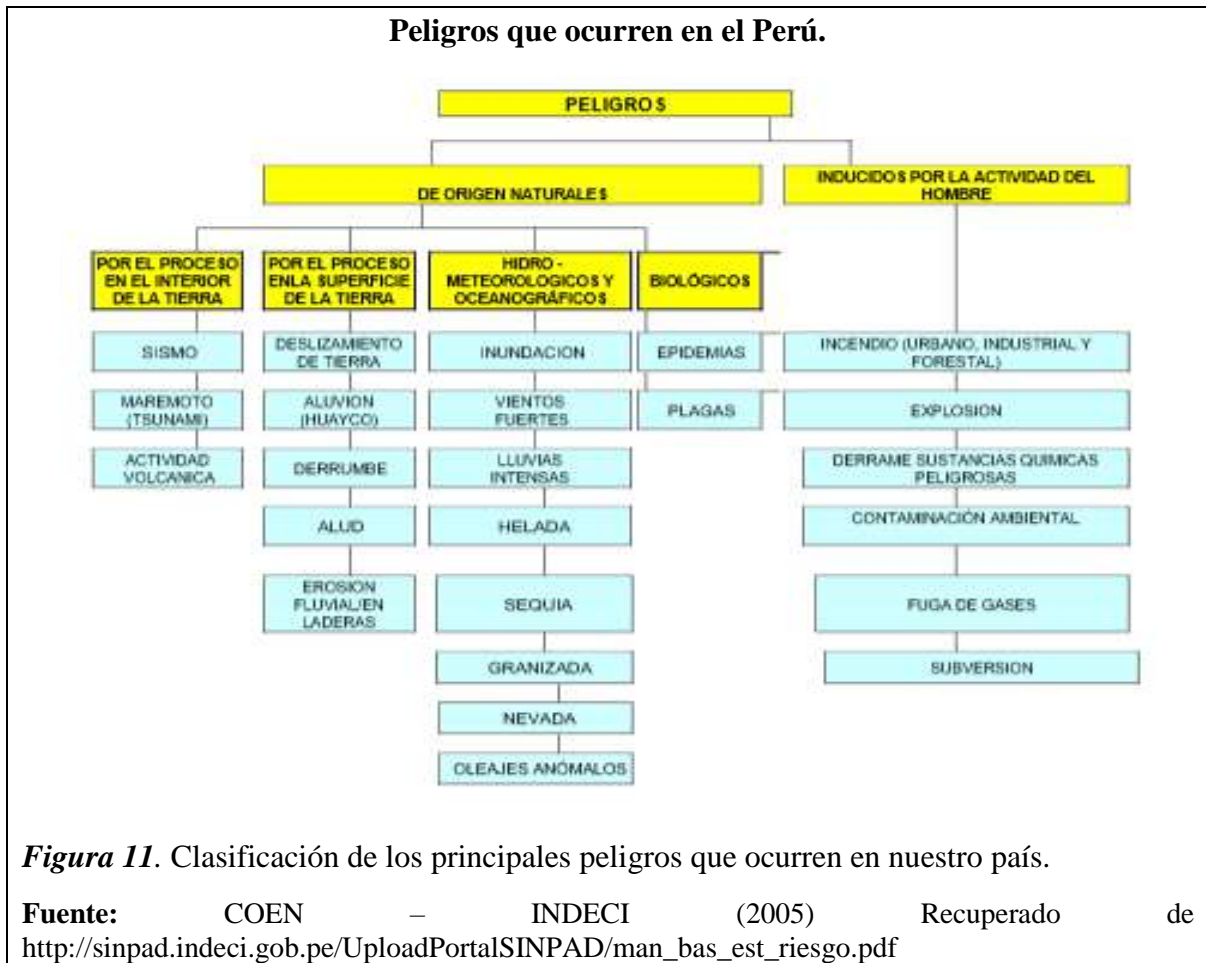


Figura 11. Clasificación de los principales peligros que ocurren en nuestro país.

Fuente: COEN – INDECI (2005) Recuperado de http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man_bas_est_riesgo.pdf

1.3.7. Estimación de costos.

Para llevar a cabo un proyecto de investigación, se distinguen dos áreas de conocimiento que toman importancia, como son la Gestión del Tiempo del Proyecto y la Gestión de los Costos del Proyecto.

La estimación de costos es un proceso iterativo basado en información disponible de un momento dado. Su exactitud aumenta conforme el proyecto avanza durante su ciclo de vida. El objetivo de este proceso es desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar cada actividad del proyecto. (Guerrero, 2015)

Herramientas, técnicas y salidas para estimar costos .



Figura 12. Estimación de costos.

Fuente: Guerrero, D. (2015). 7.2 *Estimación De Costos*. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2398/7.2%20Estimacion%20de%20costos.pdf?sequence=1>

1.3.8. Normativa empleada.

1.3.8.1. Composición química de materiales

1.3.8.1.1. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Soda-Lime and Borosilicate Glass (ASTM C 169)

Es el método de prueba estándar para determinar el análisis químico de vidrio de sodio-cal y borosilicato (ASTM C 129, 2016)

1.3.8.2. Agregado fino y grueso

1.3.8.2.1. Método de ensayo para determinar el Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012)

Determina la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado a través de mallas normalizadas, de acuerdo con la norma técnica ASTM C 136 y la NTP 400.012. (INDECOPI, 2013)

Curva Granulométrica: Representación gráfica de la granulometría que proporciona un enfoque objetivo de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en las abscisas (eje X) los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas (eje Y) los porcentajes que pasan o sus complementos a 100 (los retenidos acumulados). (INDECOPI, 2013)

Tamaño Máximo (T.M.): Menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. (INDECOPI, 2013)

El Tamaño Máximo Nominal (TMN): Se precisa como la abertura del menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido del material. (INDECOPI, 2013)

Módulo de finura (MF): Factor obtenido por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada, a excepción del fondo, y dividido entre 100. (INDECOPI, 2013)

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

1.3.8.2.2. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017)

Basado en la norma ASTM C-29, establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. (INDECOPI, 2011)

1.3.8.2.3. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185)

Se basa en la Norma ASTM C-535 y determina el porcentaje total de humedad en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado. (INDECOPI, 2013)

1.3.8.2.4. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

Se basa en la norma ASTM C 127, que tiene por objetivo determinar el peso específico y la absorción del agregado fino. El peso específico es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland. Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas constituyentes. (INDECOPI, 2013)

1.3.8.2.5. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

Engloba la determinación del peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseño de mezclas, como en el control de uniformidad de sus características físicas. (INDECOPI, 2013)

1.3.8.2.6. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles (NTP. 400.019)

Este ensayo tiene como objetivo medir el porcentaje de desgaste producido por fricción en los agregados gruesos menores a 1 ½”, a través del impacto y rozamiento superficial de la muestra.

La resistencia a la abrasión se utiliza con un indicador de la calidad del agregado. (NTP 400.019, 2002).

1.3.8.3. Concreto Patrón

1.3.8.3.1. Métodos de ensayos en concreto fresco

Método de ensayo del contenido de aire atrapado (NTP 339.083 o ASTM C 231).

Este ensayo cubre la determinación del contenido del aire del concreto recién mezclado a partir de la observación del cambio en el volumen del concreto referente a la presión.

Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto) (NTP 339.046)

Este ensayo está fundamentado en la Norma ASTM C 138, aquella que establece un método de ensayo para determinar la densidad del hormigón (concreto) fresco y da las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón. El rendimiento se define como el volumen de concreto producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes. (INDECOPI,2008)

Método de ensayo del asentamiento del concreto fresco (NTP 339.035)

Determina el asentamiento del hormigón tanto en el laboratorio como en el campo. (INDECOPI,2009)

Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de las mezclas de hormigón (NTP 339.184 o ASTM C 1064).

Permite medir la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

1.3.8.3.2. Métodos de ensayos en concreto endurecido

Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo (NTP 339. 033)

Indica procedimientos para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica y de viga, muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción. (INDECOPI,2009)

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (NTP 339.034)

Consiste en aplicar una carga de compresión axial en probetas cilíndricas, moldeadas con concreto o extracciones diamantinas de concreto. (INDECOPI, 2008)

1.3.8.4.Exposición al fuego

1.3.8.4.1. NTP 38: Reacción al fuego

Según el Art 1.2. Clasificación de la NTP:38 Reacción al Fuego, los materiales utilizados en la construcción de edificios se clasifican según su reacción al fuego, en base a la Norma UNE 23-727-80 "Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.

Clasificación de los materiales utilizados en la construcción", en orden creciente de acuerdo con su grado de combustibilidad: M0, M 1, M2, M3, M4, y M5. (**Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, 1983**)

En términos generales los materiales se clasifican en dos grandes grupos:

- A. *Materiales incombustibles (M0), materiales no inflamables; no dan lugar a llamas ni producen desprendimiento de calor superior a cierto valor bajo unas determinadas condiciones de ensayo.*
- B. *Materiales combustibles, que se dividen a su vez en dos categorías:*
- Materiales no inflamables (M1): materiales que se descomponen en presencia de una fuente de calor, con desprendimiento de calor, pero sin producir llamas ni vapores inflamables.
 - Materiales inflamables: difícilmente inflamables (M2) y medianamente inflamables (M3), en los cuales la combustión cesa más o menos rápidamente cuando se aíslan de la fuente de calor e ignición; fácilmente inflamables (M4) y muy fácilmente inflamables (M5) los que arden continuamente hasta la destrucción total.

1.3.8.4.2. ACI 318S-05 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural - Protección contra el fuego

Protección contra el fuego: Cuando el reglamento general de construcción (de la cual este reglamento forma parte) especifique un espesor de recubrimiento para protección contra el fuego mayor que el recubrimiento mínimo de concreto especificado en 7.7, debe usarse ese espesor mayor. (**Reglamento ACI 318S, p.94**)

1.3.8.4.3. Norma ASTM E 119-00A. Métodos de prueba estándar para pruebas de fuego de la construcción de edificios y materiales

Para fines del proyecto se considerará las anotaciones del capítulo 5 de la norma mencionada, donde especifica lo siguiente:

EL CONTROL DE LAS PRUEBAS DE FUEGO

Curva de tiempo y temperatura

La realización de pruebas de fuego de los materiales y la construcción será controlada por la curva estándar tiempo-temperatura, manifestada en la figura 13.

Tabla 14

Los puntos de la curva estándar tiempo- temperatura que determinan su carácter.

Temperatura (° C)	Tiempo
1000 ° F (538 ° C)	a los 5 min
1300 ° F (704 ° C)	a los 10 minutos
1550 ° F (843 ° C)	a 30 min
1700 ° F (927 ° C)	a 1 h
1850°F (1010°C)	a 2 h
2000°F (1093°C)	a 4 h
2300°F (1260°C)	a 8 h a más

Fuente: ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building.

En el eje horizontal está el tiempo en minutos en que el concreto se puede analizar y del cual este proyecto se fundamenta al tomar tiempos que ya están estandarizados según la norma descrita en este capítulo.

En el eje vertical esta la temperatura en que un concreto puede ser expuesto según su periodo de tiempo. Para los ensayos realizados se consideró las temperaturas a las que podían estar sometidos los especímenes, pero esto iba a depender de su resistencia al fuego

Curva tiempo vs temperatura según la Norma ASTME E119

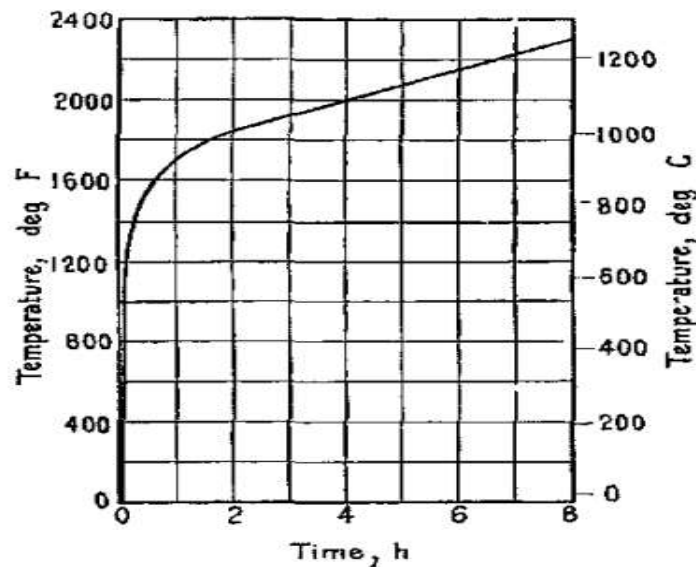


Figura 13. Curva tiempo- temperatura.

Fuente: ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building.

1.3.9. Estado del arte.

1.3.9.1. Rubcrete

Con la finalidad de buscar nuevas propiedades, disminuir costos y examinar diseños de mezcla óptimos para usos especiales, la literatura existente presenta una gran inclusión de la utilización de material reciclado en las mezclas de concreto.

Goulias and Ali (como se citó en Maldonado, Blanco y Ángel, 2016) presentaron un estudio previo donde se modifica la cantidad de caucho con la atenuante de que no fueron con porcentajes establecidos previamente.

A la vez Toutanji (como se citó en Maldonado, Blanco y Ángel, 2016) presenta un reemplazo de agregados minerales con partículas de caucho, con porcentajes ya establecidos que se encuentran en múltiplos de 25% cada uno.

Después de varios estudios se presenta un nombre para la sociedad científica con el que se puede identificar el estudio del concreto con adiciones de diversos tipos de caucho denominado “Rubcrete”, en estos concretos modificados con partículas de caucho, resaltan los estudios de sustituir material fino de la muestra con caucho, los cuales, en la mayoría de los casos, aunque mejoran algunas de las propiedades deseables para usos específicos, degradan significativamente la resistencia a la compresión de las muestras, como consecuencia de las propiedades propias del material como es la aversión y repulsión al agua, de tal forma que no permite su paso, es decir es clasificado como material hidrófobo.



Según Avilés (2006-2007), el Rubcrete presenta características favorables como densidad más baja, una dureza más alta, una resistencia de impacto más alta, ductilidad, y un sonido más eficiente y el aislamiento de calor comparado al concreto convencional, lo cual es ventajoso para usos en la construcción y geotécnicos en los cuales la deformación en la carga máxima es una preocupación primaria, utilizando este tipo de material como sub-base flexible para los pavimentos, como el lecho de asentamientos y túneles, cojines para maquinaria, o mobiliario urbano como barreras de contención (por su resistencia al impacto) y otros.

1.3.9.2. Hormigón reforzado con fibras de vidrio (GFRC)

ARQHYS (como se citó en Mármol, 2010) señala que la teoría del GFRC se ideó en la década de 1940, en Rusia. Esto surge como tentativa para reducir el espesor de los segmentos de hormigón y, de esta manera, volverlos aptos para usarlos en cerramientos de fachadas.

Para lograr lo mencionado anteriormente, el refuerzo de acero se reemplazó por filamentos de fibra de vidrio, que no demandan protección, consiguiendo asimismo paneles más delgados (con menor grosor).

Es un material compuesto, ya que las fibras de vidrio se proyectan sobre una base mortero de cemento en capas, distintas que se emplea en paneles de fachadas, depósitos de líquidos, tuberías, elementos resistentes al fuego, pavimentos, mobiliario, techos, encofrados y más.

GFRC: Fibras de vidrio



Figura 15. Fibras de vidrio (GFRC).

Fuente: Mármol, P. (2010). Hormigones con fibras de acero-*Características Mecánicas* Recuperado de http://oa.upm.es/4510/1/TESIS_MASTER_PATRICIA_CRISTINA_MARMOL_SALAZAR.pdf

1.3.9.3. Hormigón reforzado con fibras de Polipropileno (PFRC)

Las fibras de polipropileno, en este caso el nylon y poliéster, no sólo son utilizadas para disminuir la fisuración por contracción del hormigón, ya que destacan por ser químicamente inerte, estables en el medio alcalino, aportan resistencia a la abrasión e impacto, alta capacidad de absorción energética y resultan muy económicas.

Sus dimensiones, al igual que su forma y diámetro, son muy variables.

Están formadas por material polimérico extrusionado y cortado. Cumplen su tarea como plástico y como fibra, teniendo mayor resistencia a la rigidez, dureza y tracción en comparación a las fibras de polietileno. Su desventaja es que son susceptibles a la degradación por calor, luz y oxígeno.

A pesar de ser elementos discretos, al añadirse al concreto se dispersan en todo su volumen aportando continuidad, disminuyendo riesgos de fracturación en caso de separarse, incrementando la tenacidad y mejorando la recuperación post elástica. (Mármol, 2010)



1.3.10. Definición de términos.

Agregado: material granular el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Asentamiento: Acción y efecto de asentar o asentarse.

ASTM: American Society of Testing Materials. Organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para materiales, productos, sistemas y servicios.

Axial: Del eje o relacionado con él.

Caucho: Material proveniente de la trituración de neumáticos.

Cemento: Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endurece.

Combustible: Sustancia que tiene la capacidad de arder.

Comburente: Elemento o sustancia que provoca o favorece la combustión de otras sustancias.

Comportamiento: Manera de funcionar una cosa en una situación determinada.

Compresión: Acción y efecto de comprimir.

Concreto: Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

Curado: Endurecido, seco, fortalecido o curtido.

Diseño: Concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie.

Durabilidad: Calidad de un material, producto o servicio respecto a su duración.

Espécimen: Muestra, modelo, ejemplar, normalmente con las características de su especie muy bien definidas.

Fisura: Grieta que se produce en un objeto.

Granulometría: Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.

Fuego: Conjunto de partículas o moléculas incandescentes de materia combustible, capaces de emitir calor y luz visible.

Incendio: ocurrencia de fuego no controlada.

Material: De la materia o relacionado con ella.

Mezcla: Es el proceso en el cual se evalúan las proporciones de agua.

Muestra: Parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa de él.

Neumático: pieza toroidal de caucho colocada en ruedas de vehículos y máquinas.

Probeta: Modelo o muestra de un diseño de mezcla determinado.

Reciclado: Operación de reciclar un material de desecho.

Residuo: Materia inservible producto de la destrucción y/o descomposición de una cosa.

Resistencia: Acción y efecto de resistir o resistirse.

Revenimiento: Hundimiento parcial del terreno de una mina.

Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.

Termocupla: Sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

Termómetro: Instrumento que sirve para medir la temperatura.

Termostato: Aparato o dispositivo que, conectado a una fuente de calor, sirve para regular la temperatura de manera automática, impidiendo que suba o baje del grado adecuado.

Trituración: Efecto de reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda.

Vidrio sódico cálcico: Vidrio formado por sílice, sodio y calcio principalmente.

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera se comporta el concreto con material reciclado: caucho y vidrio sódico cálcico a altas temperaturas?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación tecnológica.

Debido a múltiples factores, tanto accidentales como de diseño, los elementos estructurales de concreto pueden verse sometidos a altas temperaturas en diversas situaciones que puedan generar alteraciones en la estructura interna del material, generando fisuraciones que afecten su resistencia y aumenten la deformabilidad. Estos cambios dependen principalmente del nivel de temperatura alcanzado, del tiempo de exposición y de las propiedades de los materiales componentes.

El presente proyecto está orientado a la realización de ensayos de resistencia a la compresión y de trabajabilidad, mediante la elaboración de probetas de concreto incluyendo caucho y vidrio sódico cálcico; permitiendo así mejorar las propiedades mecánicas de los concretos convencionales.

(Sika, 2011) El concreto con fibra de caucho ha venido revolucionando el mercado de la construcción. La adición de fibra en la composición del concreto mantiene

las características de tenacidad, controla la fisuración y mejora la resistencia tanto a flexión y compresión.

El caucho como agregado en el hormigón para su utilización en la construcción. tiene varias aplicaciones, dentro de ellas se encuentran la elaboración de paredes exteriores, caminos peatonales, aditivo para mezclas bituminosas aceras, pavimentos flexibles, fachadas de edificios, morteros muy porosos de sistemas de purificación de aguas, etc. (Estrada, 2016).

El vidrio reciclado molido presenta diversas aplicaciones, tanto en el área hidráulica: como material de protección en tuberías, filtros de agua con vidrio molido en sustitución de la arena; como material constituyente de asfalto para vías, base o subbase en carreteras, agregado en la elaboración de baldosas, adoquines, bloques con mejores acabados estéticos, y como sustituto del agregado fino en el hormigón. (Peñañiel, 2016, p.14).

1.5.2. Justificación social.

Socialmente, el proyecto se justifica porque proporcionará una alternativa para confrontar el problema de fallas, colapso y deterioro de las estructuras de las edificaciones producidas por el fuego, obteniendo como resultado construcciones de mejor calidad para la sociedad y mejor apariencia estética.

1.5.3. Justificación ambiental.

Hoy en día, una de las mayores problemáticas y preocupaciones a nivel mundial es la conservación y cuidado del medio ambiente. El empleo de materiales reciclados en procesos constructivos permite disminuir la contaminación ambiental, crear productos con menor inversión de materia prima, reducir al mínimo la explotación de recursos no renovables, así como generar nuevas fuentes energéticas y económicas. De esta manera, el uso de vidrio sódico cálcico y caucho toma importancia para este trabajo.

1.5.4. Justificación económica.

El costo del caucho es menor que el de los polímeros, y al utilizarlo como aditivo disminuye la cantidad de materia prima virgen utilizada. En algunos casos logra reducir casi a la mitad los polímeros que lleva un plástico.

En el caso del vidrio, este será obtenido a través de envases de productos que se consumen con normalidad, de tal manera que no genere gasto adicional.

1.6. Hipótesis

Si se utiliza caucho y vidrio sódico cálcico como reemplazo del agregado fino en las mezclas de concreto, entonces las propiedades mecánicas mejorarán después de someterse a altas temperaturas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general.

Evaluar el comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: caucho y vidrio sódico cálcico.

1.7.2. Objetivos específicos.

1. Determinar composición química del caucho proveniente de neumáticos en desuso y vidrio sódico cálcico obtenido de envases comunes.
2. Realizar ensayos de agregados de agregados naturales y materiales a emplear.
3. Elaborar un diseño de mezcla de concreto patrón, para resistencias $f'c$ de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .
4. Elaborar un diseño de mezcla de concreto empleando en su composición material reciclado: caucho y vidrio sódico cálcico con un $f'c$ de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 , estableciendo la proporción adecuada de cada material en la composición de la mezcla.
5. Evaluar el comportamiento físico y mecánico de probetas de concreto patrón y con material reciclado sin y con exposición a altas temperaturas.
6. Elaborar una propuesta económica del diseño de mezclas de concreto con caucho y con vidrio sódico cálcico.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

Para contestar las preguntas de la investigación y comprobar las hipótesis mediante la recolección y análisis de datos, además de implicar la intervención o transformación de la propia realidad, manifestada en el diseño de nuevos producto o procedimiento, esta investigación es tipo cuantitativa-tecnológica.

2.1.2. Diseño de investigación.

Se ha determinado que la investigación es experimental – experimentos puros, debido a la manipulación de las variables y el control de factores externos. La realización de ensayos en laboratorio permite comprobar la hipótesis y el procesamiento de los resultados fueron procesados mediante distintos softwares.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población.

La población destinada para esta investigación es el conjunto de probetas cilíndricas de concreto (testigos), ensayadas según NTP. 339.034:2008 y Normas ASTM E119-00A.

2.2.2. Muestra.

La muestra estará compuesta por un total de 294 probetas cilíndricas de concreto, de las cuales 126 incluirán caucho (10%,20% y 30%); 126 con vidrio sódico cálcico (10%,20% y 30%) y 42 de concreto patrón, para una resistencia inicial de $f'c$ de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 , de las cuales 168 serán evaluadas mecánicamente sin someter al fuego y 126 sometidas a la exposición de fuego.

Para la muestra se ha tenido en cuenta los siguientes indicadores:

- A. Resistencia de diseño del concreto = 210 kg/cm^2 , 280 kg/cm^2 .
- B. Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso = 1/2"
- C. Tiempo de rotura de los especímenes = 7,14, 21 y 28 días
- D. Dosificaciones de 10, 20 y 30 % para cada resistencia específica.

2.2.3. Muestreo de ensayos.

Tabla 15

Número de Muestras cilíndricas sometidas a ensayos de compresión.

Muestras para ensayos de resistencia a la compresión								
Indicador	%	Edad (días)				Parcial	Resistencia a la compresión	
		7	14	21	28		f'c= 210 kg/cm ²	f'c= 280 kg/cm ²
Patrón		3	3	3	3	12		
Vidrio	10%	3	3	3	3	12		
Sódico	20%	3	3	3	3	12		
Cálcico	30%	3	3	3	3	12	84	84
	10%	3	3	3	3	12		
Caucho	20%	3	3	3	3	12		
	30%	3	3	3	3	12		
Total								168

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Número de Muestras cilíndricas sometidas a ensayos de exposición a fuego para una resistencia a la compresión f'c= 210 kg/cm².

Muestras para exposición al fuego- Después de 28 días								
Tiempo de exposición (min)	CP	Resistencia a la compresión f'c= 210 kg/cm ²						Total
		Porcentaje de caucho			Porcentaje de vidrio sódico cálcico			
		10%	20%	30%	10%	20%	30%	
15 min	3	3	3	3	3	3	3	21
30 min	3	3	3	3	3	3	3	21
60 min	3	3	3	3	3	3	3	21
Total								63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Número de Muestras cilíndricas sometidas a ensayos de exposición a fuego para una resistencia a la compresión f'c= 280 kg/cm².

Muestras para exposición al fuego- Después de 28 días								
Tiempo de exposición (min)	CP	Resistencia a la compresión f'c= 280 kg/cm ²						Total
		Porcentaje de caucho			Porcentaje de vidrio sódico cálcico			
		10%	20%	30%	10%	20%	30%	
15 min	3	3	3	3	3	3	3	21
30 min	3	3	3	3	3	3	3	21
60 min	3	3	3	3	3	3	3	21
Total								63

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Variables, operacionalización

Variables independientes

Caucho

Vidrio sódico cálcico

Variable dependiente

Resistencia a la compresión del concreto a altas temperaturas.

2.3.1. Operacionalización de variables.

Tabla 18

Operacionalización de variables independientes

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Sub-índices	Índice	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumentos de medición	
Concreto con caucho	Diseño de Mezclas Patrón	Dosificación de Agregado fino y grueso	Proporción	m ³	Observación directa y análisis de documentos	Planilla de observación (Formatos LEM-USS)	Balanza	
		Dosificación de Agua	Proporción	Lt			Balanza	
		Dosificación de Cemento	Proporción	Bolsas			Balanza	
	Diseño de Mezclas con porcentaje de caucho reemplazante del agregado fino	Porcentaje de caucho reemplazante del agregado fino	Proporción	%			Balanza	
		Dosificación de Agregado fino y grueso	Proporción	m ³			Balanza	
		Dosificación de Agua	Proporción	Lt			Balanza	
	Evaluación de propiedades físicas	Asentamiento	Dosificación de Cemento	Proporción			Bolsas	Cono de Abrams Olla de Washington Termómetro
			Medición				Pulgadas	
		Contenido de aire	Relación de fuerza sobre área	%				
		Temperatura	Clima	°c				
	Evaluación de propiedades mecánicas	Peso unitario	Relación entre masa y volumen				gr/cm ³	Balanza
			Resistencia a la compresión	Relación de fuerza sobre área			kg/cm ²	Prensa
Análisis químico del caucho proveniente de neumáticos en desuso	Plomo	Pb	ppm	Análisis de documentos- Normas				
	Cromo	Cr	ppm					
	Cadmio	Cd	ppm					
Evaluación económica	Costos	Metro cúbico		S/.	Balanza, Probeta			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Operacionalización de variables independientes

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Sub-índices	Índice	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumentos de medición		
Concreto con vidrio sódico cálcico	Diseño de Mezclas Patrón	Dosificación de Agregado fino y grueso	Proporción	m ³	Observación directa y análisis de documentos	Planilla de observación (Formatos LEM-USS)	Balanza		
		Dosificación de Agua	Proporción	Lt			Balanza		
		Dosificación de Cemento	Proporción	Bolsas			Balanza		
	Diseño de Mezclas con porcentaje de caucho reemplazante del agregado fino	Porcentaje de vidrio sódico cálcico reemplazante del agregado fino	Proporción	%			Balanza		
		Dosificación de Agregado fino y grueso	Proporción	m ³			Balanza		
		Dosificación de Agua	Proporción	Lt			Balanza		
	Evaluación de propiedades físicas	Dosificación de Cemento	Proporción	Bolsas			Balanza		
		Asentamiento	Medición	Pulgadas			Cono de Abrams		
		Contenido de aire	Relación de fuerza sobre área	%			Olla de Washington		
		Temperatura	Clima	°c			Termómetro		
		Peso unitario	Relación entre masa y volumen	gr/cm ³			Balanza		
	Evaluación de propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Relación de fuerza sobre área	kg/cm ²			Prensa		
		Análisis químico del vidrio sódico cálcico proveniente de envases	Óxido de Silicio	SiO ₂			%	Análisis de documentos-Normas	Formato de Laboratorio
	Óxido de Sodio		Na ₂ O	%					
	Óxido de Calcio		CaO	%					
Óxido de Potasio	K ₂ O		%						
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃		%						
Evaluación económica	Óxido de Magnesio	MgO	%	Observación		Balanza, Probeta			
	Costos	Metro cúbico	S/.						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20*Operacionalización de variable dependiente*

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub-índices	Índice	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumentos de medición
Comportamiento del concreto a altas temperaturas	Resistencia a la compresión obtenida	f _c a los 28 días	Relación de fuerza sobre área	kg/cm ²			Prensa
	Temperatura	Fuego	a los 15 mins	° C	Observación directa y análisis de documentos	Formatos LEM-USS	Termocupla y termostato
			a los 30 mins	° C			
			a los 60 mins	° C			
	Patologías	Daños	Mm				
	Tiempo	Exposición	Relación de fuerza sobre área	Hr/min			Cronómetro

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnica de recolección de datos.

Observación Directa

Se utilizó esta técnica para percibir intencionalmente el fenómeno o suceso, recopilar información y registrarla para, posteriormente, analizar los eventos ocurrientes.

Análisis de Documentos

Se tomó en cuenta libros, tesis, conferencias, etc, relacionados al tema que se está investigando, con la finalidad de seleccionar y complementar la información faltante.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos aplicados fueron una guía de observación y una guía de análisis documental.

2.4.2.1. Guía De Observación

Contiene formatos para ensayos de laboratorio, con los que se obtiene la información técnica precisa para realizar comparaciones y emitir conclusiones referentes al tema de investigación. Estos fueron proporcionados por la Universidad Señor de Sipán a través de su Laboratorio de Ensayos de Materiales.

Formatos de recolección de datos de las propiedades de los agregados

- a) Formato para Ensayo de Granulometría de Agregados. **Anexos 2.1.1 y 2.1.2.**
- b) Formato para Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Humedad de Agregado Fino **Anexo 2.1.3.**
- c) Formato para Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Humedad de Agregado Grueso **Anexo 2.1.4.**
- d) Formato para Ensayo de Peso Específico y Absorción de Agregados. **Anexo 2.1.5 y 2.1.6.**
- e) Formato para Ensayo de Abrasión de Los Ángeles. **Anexo 2.1.7**
- f) Formato del Resumen de Análisis de los agregados. **Anexo 2.1.8.**

g) Formato de diseños de mezcla del concreto

- a) Formato de recolección de datos para el diseño de mezclas de concreto. **Anexo 2.2.**
Formato de recolección de datos de las propiedades físicas del concreto patrón y del concreto con material reciclado
- a) Formato de recolección de datos del asentamiento del concreto. **Anexo 2.3.1.**
- b) Formato de recolección de datos del peso unitario del concreto. **Anexo 2.3.2.**
- c) Formato de recolección de datos del contenido de aire del concreto. **Anexo 2.3.3.**
- d) Formato de recolección de la determinación de la temperatura del concreto. **Anexo 2.3.4.**

Formato de recolección de datos de las propiedades mecánicas del concreto patrón y del concreto con material reciclado

- a) Formato de recolección para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto. **Anexo 2.4.1.**
- b) Formato de recolección para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto sometido al fuego directo. **Anexo 2.4.2.**

Formato para la propuesta económica

- a) Formato de recolección para la propuesta económica de los diseños de mezcla. **Anexo 2.5.**

2.4.2.2. Guía De Análisis De Documentos

Contiene normas técnicas que facilitaron el desarrollo de la investigación, como se puede observar en la tabla 21.

Tabla 21

Descripción de Normas utilizadas para la presente investigación.

NORMATIVA EMPLEADA	
1. AGREGADOS	
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012
Determinación de “Peso Unitario” y los vacíos en los agregados	NTP 400.017
Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185
Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022
Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021
Abrasión de Los Ángeles	NTP 400.019
2. CONCRETO	
II.1. Concreto en estado fresco	
Asentamiento del concreto fresco	NTP 339.035
Peso unitario	NTP 339.046
Método de ensayo del contenido de aire atrapado	NTP 339.083
Temperatura de las mezclas de hormigón	NTP 339.184
II.2. Concreto en estado endurecido	
Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo	NTP 339.033
Resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	NTP 339.034
3. EXPOSICIÓN AL FUEGO	
Reacción al fuego	NTP:38
Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural - Protección contra el fuego	ACI 318S-05
Métodos de prueba estándar para pruebas de fuego de la construcción de edificios y materiales	Norma ASTM E 119-00A.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Procedimiento de análisis de datos.

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.

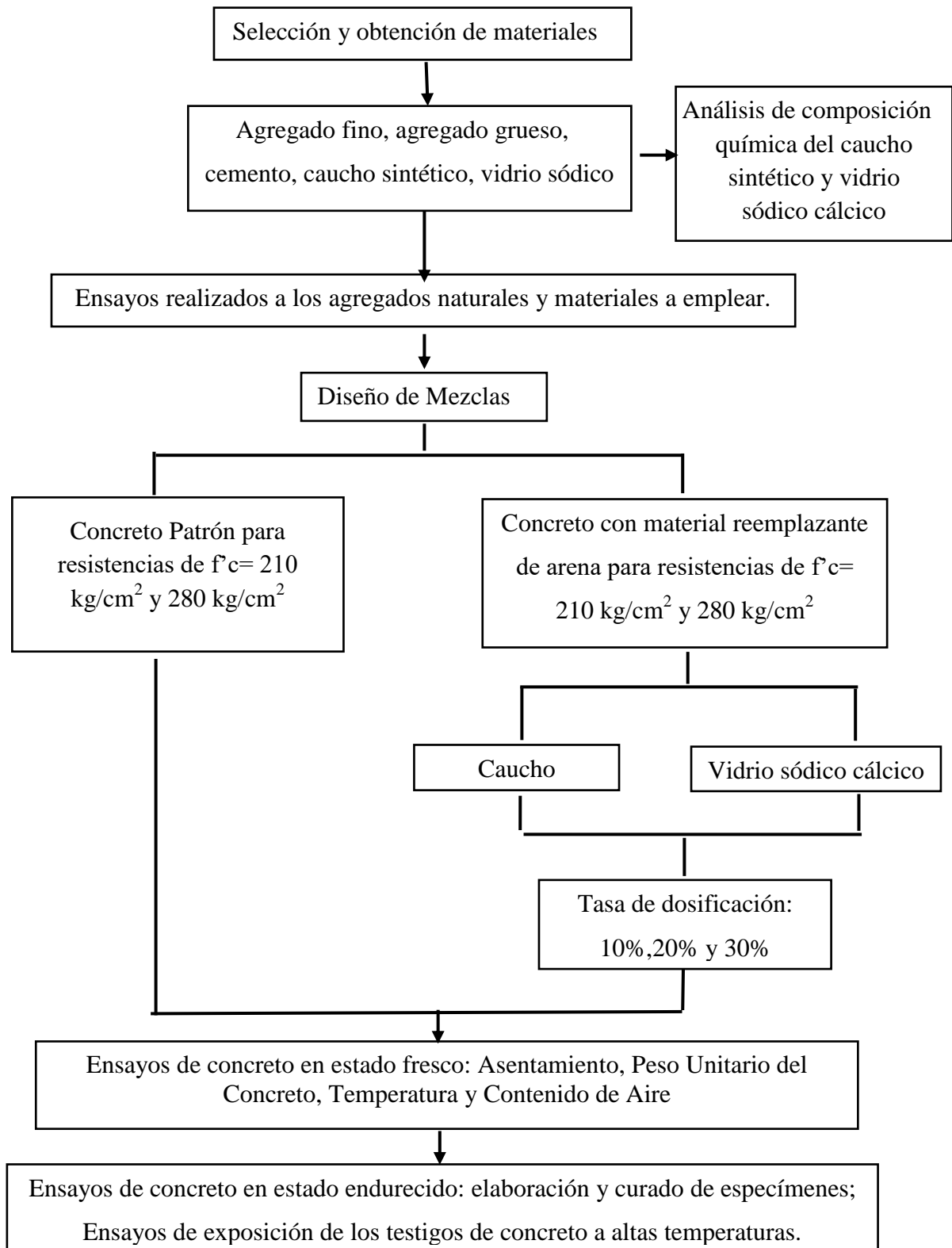


Figura 17. Diagrama de flujo de procesos.

Fuente: Elaboración propia.

Los diseños de mezclas para las resistencias de 210 y 280 kg/cm² se desarrollaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán (USS). Los testigos de concreto se elaboraron respetando los requerimientos exigidos en las NTP y ASTM.

Para la recolección de datos se utilizaron los debidos instrumentos detallados anteriormente, siguiendo una secuencia de ensayos plasmados en el diagrama de flujo de procesos. La comprobación y análisis de datos de las muestras según la información obtenida se realizó mediante: Distribuciones de frecuencias, a través de la construcción de gráficos e histogramas.

2.5.2. Descripción de procesos.

2.5.2.1. Selección y obtención de materiales.

- El agregado fino y agregado grueso: Cantera La Victoria.

Ubicación:

Se ubica en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. A unos 31km desde la provincia de Chiclayo.

Coordenadas UTM: 9260500 a 558200.

Propietarios: “Asociación Civil Las Canteras “Pampas de Burros – La Victoria – Pátapo.”

Materiales que se explotan: Piedra base, Piedra azul, Hormigón, Arena fina zarandeada, ripio corriente para base.



Métodos de extracción:

Oblitas, Racho, Peralta, Muñoz y Mc Callum (2017), mencionan que para la remoción de los suelos se emplea maquinaria pesada, trasladándose a la máquina clasificadora o mallas metálicas.

Equipo: cargadores frontales, máquina clasificadora, volquetes uno de 20 y 5 cubos.

No se hace uso de materiales explosivos.

Tabla 22

Productos ofertados en la Cantera La Victoria

Material	Usos	Precio (m³)
Arena amarilla	Morteros y mampostería estructural y convencional	S/. 17.00
Afirmado	Diseño de caminos de bajo volumen de tránsito	S/. 16.00
Piedra azul	Concretos de resistencias normales a la compresión y en la fabricación de tubos y mezclas	S/. 42.00
Piedra over	Sobrecimientos, preparación de concretos ciclópeos, filtro para suelos de edificaciones y carreteras de alto nivel freático.	S/. 8.00

Fuente: Oblitas, Racho, Peralta, Muñoz y Mc Callum (2017). INFORME DE VISITA A CANTERA “LA VICTORIA”.

- El cemento utilizado fue Cemento Pórtland Tipo I.
- El agua potable utilizada fue proveniente de las instalaciones de Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- El caucho de llanta triturada en desuso: Empresa OAK SPORT S.A.C., Lima, Perú.
- El vidrio sódico cálcico proviene de la recolección de botellas y/o envases sin tener en cuenta su forma ni contenidos previos, a excepción del color, porque se trata de un vidrio transparente.

2.5.2.2. Ensayos realizados a los agregados y materiales.

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Señor de Sipán., bajo las Normas de la American Society For Testing Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP).

2.5.2.2.1. Análisis granulométrico por tamizado

Ensayo que consiste en pasar una muestra del material a través de una serie de mallas de dimensiones estandarizadas, a fin de determinar las proporciones relativas de los diversos tamaños de las partículas, tanto de arena gruesa como de piedra. (NTP 400.012 AGREGADOS)

Material y equipo utilizado:

- Tamices de 3/8" al tamiz N.º 100
- Tamices entre 2" y N.º 16.
- Cepillo de cerdas o escobilla
- Balanza
- Taras
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Caucho
- Vidrio sódico cálcico

A. Agregado fino

Se pesó una muestra inicial de 500 gramos (gr) de agregado fino, lavada con anterioridad a través de la malla 200 y haberla dejado secar por 24 horas. En estado seco es separado a través de una serie de mallas o tamices que van ordenadas de una abertura mayor a una abertura menor (Nº3/8" hasta Nº100 incluyendo el fondo), se determinó el tamaño de partículas que pasan y quedan retenidos en cada malla.

Lavado de agregado fino



Figura 19. Lavado de muestra de agregado fino en la malla N.º 200.

Fuente: Elaboración propia.

Tamizado de agregado fino a través de mallas normalizadas



Figura 20. Granulometría de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado grueso

La muestra para ensayar fue de 3000 gramos (gr) de agregado grueso que en estado seco es separado a través de una serie de mallas que van ordenadas de una abertura mayor a una menor (N°2 hasta N°4), para determinar el tamaño de partículas que pasan y quedan retenidos en cada malla.

Tamizado de agregado grueso a través de mallas normalizadas



Figura 21. Granulometría de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

C. Caucho

Como este material, será utilizado para reemplazar parcialmente el agregado fino; pasó por un proceso de tamizado en las mallas normalizadas propuestas por la norma ASTM.

Tamizado de caucho a través de mallas normalizadas



Figura 22. Granulometría de caucho.

Fuente: Elaboración propia.

D. Vidrio sódico cálcico

Las botellas recicladas fueron sometidas a un lavado con la ayuda de una escobilla, agua y detergente común, a fin de sacudir cualquier residuo acumulado. Cuando estuvieron secas y limpias se trasladaron a la Máquina de Abrasión Los Ángeles, donde se dio paso a la molienda del vidrio.

Trituración y molienda de envases de vidrio



Figura 23. Ingreso de envases de vidrio a la Máquina de Los Ángeles para su trituración y molienda.

Fuente: Elaboración propia.

A través del tamizado por la malla N°4. y se obtuvo un material de tamaño adecuado para ser considerado en el reemplazo parcial de la arena.

Tamizado de vidrio a través de las mallas normalizadas



Figura 24. Tamizado de vidrio sódico cálcico triturado y molido.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.2.2. Peso Unitario suelto y compactado

Este ensayo fue necesario para determinar del peso unitario suelto o compactado de los agregados y se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.017 AGREGADOS.

Material y equipo utilizado:

- Una balanza de precisión de 0.5% del peso de la muestra.
- Un piso o varilla para compactar de 5/8" y 60 cm de largo.
- Molde cilíndrico metálico.
- Cucharón
- Martillo de goma
- Agregados

A. Agregado fino

Se empleó un molde metálico de 15.22 cm de diámetro y 15.55 cm de altura; con un peso de 5263 gramos y un volumen de 0.002827 m³. Para obtener el peso unitario suelto, se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras. Sin embargo, para el peso unitario compactado, el peso del material se acomoda intencionalmente mediante la compactación a través de 3 capas, haciendo uso de una varilla y apisonándolo con 25 golpes por cada capa, hasta finalmente enrasar el molde.

Vaciado del agregado fino en el molde metálico



Figura 25. Vaciado de muestra de agregado fino al molde de peso unitario.

Fuente: Elaboración propia.

Nivelación de agregado fino en el molde metálico



Figura 26. Eliminación de material excedente para peso unitario del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado grueso

Para este caso se utilizó un molde metálico de dimensiones, 228mm de diámetro y 229 mm de altura; que se llenó en 3 capas con el agregado grueso hasta el reboce. Cada capa fue apisonada con 25 golpes.

Compactación de agregado grueso



Figura 27. Vaciado de muestra de agregado grueso al molde de peso unitario.

Fuente: Elaboración propia.

C. Caucho

Se empleó un molde metálico de 15.50 cm de diámetro y 15 cm de altura; con un peso de 3038 gramos y un volumen de 0.002830 m^3 . El procedimiento fue igual al que se realizó con el agregado fino.

D. Vidrio sódico cálcico

Se empleó un molde metálico de 15.50 cm de diámetro y 15 cm de altura; con un peso de 3038 gramos y un volumen de 0.002830 m^3 . El procedimiento fue igual al que se realizó con el agregado fino.

Peso unitario del vidrio sódico cálcico.



Figura 28. Peso unitario suelto y compactado del vidrio sódico cálcico

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.2.3. *Peso específico y absorción*

La NTP 400.022 y NTP 400.021 AGREGADOS describe el método a seguir para la determinación del peso específico aparente y real, tanto para agregado fino como para agregado grueso. La absorción en términos coloquiales es la capacidad que tiene un material de retener agua.

Material y equipo utilizado:

- Balanzas
- Cubo o tara de volumen de 9.1 lt. y 11.8 Kg
- Horno
- Balanza de precisión de 0.5% del peso de la muestra.
- Canastilla de alambre para sumergir al agua
- Balde de plástico.
- Molde cónico con pisón.
- Fiola de 500 cm³.
- Recipientes .
- Pipeta.
- Embudo.
- Franela.

A. Agregado fino

Una muestra de agregado fino es saturada en agua por 24 h. Luego de ese lapso, se retira el agua y se determina la masa.

Muestra de agregado fino saturada



Figura 29. Muestra de agregado fino después de haber saturado 24 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Esa muestra se coloca en un recipiente graduado para secarla entre 1 a 2 horas. Finalmente, la muestra es secada en horno por 24h y la masa se determina de nuevo.

Usando los valores de la masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la gravedad específica, y la absorción del agregado fino.

Proceso de secado de agregado fino después de haberse saturado



Figura 30. Secado de agregado fino para obtener una muestra saturada superficialmente seca.

Fuente: Elaboración propia.

Método gravimétrico para obtención de peso específico de agregado fino



Figura 31. Obtención del volumen del agregado fino por el método gravimétrico.

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado grueso

Las muestras de agregado grueso, de 3 kg cada una, son saturadas en agua por 24 horas. Después de ese periodo de tiempo se retira el agua, y aquella queda en la superficie de las partículas se seca para determinar el peso.

Secado superficial del agregado grueso



Figura 32. Secado del agua de la superficie de las partículas de agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, dicha muestra se coloca en una canastilla sumergida en agua y se determina el volumen de la muestra. Por último, la muestra es secada en horno por 24h y es pesada nuevamente para determinar el peso específico de masa.

Sumergimiento de agregado grueso en canastilla.



Figura 33. Muestra del agregado grueso sumergida en canastilla con agua.

Fuente: Elaboración propia.

C. Caucho

Se pesa una muestra inicial de 28 gr, que se introducen en un frasco Le Chatelier de 24 ml con kerosene. Se mide la temperatura hasta llegar a los 20 ° C. Se anotan las lecturas inicial y final.

Método gravimétrico para calcular peso específico de caucho



Figura 34. Obtención de peso específico de caucho.

Fuente: Elaboración propia.

D. Vidrio sódico cálcico

El proceso para calcular el peso específico y absorción del vidrio sódico cálcico es igual al del agregado fino y caucho.

Secado superficial de muestra saturada de vidrio sódico cálcico



Figura 35. Secado de vidrio para obtener una muestra saturada superficialmente seca.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.2.4. *Contenido de humedad*

Se efectuó teniendo en cuenta la NTP 339.185 AGREGADOS, cuyo propósito es hallar el porcentaje total de humedad evaporable en las muestras de agregados.

Material y equipo utilizado:

- Balanza con precisión dentro del 0.1%.
- Horno de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Guantes.
- Taras.
- Agregados

A. Agregado fino

Se colocó muestra del agregado fino en un recipiente al horno para que seque por 24h. Al retirarla del horno, se procedió a pesar y mediante las fórmulas de este método se obtiene el porcentaje del contenido de humedad del agregado fino.

Extracción de agregado fino tras secar 24 horas.



Figura 36. Extracción de la muestra de agregado fino después de haberse sometido a secado por 24 horas en un horno.

Fuente: Elaboración propia.

B. Agregado grueso

Muestra de agregado grueso se coloca en un recipiente dentro de un horno para que seque exactamente 24h. Cuando la muestra se retira del horno; se pesa para obtener el porcentaje del contenido de humedad del agregado grueso.

Muestra de agregado grueso extraída del horno tras 24 horas.



Figura 37. Muestra de agregado grueso secada por 24 horas en un horno.

Fuente: Elaboración propia.

C. Caucho

Muestra de 500 gr de caucho se coloca en un recipiente dentro de un horno para que seque exactamente 24h.

Muestra de caucho extraída del horno tras 24 horas.



Figura 38. Muestra de caucho secada por 24 horas en un horno.

Fuente: Elaboración propia.

D. Vidrio sódico cálcico

Muestra de 500 gr de vidrio sódico cálcico se coloca en un recipiente dentro de un horno para que seque exactamente 24h.

Muestra de vidrio sódico cálcico extraída del horno tras 24 horas.



Figura 39. Muestra de vidrio sódico cálcico secada por 24 horas en un horno.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.2.5. Abrasión de los Ángeles

Ensayo efectuado con la NTP 400.019, para determinar el porcentaje de desgaste del agregado grueso. Se pesan 5 kg de agregados grueso que se someten a 200 y 300 revoluciones. Posteriormente, se procesa a pesar el material retenido en la malla N° 12.

Material y equipo utilizado:

- Máquina de desgaste o abrasión de Los Ángeles
- Tamices
- Esferas de acero.
- Balanza. Sensibilidad de 1.0 gr.

Ensayo de Abrasión del agregado grueso en la Máquina de Los Ángeles



Figura 40. Muestra de piedra después de ser ensayada en la Máquina de Los Ángeles.

Fuente: Elaboración propia.

Muestra tamizada por la malla N° 12



Figura 41. Agregado grueso tamizado por la malla N° 12.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.3. *Diseño de mezclas*

2.5.2.3.1. *Diseño de Mezclas Patrón*

El diseño de mezclas patrón con las resistencias especificadas a la compresión del concreto ($f'c$) de 210 y 280 kg/cm² se realizó con el Método del Comité 211 del ACI. (American Concrete Institute)

Tras la obtención de datos de los ensayos de los agregados, se calculó las tandas para cada diseño y se procedió a realizar el vaciado de concreto en los moldes para las testigos que serán curados y evaluados en edades de 7,14, 21 y 28 días.

Material y equipo utilizado:

- Cemento y agua.
- Agregados.
- Mezcladora de concreto.
- Balanza.
- Moldes de probetas.
- Varilla lisa para apisonado de $\varnothing= 5/8"$ y punta redondeada L=60 cm.
- Cucharones
- Baldes.
- Guantes.
- Martillo de goma.
- Lubricante.
- Probeta graduada.

Elaboración del diseño de mezclas de concreto.



Figura 42. Elaboración del diseño de mezclas patrón.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.3.2. *Diseño de Mezclas con material reemplazante del agregado fino*

Se realizó de igual manera que el diseño de mezclas patrón; a diferencia de las dosificaciones del material reemplazante. Para ambas resistencias evaluadas de $f'c = 210$ y 280 kg/cm^2 , los porcentajes determinados fueron de 10 %, 20 % y 30 % respecto al peso del agregado fino.

Se utilizaron los mismos materiales mencionados anteriormente, en referencia al diseño de mezclas patrón, agregado el empleo del caucho y vidrio sódico cálcico.

2.5.2.4. *Ensayos de concreto en estado fresco.*

2.5.2.4.1. *Asentamiento del concreto*

Se efectuó mediante la NTP 339.035 CONCRETO que sirve para medir el asentamiento del concreto con el cono de Abrams, es decir la trabajabilidad y fluidez de las mezclas elaboradas.

Material y equipo utilizado:

- Cono de Abrams de medidas estándar.
- Wincha metálica.
- Varilla metálica.
- Cucharón.
- Mezcladora de concreto

Ensayo de asentamiento del concreto



Figura 43. Ensayo de asentamiento del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Medición de asentamiento en la mezcla



Figura 44. Prueba de asentamiento con el cono de Abrams.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.4.2. *Temperatura de la mezcla de hormigón*

Basado en la NTP 339.184:2013. (CONCRETO), es necesario para medir la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

Material y equipo utilizado:

- Termómetro.
- Mezcladora de concreto

Ensayo de medición de temperatura en las mezclas



Figura 45. Temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.4.3. *Contenido de aire atrapado*

La NTP 339.083 (CONCRETO) señala que este método establece la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados.

Material y equipo utilizado:

- Olla de Washington.
- Cucharón.

Ensayo de contenido de aire atrapado en el concreto



Figura 46. Realización del ensayo de contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.4.4. *Peso unitario del concreto fresco*

Según la NTP 339.046 HORMIGÓN (CONCRETO) este método determina la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

Material y equipo utilizado:

- Molde metálico.
- Balanza.
- Varilla metálica.
- Cucharón.
- Mezcladora
- Agregados

Ensayo de Peso unitario del concreto.



Figura 47. Realización del ensayo de peso unitario del concreto fresco.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.5. Ensayos de concreto en estado endurecido.

2.5.2.5.1. Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo

Práctica normalizada según la NTP 339. 033, que señala el procedimiento para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica. Las muestras elaboradas tuvieron un período de curado de 7, 14, 21 y 28 días, en una poza de laboratorio.

Elaboración de muestras de concreto



Figura 48. Elaboración y curado de especímenes de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.5.2. Resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

A. Resistencia a la compresión de muestras sin exposición al fuego

Este parámetro es obtenido a través del ensayo realizado de acuerdo con la NTP 339.034 a un total de 294 probetas hechas en laboratorio, con medidas de 4" de diámetro y 8" de altura, a 7, 14, 21 y 28 días de vida. Las muestras permanecieron en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente fueron curadas bajo agua hasta el día de ensayo.

Material y equipo utilizado:

- Prensa de compresión.
- Muestras cilíndricas.

Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas



Figura 49. Ensayo de resistencia a la compresión de testigos de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

B. Resistencia a la compresión de muestras a altas temperaturas

Este proceso analiza la exposición al fuego de muestras de concreto con edad de 28 días, a temperaturas que oscilan entre 500 y 1000 ° C en tiempos requeridos de 15, 30 y 60 minutos con el fin de observar sus cambios físicos y mecánicos; teniendo en consideración las normas descritas en el ítem 1.3.8.3.

1. Para preparar el horno se colocan los comburentes, que son el carbón y la leña y se vierte kerosene, que es el combustible.
2. Se instala el termostato con la termocupla y se comprobando su buen funcionamiento, se empezó a colocar los especímenes agrupados en 12 y 16

muestras, las cuales tenían descrito en la parte superior su resistencia teórica, porcentaje correspondiente y una codificación.

3. Los especímenes fueron colocados en posición verticalmente, de acuerdo a como se obtendrá su resistencia a la compresión.
4. Verificando tener la temperatura requerida para el ensayo, se controló el tiempo en que los especímenes podían soportar la temperatura.
5. Una vez terminado el ensayo, los especímenes pasaban por un tiempo de enfriamiento (24 horas) antes de llevarlos al laboratorio para ser sometidos al ensayo de ruptura y obtener su resistencia después de haber sido estas sometidas al fuego.

Material y equipo utilizado:

- Horno artesanal: construido en el exterior del laboratorio de Ensayo de Materiales, con ladrillo artesanal y King Kong 18 huecos. Tiene una entrada frontal, una chimenea metálica en la parte superior de la cúpula y un espacio para colocar la leña en la parte inferior.

Tarrajeado interiormente con mezcla de mortero con cemento refractarios, vidrio y barro.

Las juntas de 1.5 cm fueron reforzadas con cemento refractario.

Sus dimensiones son de diámetro interior 0.80 m., diámetro exterior 1.20m, altura es de 0.90m.

Las dimensiones de la base donde se sostiene el horno son: 1.20*1.20m por una altura de 0.75m

Horno artesanal utilizado para el ensayo de exposición al fuego.



Figura 50. Horno artesanal utilizado en la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

- Termostato: controlador de temperatura con el cual monitorea la temperatura que se requiere, a través de la termocupla.
- Medidor de temperatura: Termocupla de níquel y cromo tipo k, que soporta hasta un total de 1200°C.
- Combustible: kerosene.
- Comburentes: carbón, leña
- Energía de activación: generada por fósforos, papel, bolsas plásticas.
- Tenazas.
- Equipos de protección personal: guantes, mascarillas, lentes, zapatos punta de acero.

Sensor de temperatura: Termocupla tipo k



Figura 51. Modelo de termocupla utilizada en la investigación.

Ensayo de exposición al fuego en intervalos de tiempo de las muestras de concreto con caucho



Figura 52. Introducción y exposición al fuego de muestras de caucho.

Fuente: Elaboración propia.

**Ensayo de exposición al fuego en intervalos de tiempo de muestras de concreto con vidrio
sódico cálcico**



Figura 53. Introducción y exposición al fuego de muestras de vidrio sódico cálcico.

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Criterios éticos

Las normas morales y éticas, deberes y valores que todo ingeniero debe cumplir, son plasmados en el Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú. (CIP, 2012)

CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

CAPÍTULO III: FALTAS CONTRA LA ÉTICA PROFESIONAL Y SANCIONES

2.6.1. Sub Capítulo I: DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

Los ingenieros tienen la facultad de poner sus conocimientos en beneficio de la seguridad, paz y bienestar de la sociedad. De esta manera cuidarán los recursos humanos, económicos, naturales y materiales. En caso contrario, podrían denunciar actos inherentes a las normas establecidas en el código del Colegio de ingenieros del Perú ante la autoridad competente con el fin de sancionar a los responsables. (CIP, 2012)

2.6.2. Sub Capítulo II: DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO

Los informes objetivos y veraces que presenten los ingenieros deben explicar el trabajo, opiniones o méritos de acuerdo a un análisis. Además, no deben participar en o promover proyectos de terceros con fines ajenos a ellos. (CIP, 2012)

2.6.3. Sub Capítulo III: DE LA COMPETENCIA Y PERFECCIONAMIENTO DE PROFESIONAL

Los ingenieros solo realizarán trabajos de ingeniería cuando obtengan el conocimiento y la experiencia necesaria. Para ellos deben estar en constante capacitación y actualización de los temas relacionados.

Si se presentan problemas en el diseño, obra o proyecto que tienen a cargo, pueden optar por consultar a los debidos especialistas. (CIP, 2012)

2.6.4. Sub Capítulo IV: DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD

Los ingenieros no pueden aceptar trabajos de ingeniería sin la experiencia necesaria, pronunciar consejos profesionales sin convicción y adulterar datos académicos que puedan denigrar la profesión. Aquel que falte a la norma, será debidamente sancionado o inhabilitado.

Podrán publicitar sus servicios profesionales en cualquier empresa u órgano, certificando respectivamente las obras o proyectos donde haya proporcionado sus servicios. (CIP, 2012)

2.6.5. Sub Capítulo V: DE LA CONCERTACIÓN DE LOS SERVICIOS

La competencia con otros profesionales debe ser leal y justa, en base a su reputación profesional, capacidad y nivel profesional.

Aquellos que influyan en la asignación de honorarios, otorguen comisiones o compensaciones para obtener trabajos o privilegios a su favor, ejecuten u ofrezcan trabajos en beneficio personal dentro de una entidad, serán sancionados o inhabilitados. (CIP, 2012)

2.6.6. Sub Capítulo VI: DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS

Los ingenieros no deben suministrar, ofrecer o emplear materiales o elementos que no cumplan con las especificaciones requeridas. Además, el trato con sus clientes y empleadores debe ser fiel, con el fin de evitar conflictos de interés. (CIP, 2012)

2.6.7. Sub Capítulo VII: DE LAS RELACIONES CON EL PERSONAL

Todo ingeniero se encuentra obligado a cuidar, respetar y velar por la seguridad y bienestar del personal que está a su cargo. No puede demostrar algún acto discriminatorio, con la finalidad de crear un clima y ambiente laboral saludable. (CIP, 2012)

2.6.8. Sub Capítulo VIII: DE LA RELACIÓN CON LOS COLEGAS

Los ingenieros no deberán dañar la reputación, perspectivas o el empleo de algún colega. Si laboran para el sector público pueden y están en la obligación de revisar y dar su opinión si así lo requieren.

No se asociarán con personas o firmas fraudulentas, deshonestas o no éticas. Actos contrarios al código, serán debidamente sancionados. (CIP, 2012)

2.7. Criterios de rigor científico

2.7.1. Validez interna.

Los resultados de este informe de investigación frente a los fenómenos observados son auténticos y veraces. Todos ellos se obtuvieron a través del procesamiento de datos en cuadros estadísticos, producto de los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Señor de Sipán.

2.7.2. Validez externa.

Los resultados de la investigación garantizan la veracidad de las descripciones realizadas por la participante, mismos que son certificados por los responsables del laboratorio para mayor confiabilidad del caso.

2.7.3. Objetividad.

Este criterio permite evaluar el logro de los objetivos planteados y estar al tanto si es que se obtuvo un mejor conocimiento del fenómeno u objeto de estudio.

2.7.4. Fiabilidad

Permite contrastar la correspondencia adecuada del problema por investigar y la teoría existente. Todos los ensayos, prácticas y métodos se realizaron en base a los criterios y parámetros establecidos tanto por el Reglamento Nacional de Edificaciones como las normas técnicas nacionales e internacionales referentes al tema de estudio. (Normas ASTM, ISO, NTP, ACI, RNE, UNE).

III. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y figuras.

3.1.1. Composición química de materiales.

3.1.1.1. Caucho de neumáticos en desuso

La composición del producto es caucho granulado proveniente de la unidad estratégica orientada al reciclaje, aprovechamiento y valoración de las llantas en desuso. Se obtiene a través de trituración mecánica y separación de los materiales que conforman las llantas. En la Tabla N° 23 se presenta la descripción técnica del producto realizada por el distribuidor. **Ver anexo 1.1.**

Tabla 23

Composición química del caucho granulado proveniente de neumáticos en desuso.

Ficha Técnica del Caucho Granulado

Descripción	Granos consistentes de caucho color negro. Es el tipo de caucho más recomendado y preferido para el óptimo rebote del balón en grass sintético.
Uso	Relleno de campos de grass sintético
Color	Negro
Resistencia al calor	185-190
Plomo	14.448 ppm
Cromo	1.256 ppm
Cadmio	0.189 ppm
Malla 10	78.33 % que pasa
Malla 12	17.81 % que pasa
Malla 14	3.24 % que pasa
Malla 16	0.54 % que pasa
Fondo	0.08 % que pasa

Fuente: Empresa GRASS SINTÉTICO OAKSPORT.

Se puede notar que el compuesto químico con mayor predominancia es el Plomo, con un contenido de 14.448 partículas por millón (ppm) en el material.

3.1.1.2. Vidrio sódico cálcico

La composición química fue realizada mediante la Norma ASTM C 169, por la empresa SOILS E.I.R.L., ubicada en Surco, Lima, Perú. **Ver anexo 1.2.**

Tabla 24

Composición química del vidrio sódico cálcico proveniente de envases de botellas.

Compuesto	Composición química	Contenido (%)
Óxido de Silicio	SiO ₂	73.11
Óxido de Sodio	Na ₂ O	12.55
Óxido de Calcio	CaO	9.94
Óxido de Potasio	K ₂ O	0.61
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₂	1.48
Óxido de Magnesio	MgO	2.26
	Otros	0.05

Fuente: SOILS E.I.R.L.

A través de la tabla 24 se observa que el vidrio utilizado en la investigación contiene 73.11 % de óxido de silicio, 12.5 % de óxido de calcio y 9.94 % de óxido de calcio; siendo un resultado favorable por comprobar que se trata de un vidrio sódico cálcico.

Tabla 25

Propiedades físicas y químicas del agregado fino y materiales reemplazantes

Propiedades de los materiales			
	Arena	Caucho	Vidrio sódico cálcico
Color	Amarillo	Negro	Transparente
Tamaño	4.76 mm -0.074 mm	0.5 mm- 6 mm	0.05 mm - 5 mm
Forma	Partículas redondeadas	Polvo o gránulos	Partículas esféricas
Textura	Áspera	Lisa	Mixta
Características	Material fino, resistente y limpio	Material suave, liviano, no adhesivo	Material viscoso y denso
Composición química	Óxido de silicio	Plomo, Cromo, Cadmio	Óxido de silicio, sodio, calcio, magnesio, potasio y aluminio.
Resistencia y durabilidad química	Reacción álcali-agregado Epitaxia: adherencia ala pasta del cemento	Insoluble en solventes orgánicos y resistente a la abrasión	Aumento de energía térmica, debido a la presencia de sílice. Excelente resistencia a los ácidos.

Propiedades Eléctricas y Térmicas	Aislante térmico	No se ablanda por el calor	Aislante térmico y semiconductor eléctrico
--	------------------	----------------------------	--

Fuente: Gutiérrez, L. (2003). EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN. Recuperado de http://bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824_Parte1.pdf

3.1.2. Análisis de ensayos de agregados.

3.1.2.1. Análisis granulométrico por tamizado (NTP 400.012)

3.1.2.1.1. Método de ensayo granulométrico del agregado fino

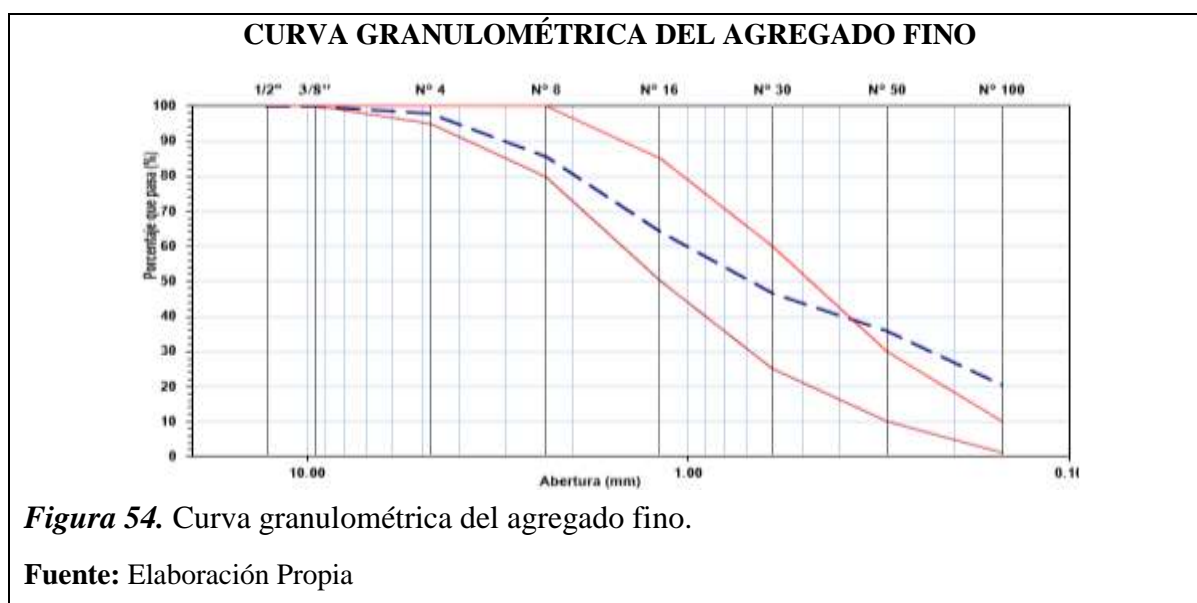
Tabla 26

Granulometría del agregado fino por tamizado.

Malla	Peso	%	%	%	
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Acumulado Retenido	Acumulado Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.520	0.00	0.000	0.000	100.000
Nº4	4.750	11.07	2.207	2.207	97.793
Nº8	2.360	60.74	12.107	14.314	85.686
Nº16	1.180	108.42	21.611	35.925	64.075
Nº30	0.600	88.75	17.691	53.616	46.384
Nº50	0.300	52.94	10.553	64.168	35.832
Nº100	0.150	77.87	15.522	79.690	20.310
FONDO		101.89	20.310	100.000	0.000

Módulo de fineza = **2.499**

Fuente: Elaboración Propia.



En la figura 54 se observa, a través de la curva granulométrica del agregado fino de la cantera La Victoria, que la distribución de las partículas, aunque no se encuentre dentro de los límites mínimos de la norma NTP 400.012:2013 es adecuada para la realización del diseño de mezclas de concreto, ya que su módulo de fineza es de 2.499. **Ver anexo 3.1.1.1.**

3.1.2.1.2. *Método de ensayo granulométrico del agregado grueso*

Tabla 27

Granulometría del agregado grueso por tamizado.

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.000	230.000	3.231	96.769
3/4"	19.000	1608.000	22.587	74.182
1/2"	12.700	2986.000	41.944	32.238
3/8"	9.520	977.000	13.724	18.514
N° 4	4.750	1175.000	16.505	2.009
FONDO		143.000	2.009	100.000

Tamaño Máximo = **1 1/2"**

Tamaño Máximo Nominal = **1"**

Fuente: Elaboración Propia

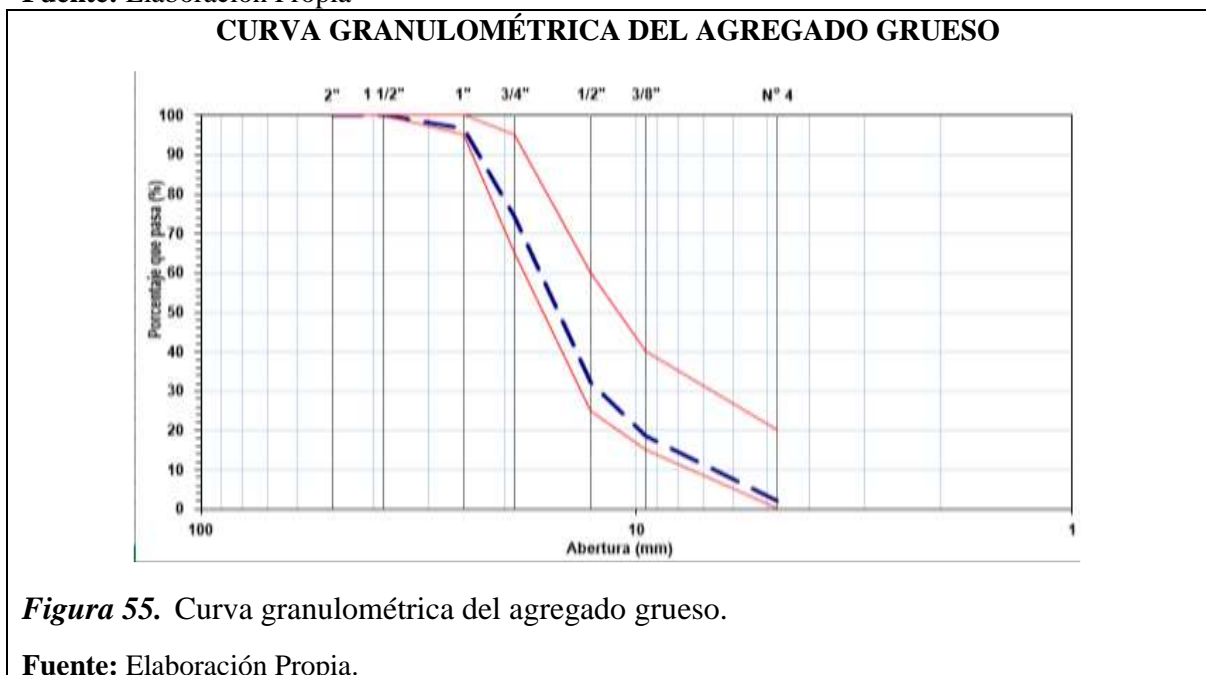


Figura 55. Curva granulométrica del agregado grueso.

En la figura 55 se verifica que la distribución de las partículas del agregado grueso es adecuada y cumple con los límites requeridos de la norma NTP 400.012:2013. El tamaño máximo nominal es de 1" y el tamaño máximo es de ½". **Ver anexo 3.1.1.2.**

3.1.2.1.3. *Método de ensayo granulométrico del caucho*

Tabla 28

Granulométrico por tamizado del caucho.

Peso inicial: **520.50** Gr Muestra: **Caucho**

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00
N° 4	4.750	13.84	2.66	2.66
N° 8	2.360	70.82	13.61	16.27
N° 16	1.180	155.00	29.78	46.04
N° 30	0.600	118.98	22.86	68.90
N° 50	0.300	87.91	16.89	85.79
N° 100	0.150	40.64	7.81	93.60
FONDO		33.31	6.40	100.000

Módulo de fineza = **3.13**

Fuente: Elaboración Propia

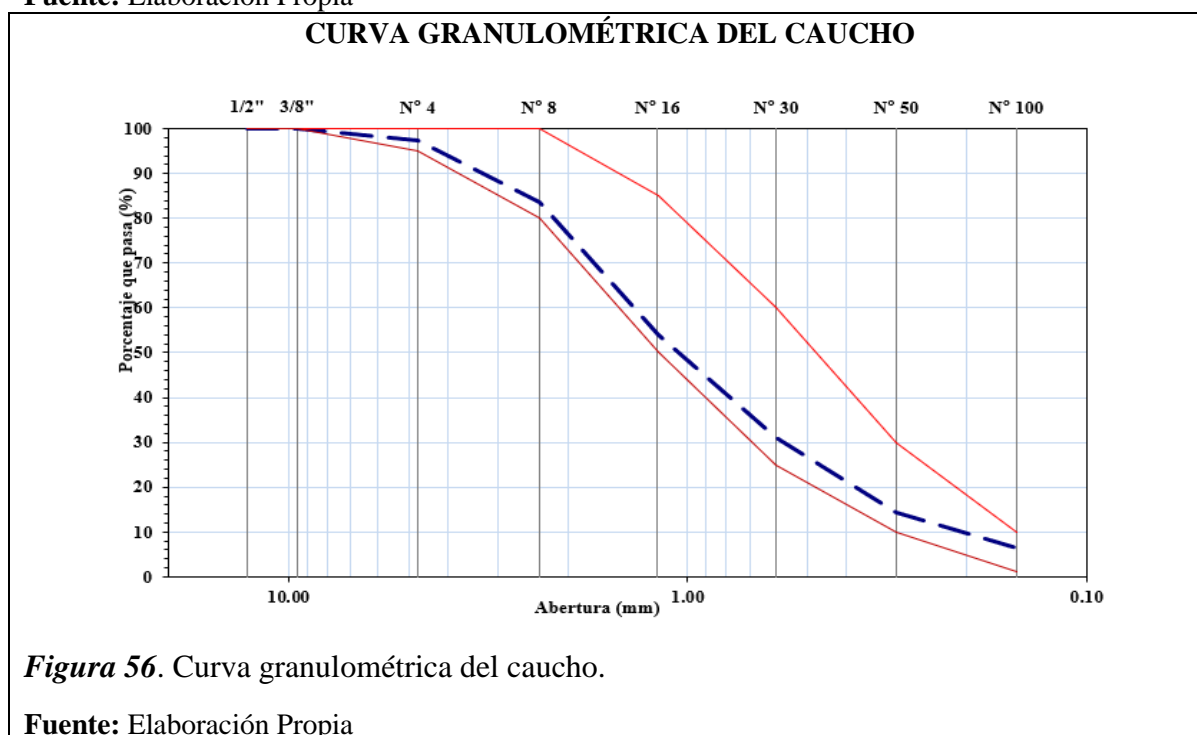


Figura 56. Curva granulométrica del caucho.

A través de la curva granulométrica del material que muestra la figura 56, se observa que la distribución de las partículas cumple con los requerimientos para ser utilizado en el diseño de mezclas. El módulo de fineza obtenido fue 3.13. **Ver anexo 3.1.1.3.**

3.1.2.1.4. *Método de ensayo granulométrico del vidrio sódico cálcico*

Tabla 29

Granulometría por tamizado del vidrio sódico cálcico.

Peso inicial **500.000** Gr Muestra: **Vidrio sódico cálcico**

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.520	0.00	0.000	0.000	100.000
Nº 4	4.750	18.71	3.742	3.742	96.258
Nº 8	2.360	79.53	15.906	19.648	80.352
Nº 16	1.180	138.11	27.622	47.270	52.730
Nº 30	0.600	97.12	19.424	66.694	33.306
Nº 50	0.300	71.03	14.206	80.900	19.100
Nº 100	0.150	55.14	11.028	91.928	8.072
FONDO		40.36	8.072	100.000	0.000

Módulo de fineza = **3.10**

Fuente: Elaboración propia.

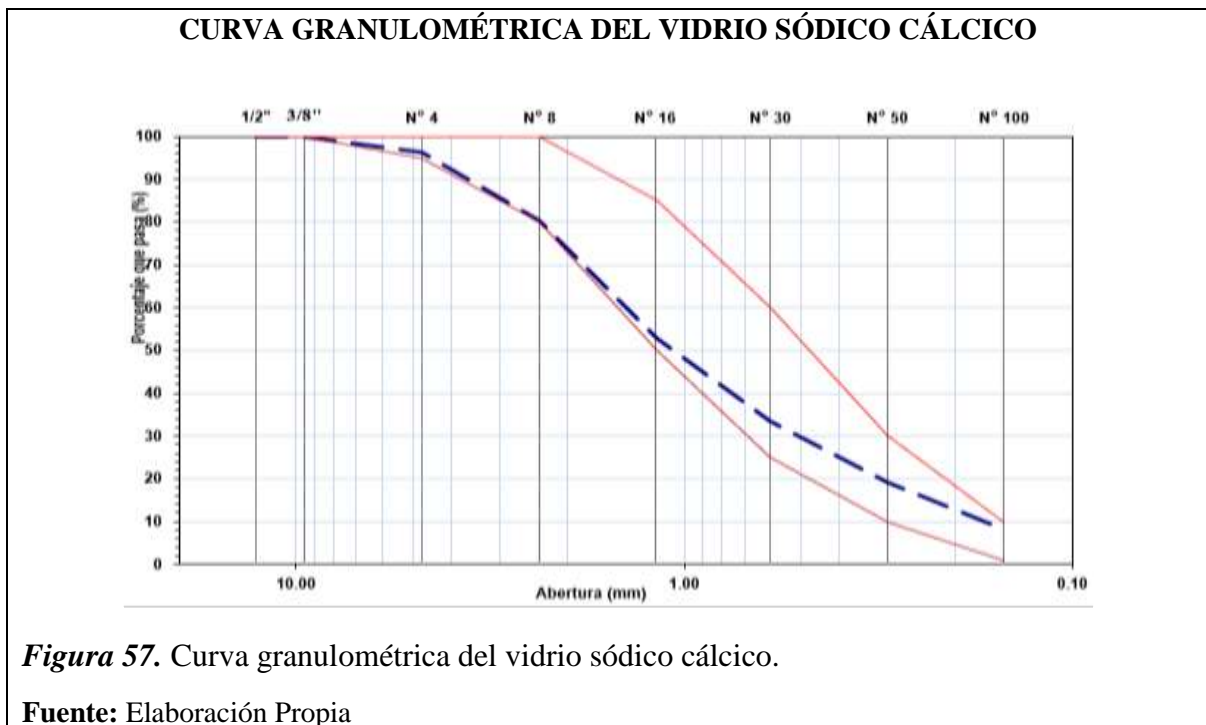


Figura 57. Curva granulométrica del vidrio sódico cálcico.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 57 se observa, a través de la curva granulométrica del material, que la distribución de las partículas cumple con los requerimientos para ser utilizado en el diseño de mezclas. El módulo de fineza fue 3.10. **Ver anexo 3.1.1.4.**

3.1.2.2. *Peso Unitario de los agregados (NTP 400.017)*

3.1.2.2.1. *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino*

Tabla 30

Peso unitario del agregado fino.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9740	9736
Peso del recipiente	(gr.)	5263	5263
Peso de muestra	(gr.)	4477	4473
Constante o Volumen	(m ³)	0.002827	0.00283
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1583.62	1582.20
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1583	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1563	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10246	10249
Peso del recipiente	(gr.)	5263	5263
Peso de muestra	(gr.)	4983	4986
Constante o Volumen	(m ³)	0.002827	0.002827
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1762.60	1763.66
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1763	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1741	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observa que el resultado del peso unitario suelto seco es 1563 kg/m³ y el peso unitario compactado seco es 1741 kg/m³. **Ver anexo 3.1.2.1.**

3.1.2.2.2. *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso*

Tabla 31

Peso unitario del agregado grueso.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	20247	20250
Peso del recipiente	(gr.)	6759	6759
Peso de muestra	(gr.)	13488	13491
Constante o Volumen	(m ³)	0.009421	0.009421
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1431.67	1431.99
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1432
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		1424

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	21369	21377
Peso del recipiente	(gr.)	6759	6759
Peso de muestra	(gr.)	14610	14618
Constante o Volumen	(m ³)	0.009421	0.009421
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1550.77	1551.62
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1551
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)		1543

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observa que el resultado del peso unitario suelto seco es 1424 kg/m³ y el peso unitario compactado seco es 1543 kg/m³. **Ver anexo 3.1.2.2.**

3.1.2.2.3. *Método de ensayo para determinar el peso unitario del caucho*

Tabla 32

Peso unitario del caucho

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	4535	
Peso del recipiente	(gr.)	3038	
Peso de muestra	(gr.)	1497	
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830	
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	528.90	
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		529
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		527

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	4555	
Peso del recipiente	(gr.)	3038	
Peso de muestra	(gr.)	1517	

Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	535.97
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	536
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	534

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 32 se aprecia que el peso unitario suelto seco del caucho es 527 kg/m³ y el peso unitario compactado seco es 534 kg/m³. **Ver anexo 3.1.2.3.**

3.1.2.2.4. Método de ensayo para determinar el peso unitario del vidrio sódico cálcico

Tabla 33

Peso unitario del vidrio sódico cálcico.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7630
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	4592
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1622.40
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1622
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1609

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7895
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	4857
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1716.02
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1716
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1702

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 33 se aprecia que el peso unitario suelto seco del vidrio sódico cálcico es 1609 kg/m³ y el peso unitario compactado seco es 1702 kg/m³. **Ver anexo 3.1.2.4.**

3.1.2.3. Contenido de humedad (N.T.P. 339.185)

3.1.2.3.1. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregado por secado del agregado fino

Tabla 34

Contenido de humedad del agregado fino.

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	692.80
2. Peso de muestra seca	(gr.)	685.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	85.10
4. Contenido de humedad	(%)	1.30
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.30

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el agregado fino arrojó 1.30 % de contenido de humedad. **Ver anexo 3.1.2.1.**

3.1.2.3.2. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregado por secado del agregado grueso

Tabla 35

Contenido de humedad del agregado grueso.

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	1271.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	1265.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	106.00
4. Contenido de humedad	(%)	0.518
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.52

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se observa que el agregado grueso arrojó 0.52 % de contenido de humedad. **Ver anexo 3.1.2.2.**

3.1.2.3.3. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregado por secado del caucho

Tabla 36

Contenido de humedad del caucho.

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	597.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	595.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	97.00

4. Contenido de humedad	(%)	0.40
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.40

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se observa que el caucho arrojó 0.40 % de contenido de humedad.

Ver anexo 3.1.2.3.

3.1.2.3.4. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregado por secado del vidrio sódico cálcico

Tabla 37

Contenido de humedad del vidrio sódico cálcico.

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	550.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	546.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	50.00
4. Contenido de humedad	(%)	0.81
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.81

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se observa que el vidrio sódico cálcico arrojó 0.81 % de contenido de humedad. **Ver anexo 3.1.2.4.**

3.1.2.4. *Peso Específico y Absorción de los agregados*

3.1.2.4.1. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (N.T.P. 400.022)

Tabla 38

Peso específico y absorción del agregado fino.

I. DATOS

1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	500.00	500.00	
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	982.60	976.70	
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	677.90	670.10	
4. Peso del agua	(gr)	304.70	306.60	
5. Peso del frasco	(gr)	177.90	170.10	
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	671.50	663.10	
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	493.60	493.00	
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00	500.00	500.00

II.- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.527	2.549	2.538
B. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.613	2.645	2.629
C. PESO ESPECÍFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.613	2.645	2.629
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.297	1.420	1.36

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para el agregado fino, fue un peso específico de 2538 kg/m³ y un % de absorción de 1.36. **Ver anexo 3.1.3.1.**

3.1.2.4.2. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (N.T.P. 400.021)*

Tabla 39

Peso específico y absorción del agregado grueso.

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	1491	1437
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	1505	1449
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	1870	1837
4.- Peso de la canastilla	(gr)	923	923
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	947	914

II.- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.67	2.69	2.679
B. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.70	2.71	2.703
C. PESO ESPECÍFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.74	2.75	2.744
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.94	0.84	0.89

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para el agregado grueso, fue un peso específico de 2679 kg/m³ y un % de absorción de 0.89. **Ver anexo 3.1.3.2.**

3.1.2.4.3. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del caucho (N.T.P. 400.022)*

Tabla 40

Peso específico del caucho.

1.- DATOS

Peso de la muestra de caucho	(gr.)	28
Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier	(cm ³ .)	0.50
Volumen final del líquido (después de introducir el peso del cemento)	(cm ³ .)	24.00
PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	1.191

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el caucho tiene un peso específico de 1191 kg/m³. **Ver anexo 3.1.3.3.**

3.1.2.4.4. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del vidrio sódico cálcico (N.T.P. 400.022)*

Tabla 41

Peso específico y absorción del vidrio sódico cálcico

I. DATOS

1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	500.00
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	936.00
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	670.00
4. Peso del agua	(gr)	266.00
5. Peso del frasco	(gr)	170.00
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	610.00
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	440.00
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00

II.- RESULTADOS

A. PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	1.180
B. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.529
C. PESO ESPECÍFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.529
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	13.64

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el vidrio sódico cálcico tiene un peso específico de 1180 kg/m³ y un % de absorción de 13.64. **Ver anexo 3.1.3.4.**

3.1.2.5. *Ensayo de abrasión de los ángeles*

Tabla 42

Porcentaje de desgaste del agregado grueso.

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones	4574.0
- Peso final después de las 500 revoluciones	4046.0

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	19.1
- % de uniformidad	0.4

Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso en estudio presenta un 19.1 % de desgaste por abrasión, siendo recomendable utilizarlo ya que no supera el 50 % máximo permisible por norma.

Ver anexo 3.1.4.1.

3.1.2.6. Resumen del análisis de los agregados

Tabla 43

Conglomerado de resultados del análisis del agregado fino y grueso.

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso específico seco de masa	2538 kg/m ³	2679 kg/m ³
Peso Unitario compactado seco	1741 kg/m ³	1543 kg/m ³
Peso Unitario suelto seco	1563 kg/m ³	1424 kg/m ³
Contenido de humedad	1.30 %	0.52 %
Contenido de absorción	1.36 %	0.89 %
Tamaño máximo nominal	-----	1”
Módulo de fineza (adimensional)	2.50	-----

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra un resumen de los resultados del análisis de agregados, mismos que servirán para elaborar el diseño de mezclas del concreto con sus f[’]c de 210 y 280 kg/cm² respectivamente.

3.1.3. Diseño de mezclas patrón de concreto.

El diseño de mezclas patrón con las resistencias especificadas a la compresión del concreto (f[’]c) de 210 y 280 kg/cm² se realizó con el Método del Comité 211 del ACI. (American Concrete Institute)

3.1.3.1. *Diseño del concreto patrón ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)*

Tabla 44

Diseño de mezcla final concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Resultados del diseño de mezcla:			
Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2341	Kg/m^3
Factor cemento por M^3 de concreto	:	8.7	bolsas/ m^3
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	371	Kg/m^3
Agua	225	L
Agregado fino	756	Kg/m^3
Agregado grueso	988	Kg/m^3

<u>Proporción en peso:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	2.04	2.66	25.8 Lts/ pie^3

<u>Proporción en volumen:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.96	2.81	25.8 Lts/ pie^3

Fuente: Elaboración Propia.

En el diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm^2 se obtuvo un asentamiento de 3 pulgadas; un peso unitario del concreto fresco de 2341 kg/m^3 y una relación a/c = 0.606. Las proporciones en peso por metro cúbico (m^3) de mezcla fueron: 371 kg/m^3 de cemento, 225 litros de agua, 756 kg/m^3 de agregado fino y 988 kg/m^3 de agregado grueso. Así mismo, las proporciones en peso fueron 1:2.04:2.66: 25.8 y en volumen 1:1.96:2.81 y 25.8 lts/ pie^3 . Ver detalles en **Anexo 3.2.1.1.**

3.1.3.2. *Diseño del concreto patrón ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)*

Tabla 45

Diseño de mezcla final concreto patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Resultados del diseño de mezcla:			
Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2346	Kg/m^3
Factor cemento por M^3 de concreto	:	10.4	bolsas/ m^3
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	442	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	720	Kg/m ³
Agregado grueso	958	Kg/m ³

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.63	2.17	21.6 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.57	2.29	21.6 Lts/pie ³

Fuente: Elaboración Propia.

En el diseño de mezcla patrón de 280 kg/cm² se obtuvo un asentamiento de 3 pulgadas; un peso unitario del concreto fresco de 2346 kg/m³ y una relación a/c = 0.466. Las proporciones en peso por metro cúbico (m³) de mezcla fueron: 442 kg/m³ de cemento, 225 litros de agua, 720 kg/m³ de agregado fino y 958 kg/m³ de agregado grueso.

Así mismo, las proporciones en peso fueron 1:1.63:2.17: 21.6 y en volumen 1:1.57:2.29 y 21.6 lts/pie³ Ver detalles en Ver detalles en **Anexo 3.2.1.2.**

3.1.3.3. *Resumen del diseño del concreto patrón (f'c) = 210 y 280 kg/cm²*

Tabla 46

Conglomerado del diseño del concreto patrón 210 y 280 kg/cm².

Diseño de mezcla patrón	Asentamiento (")	Peso unitario kg/ m ³	Factor cemento bol/m ³	Relación a/c	Cemento kg /m ³	Agua (lt)	Ag. Fino kg /m ³	Ag. Grueso kg /m ³
210	3	2341	8.73	0.606	371	225	756	988
280	3	2346	10.41	0.508	442	225	720	958

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que cuando la resistencia a la compresión requerida es mayor, se necesitó mayor cantidad de cemento y menor cantidad de agregado fino y grueso.

3.1.4. **Diseño de mezclas de concreto con caucho y vidrio sódico cálcico.**

La descripción y características de los materiales reemplazantes, caucho y vidrio sódico cálcico, se encuentran en los ítems **3.1.1** y **3.1.2.**

3.1.4.1. Diseño de mezclas de concreto ($f'c$) = 210 kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico

Tabla 47

Proporciones en peso y volumen del diseño de mezcla de concreto patrón $f'c$ = 210 kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico.

Resultados del diseño de mezcla:				
Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas	
Peso unitario del concreto fresco	:	2341	Kg/m ³	
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³	
Relación agua cemento de diseño	:	0.606		
Cantidad de materiales por metro cúbico:				
Cemento	371	Kg/m ³		
Agua	225	L		
Agregado fino	756	Kg/m ³		
Agregado grueso	988	Kg/m ³		
Porcentaje:	10%	20%	30%	
Caucho	75.64	151.29	226.93	
Vidrio Sódico cálcico	75.64	151.29	226.93	
<u>Proporción en peso:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	2.04	2.66	25.8 Lts/pie ³
<u>Proporción en volumen:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.96	2.81	25.8 Lts/pie ³

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 47 se muestran las cantidades de materiales por m³, en función al reemplazo de agregado fino por caucho como vidrio sódico cálcico, en 10, 20 y 30 % para la resistencia requerida $f'c$ = 210 kg/cm². Ver detalles en **Anexo 3.2.2.**

3.1.4.2. Diseño de mezclas de concreto($f'c$) = 280 kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico

Tabla 48

Proporciones en peso y volumen del diseño de mezcla de concreto patrón $f'c$ = 280 kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico.

Resultados del diseño de mezcla:				
Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas	
Peso unitario del concreto fresco	:	2346	Kg/m ³	
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³	
Relación agua cemento de diseño	:	0.508		
Cantidad de materiales por metro cúbico:				
Cemento	442	Kg/m ³		
Agua	225	L		
Agregado fino	720	Kg/m ³		
Agregado grueso	958	Kg/m ³		
Porcentaje:	10%	20%	30%	
Caucho	72.05	144.09	216.14	
Vidrio Sódico cálcico	72.05	144.09	216.14	
<u>Proporción en peso:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.63	2.17	21.59 Lts/pie ³
<u>Proporción en volumen:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.57	2.29	21.59 Lts/pie ³

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 48 se muestran las cantidades de materiales por m³, en función al reemplazo de agregado fino por caucho como vidrio sódico cálcico, en 10, 20 y 30 % para la resistencia requerida $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Ver detalles en **Anexo 3.2.3**.

3.1.4.3. *Resumen del diseño de mezclas de concreto con caucho y vidrio sódico cálcico.*

Tabla 49

Resumen de los diseños de mezcla 210 y 280 kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico.

Diseño de Mezcla	Proporciones	Materiales				
		Cemento	Arena	Piedra	Agua	Caucho y vidrio
CP 210	Peso	1	2.04	2.66	25.80	0.00
	Volumen	1	1.96	2.81		
f'c= 210 +10 % caucho y vidrio sódico cálcico	Peso	1	1.83	2.66	25.80	75.64
	Volumen	1	1.77	2.81		
f'c= 210 +20 %	Peso	1	1.63	2.66	25.80	151.29

caucho y vidrio sódico cálcico	Volumen	1	1.57	2.81		
f _c = 210 +30 %	Peso	1	1.43	2.66	25.80	226.93
caucho y vidrio sódico cálcico	Volumen	1	1.37	2.81		
CP 280	Peso	1	1.63	2.17	21.59	0.00
	Volumen	1	1.57	2.29		
f _c = 280 +10 %	Peso	1	1.47	2.17	21.59	72.05
caucho y vidrio sódico cálcico	Volumen	1	1.41	2.29		
f _c = 280 +20 %	Peso	1	1.30	2.17	21.59	144.09
caucho y vidrio sódico cálcico	Volumen	1	1.25	2.29		
f _c = 280 +30 %	Peso	1	1.14	2.17	21.59	216.14
caucho y vidrio sódico cálcico	Volumen	1	1.10	2.29		

Fuente: Elaboración Propia.

Las proporciones en peso y volumen para los diseños con caucho y vidrio sódico cálcico de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en 10 % fueron 1: 1.83 : 2.66 : 25.80 y 1: 1.77 : 2.81 : 25.80 respectivamente; en 20 % fueron 1: 1.63 : 2.66 : 25.80 y 1: 1.57 : 2.81 : 25.80; y en 30 % fueron 1: 1.43 : 2.66 : 25.80 y 1: 1.37 : 2.81 : 25.80. **Ver anexos 3.2.2.1 al 3.2.2.6.**

Las proporciones en peso y volumen para los diseños con caucho y vidrio sódico cálcico de $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en 10 % fueron 1: 1.47 : 2.17 : 21.59 y 1: 1.41 : 2.29 : 21.59 respectivamente; en 20 % fueron 1: 1.30 : 2.17 : 21.59 y 1: 1.25 : 2.29: 21.59;y en 30 % fueron 1: 1.14: 2.17 : 21.59 y 1: 1.10 : 2.29 : 21.59. **Ver anexos 3.2.3.1 al 3.2.3.6.**

3.1.5. Comportamiento físico y mecánico de concreto patrón y con materiales reciclados.

3.1.5.1. *Propiedades físicas del concreto.*

3.1.5.1.1. *Asentamiento del Concreto (N.T.P. 339.035)*

Tabla 50

Asentamiento de la mezcla patrón y mezcla con caucho y vidrio sódico cálcico.

ASENTAMIENTO (Pulgadas)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálcico			Caucho		
f _c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	3	5	4	3.7	3.5	3.2	2.5
280	3	4.5	4.1	3.5	3.3	3	2.3

Fuente: Elaboración Propia. **Ver anexo 3.3.1.1.**

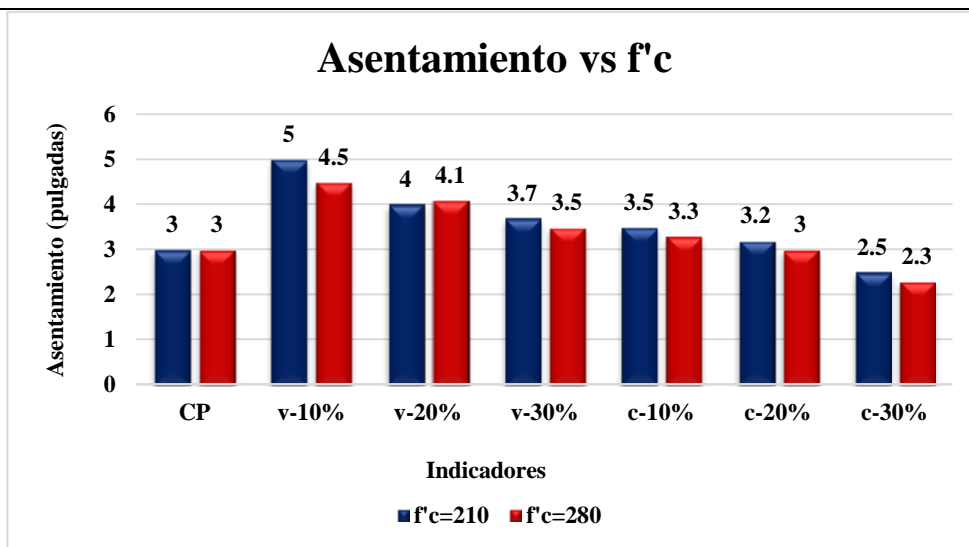


Figura 58. Asentamiento de la mezcla patrón y mezcla con sustitución de materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Mediante el diagrama de frecuencias presentado en la figura 58, se observa que el asentamiento en los diseños patrón de $f'c=210$ y 280 kg/cm^2 es de 3". Mientras que con la sustitución de vidrio sódico cálcico se observa un incremento del asentamiento en ambos diseños, con la sustitución de caucho existe un incremento para 10 y 20 %, de manera que existe un leve descenso en el caso del 30 %.

El diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm^2 tuvo un Slump de 3 pulgadas ("). Al reemplazar vidrio sódico cálcico en 10, 20 y 30 % respecto al peso del agregado fino, el asentamiento incrementó a 5, 4 y 3.7 pulgadas (incrementos del 67%, 33% y hasta el 23% del Slump de diseño). Sin embargo, al reemplazar caucho para los porcentajes de 10 y 20 % incrementó levemente a 3.5 y 3.2 (incrementos de 17 y 7 %), mientras que para el 30 % disminuyó a 2.5 pulgadas (descenso de 17 %).

El diseño de mezcla patrón de 280 kg/cm^2 también obtuvo un Slump de 3 pulgadas. Al reemplazar vidrio sódico cálcico en 10, 20 y 30 % respecto al peso del agregado fino, el asentamiento incrementó a 4.5, 4.1 y 3.5 pulgadas (incrementos del 50%, 37% y 17 % del Slump de diseño). Sin embargo, al reemplazar caucho al 10 % el asentamiento incrementó levemente a 3.3 (10 %); al reemplazar 20 % se mantuvo en 3" y al reemplazar 30 % disminuyó a 2.3 pulgadas (descenso de 23 %).

3.1.5.1.2. Peso unitario del concreto (NTP 339.046)

Tabla 51

Peso unitario fresco del concreto patrón y mezcla con caucho y vidrio sódico cálcico.

PESO UNITARIO (kg/m ³)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálxico			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	2341	2399	2447	2510	2286	2157	2099
280	2346	2430	2472	2554	2301	2191	2135

Fuente: Elaboración propia. Ver anexo 3.3.1.2.

En la figura 59 se aprecia que el peso unitario del diseño patrón viene afectándose por la inclusión de vidrio y caucho.

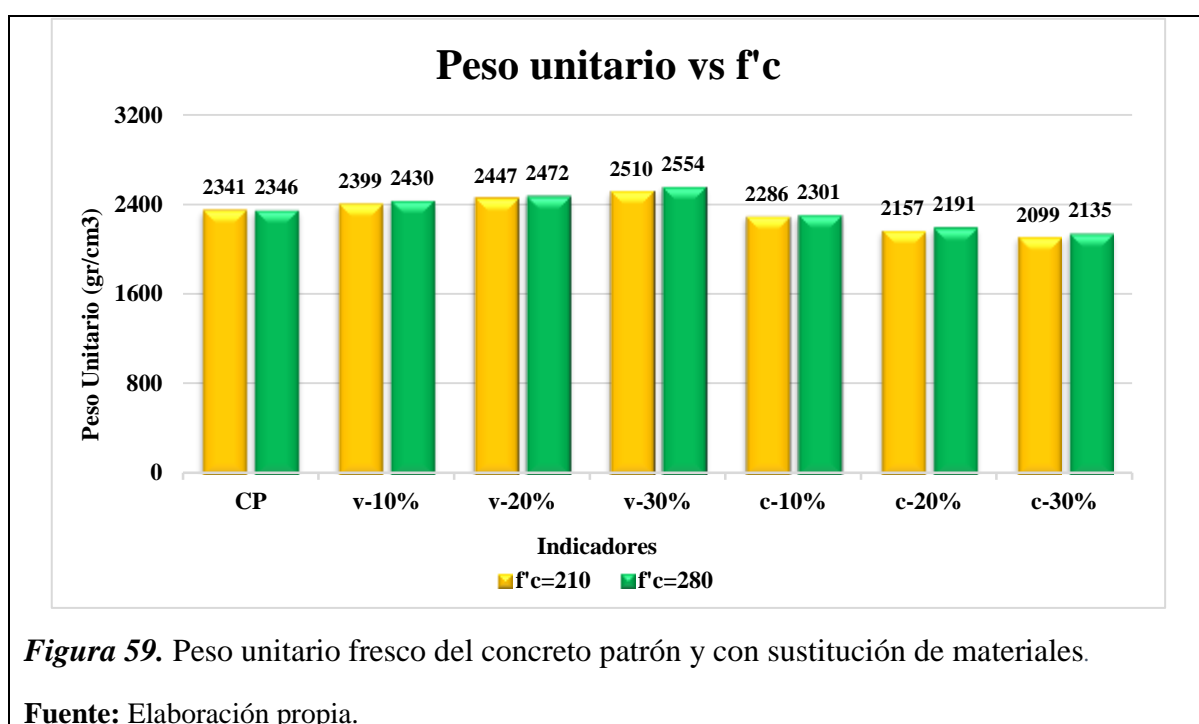


Figura 59. Peso unitario fresco del concreto patrón y con sustitución de materiales.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm² obtuvo un peso unitario de 2341 kg/cm³, incrementándose a 2399, 2447 y 2510 kg/cm³ (incrementos del 2%, 5% y 7 % respecto al peso unitario de diseño) con vidrio sódico cálcico; y disminuyendo a 2286, 2157 y 2099 kg/cm³ (reducciones del 2%, 8% y 10 % respecto al peso unitario de diseño) con caucho, en dosis de 10, 20 y 30 %.

El diseño de mezcla patrón de 280 kg/cm² obtuvo un peso unitario de 2346 kg/cm³, incrementándose a 2430, 2472 y 2554 kg/cm³ (incrementos del 4%, 5% y 9 % respecto al peso unitario de diseño) con vidrio sódico cálcico; y disminuyendo a 2301, 2191y 2135 kg/cm³ (reducciones del 2%, 7% y 9 % respecto al peso unitario de diseño) con caucho, en dosis de 10, 20 y 30 %.

3.1.5.1.3. Contenido de aire atrapado (NTP 339.083)

Tabla 52

Determinación del contenido de aire atrapado en la mezcla patrón y con caucho y vidrio.

Contenido de aire atrapado (%)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálxico			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	1.9	2.1	2.4	2.5	2.0	1.9	1.8
280	2.0	2.1	2.3	2.5	1.9	1.9	1.7

Fuente: Elaboración propia. Para más detalles ver anexo 3.3.1.3.

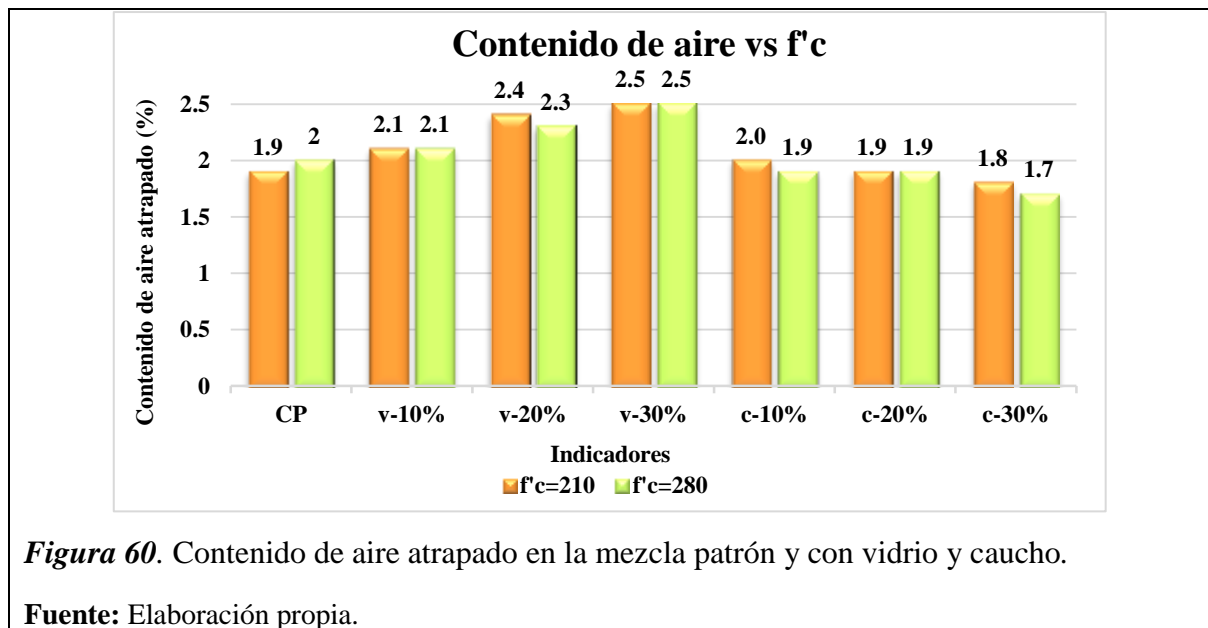


Figura 60. Contenido de aire atrapado en la mezcla patrón y con vidrio y caucho.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 60 se aprecia que el contenido de aire atrapado sufre variaciones respecto al obtenido en el diseño del concreto patrón.

El diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm² obtuvo un contenido de aire atrapado de 1.9 %, incrementándose a 2.1, 2.4 y 2.5 con 10, 20 y 30 % de sustitución con vidrio sódico cálcico (incremento del 11, 26 y 32%). En el caso del caucho, aumenta a 2 con 10 % de sustitución (incremento de 5%) , mientras que para 20% se mantiene en 1.9, y para 30% disminuye a 1.8% (reducción del 5%).

El diseño de mezcla patrón de 280 kg/cm² obtuvo un contenido de aire atrapado de 2.0 %, aumentando a 2.1, 2.3 y 2.5 % con sustitución de 10 %, 20 y 30 % de vidrio sódico cálcico (incrementos de 5,15 y 25%). En el caso del caucho disminuyen a 1.9 para 10 y 20 % (reducción de 5%) y a 1.7 para 30 % de sustitución (reducción de 15%).

3.1.5.1.4. *Temperatura del hormigón (NTP 339.184)*

Tabla 53

Temperatura del concreto patrón y con caucho y vidrio sódico cálcico en estado fresco.

Diseño f'c	T° Ambiente	T° del concreto	Hora
210	22	26.5	01:00 p.m.
210 +10 % vidrio sódico cálcico	22	25.9	02:00 p.m.
210 +20 % vidrio sódico cálcico	22	25.5	02:30 p.m.
210 +30 % vidrio sódico cálcico	22	23.1	06:00 p.m.
210 +10 % caucho	22	22.8	06:20 p.m.
210 +20 % caucho	22	21.6	07:15 p.m.
210 +30 % caucho	23	27.2	12:30 p.m.
280	22	22.9	10:15 a.m.
280 +10 % vidrio sódico cálcico	23	23.1	11:52 a.m.
280 +20 % vidrio sódico cálcico	23	23.7	12:30 p.m.
280 +30 % vidrio sódico cálcico	22	24.3	05:05 p.m.
280 +10 % caucho	23	24.3	03:00 p.m.
280 +20 % caucho	19	21.9	05:50 p.m.
280 +30 % caucho	19	21.4	07:00 p.m.

Fuente: Elaboración propia. Para más detalles **ver anexo 3.3.1.4.**

La incorporación de caucho y vidrio sódico cálcico dosis de 10, 20 y 30 % respecto al peso del agregado fino para los diseños de mezclas de 210 y 280 kg/cm² no afecta significativamente la temperatura de la mezcla de concreto patrón. Es necesario mencionar que las temperaturas obtenidas dependen de las horas de vaciado.

3.1.5.2. *Propiedades mecánicas del concreto.*

3.1.5.2.1. *Resistencia a la compresión del concreto sin someter a altas temperaturas*

A. *Diseño f'c = 210 kg/cm²*

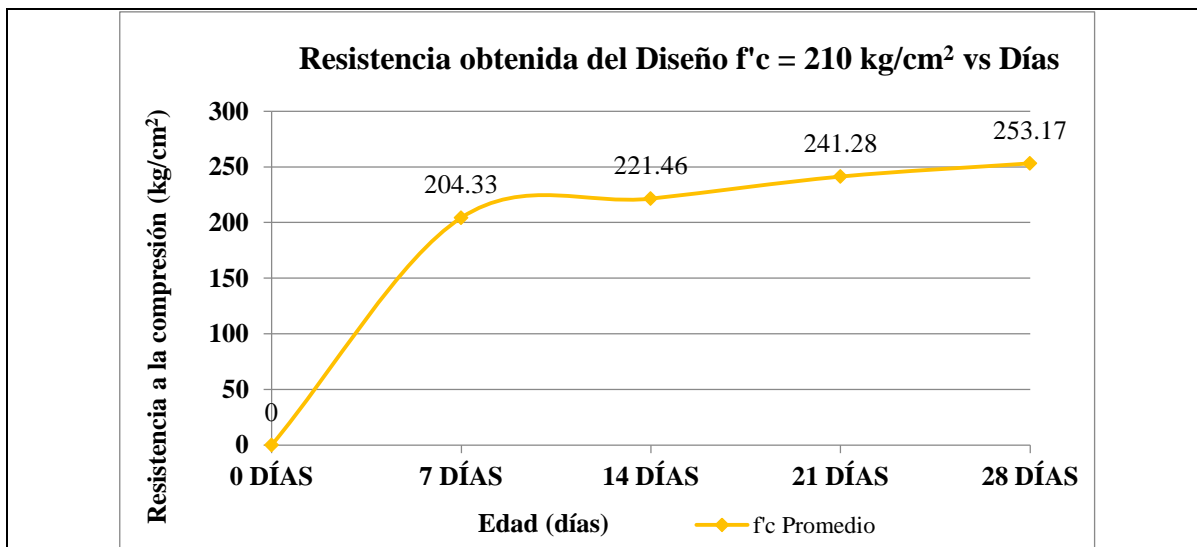


Figura 61. Resistencia a la compresión del diseño patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura, la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días del concreto patrón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ es 253.17 kg/cm^2 (incremento de 21% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.1.1.

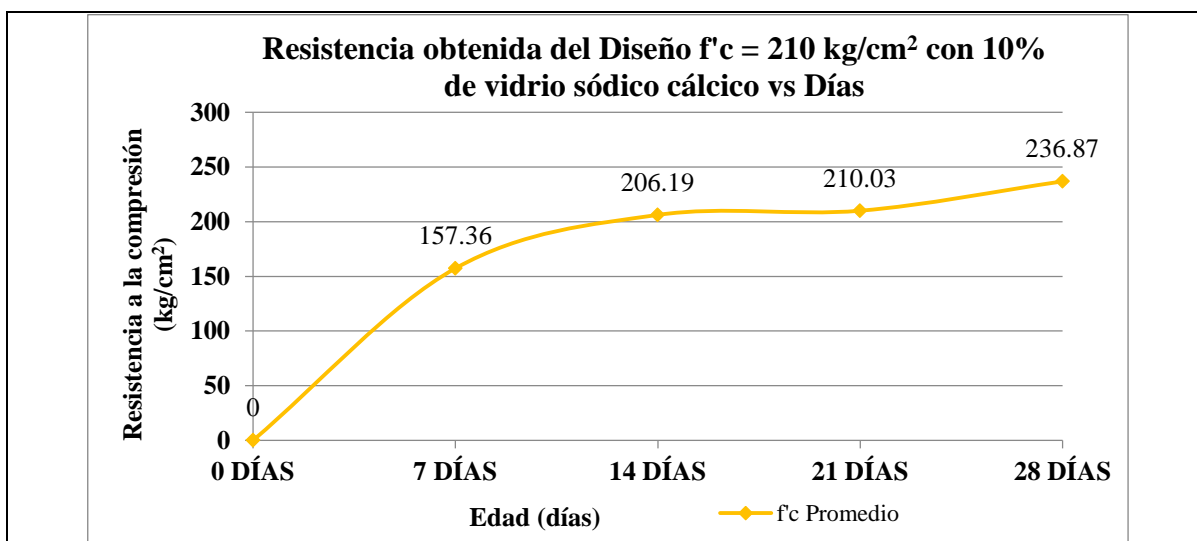


Figura 62. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 236.87 kg/cm^2 (incremento de 13 % respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.1.2.

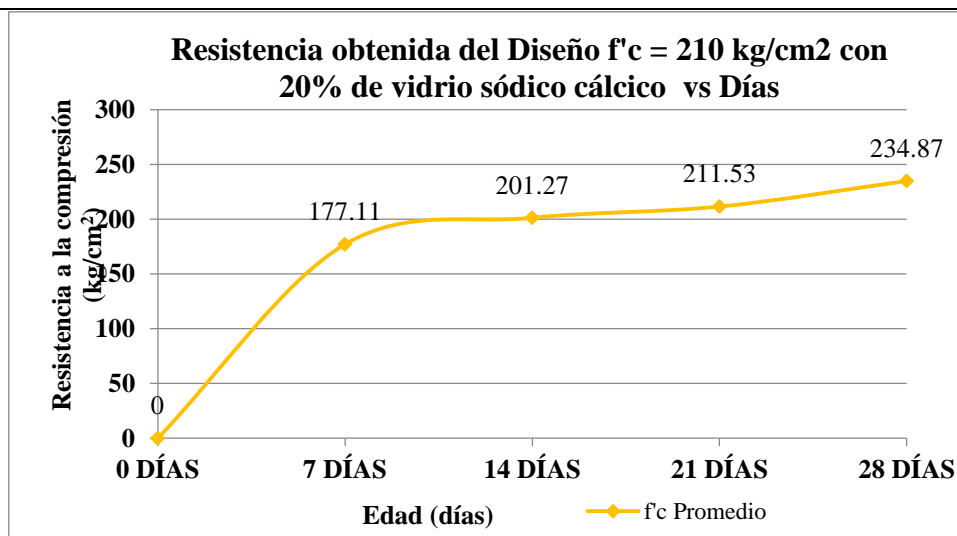


Figura 63. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 20% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente : Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 234.87 kg/cm^2 (incremento de 12% respecto a la resistencia inicial de diseño) como se observa en la figura 63. Ver anexo 3.3.2.1.1.3

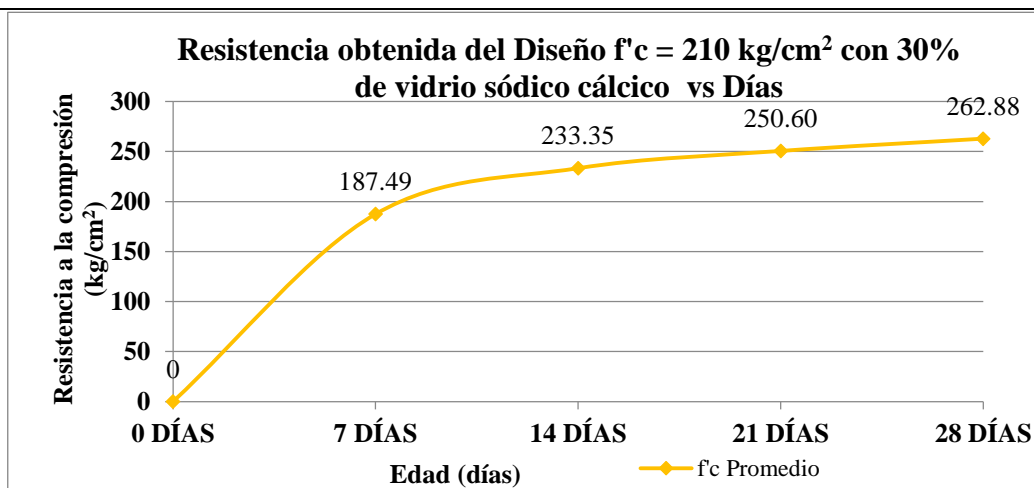


Figura 64. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 30% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 262.88 kg/cm^2 (incremento de 25 % respecto a la resistencia inicial de diseño) como se observa en la figura 64. Ver anexo 3.3.2.1.1.4

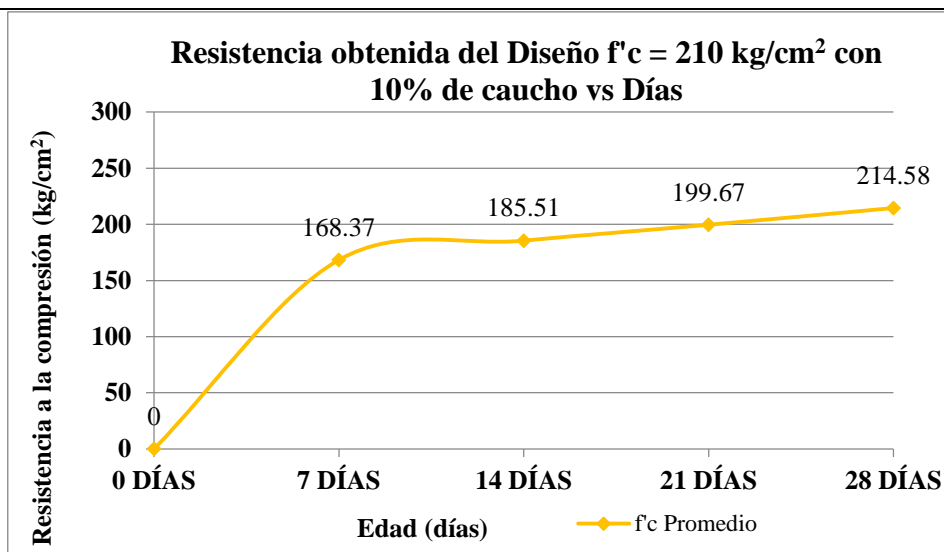


Figura 65. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho es 214.58 kg/cm^2 (incremento de 2% respecto a la resistencia inicial de diseño) como se observa en la figura 65. Ver anexo 3.3.2.1.1.5.

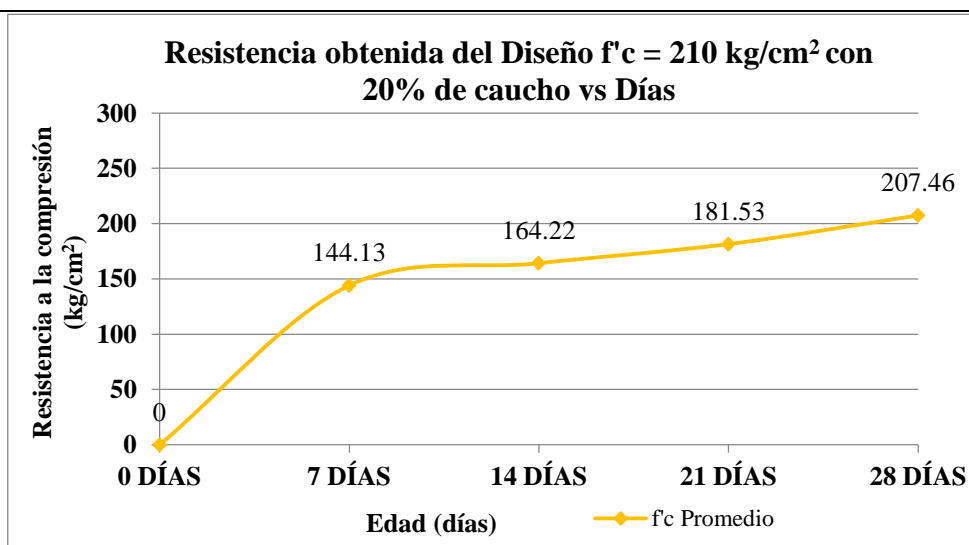


Figura 66. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 20% de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho es 207.46 kg/cm^2 (reducción del 1% respecto a la resistencia inicial de diseño) como se observa en la figura 66. Ver anexo 3.3.2.1.1.6.

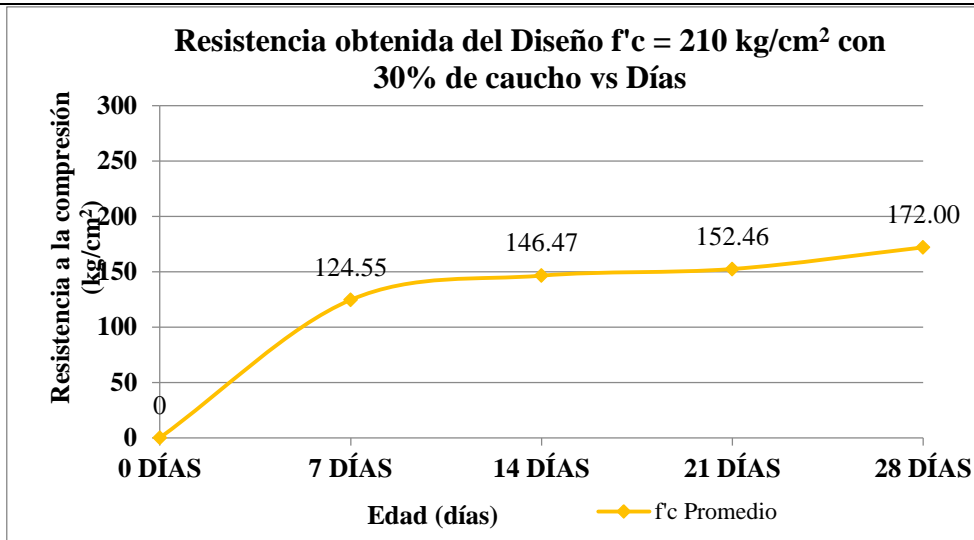


Figura 67. Resistencia a la compresión del diseño $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 20% de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto patrón $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho es 172.00 kg/cm^2 (reducción del 18 % respecto a la resistencia inicial de diseño) como se observa en la figura 67. Ver anexo 3.3.2.1.1.7.

Tabla 54

Resumen de las resistencias a la compresión obtenidas para el diseño de concreto patrón y con materiales reciclado ($f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$).

Indicador/Muestra	Resistencia a la compresión promedio- Diseño $f'_c =210$				Variación (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
Concreto Patrón 210	204.33	221.46	241.28	253.17	97	105	115	121
10 % VSD	157.36	206.19	210.03	236.87	75	98	100	113
20 % VSD	177.11	201.27	211.53	234.87	84	96	101	112
30 % VSD	187.49	233.35	250.60	262.88	89	111	119	125
10 % C	168.37	185.51	199.67	214.58	80	88	95	102
20 % C	144.13	164.22	181.53	207.46	69	78	86	99
30 % C	124.55	146.47	152.46	172.00	59	70	73	82

Fuente: Elaboración propia.

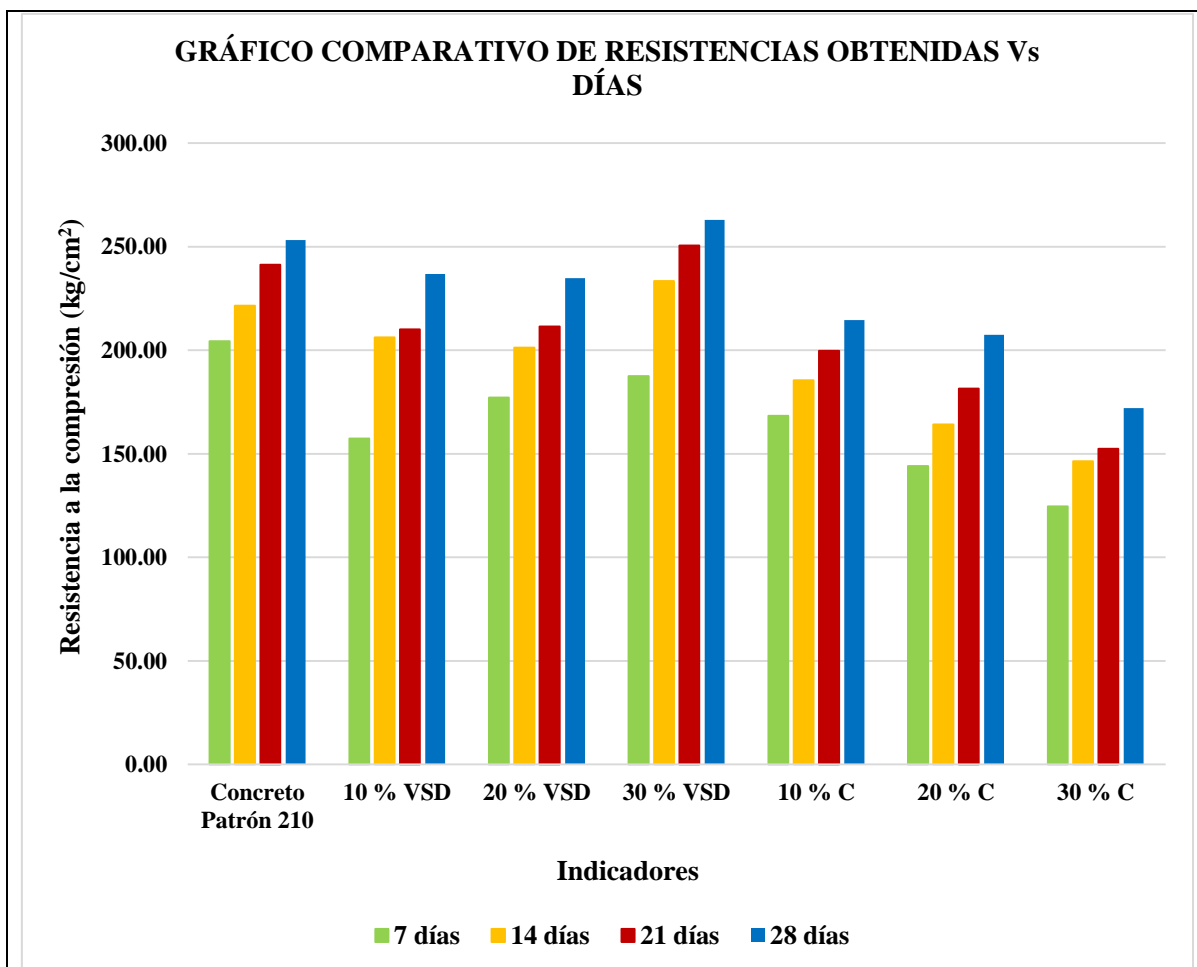


Figura 68. Resistencia a la compresión del $f'c$ 210 con y sin caucho y vidrio sódico cálcico.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 68 se observa que la sustitución de agregado fino por vidrio sódico cálcico al 30 % supera la resistencia a la compresión a los 28 días respecto a la del diseño patrón. Sin embargo, aunque los porcentajes de 10 y 20 % no superen la resistencia obtenida del diseño patrón, éstas si sobrepasan la resistencia inicial de 210 kg/cm^2 .

En el caso de la sustitución con caucho, aunque los tres porcentajes no superen la resistencia obtenida del diseño patrón, el 10 y 20 % alcanzan mayor resistencia a la inicial de 210 kg/cm^2 . Ver anexo 3.3.2.1.1.8.

A continuación, en la figura 68 se observa un gráfico que resume los resultados de del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para los diseños patrón y con material reciclado de $f'c= 210 kg/cm^2$.

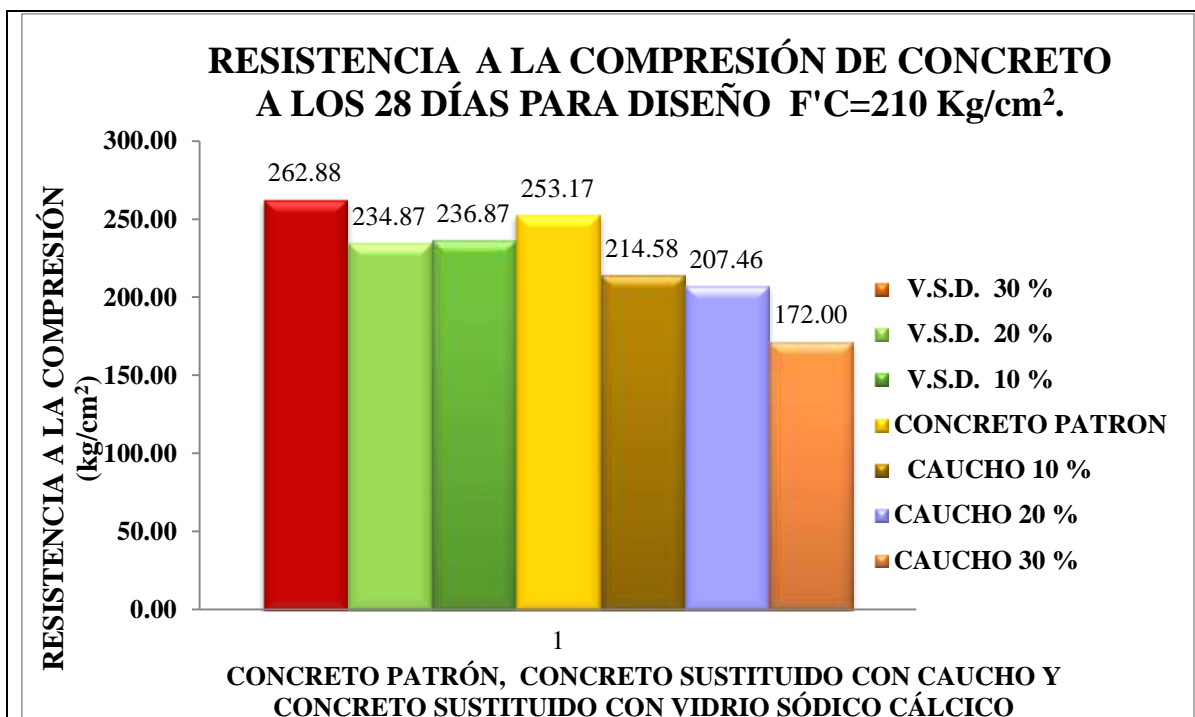


Figura 69. Comparación de resistencias a la compresión del concreto a los 28 días para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: Elaboración propia.

B. Diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

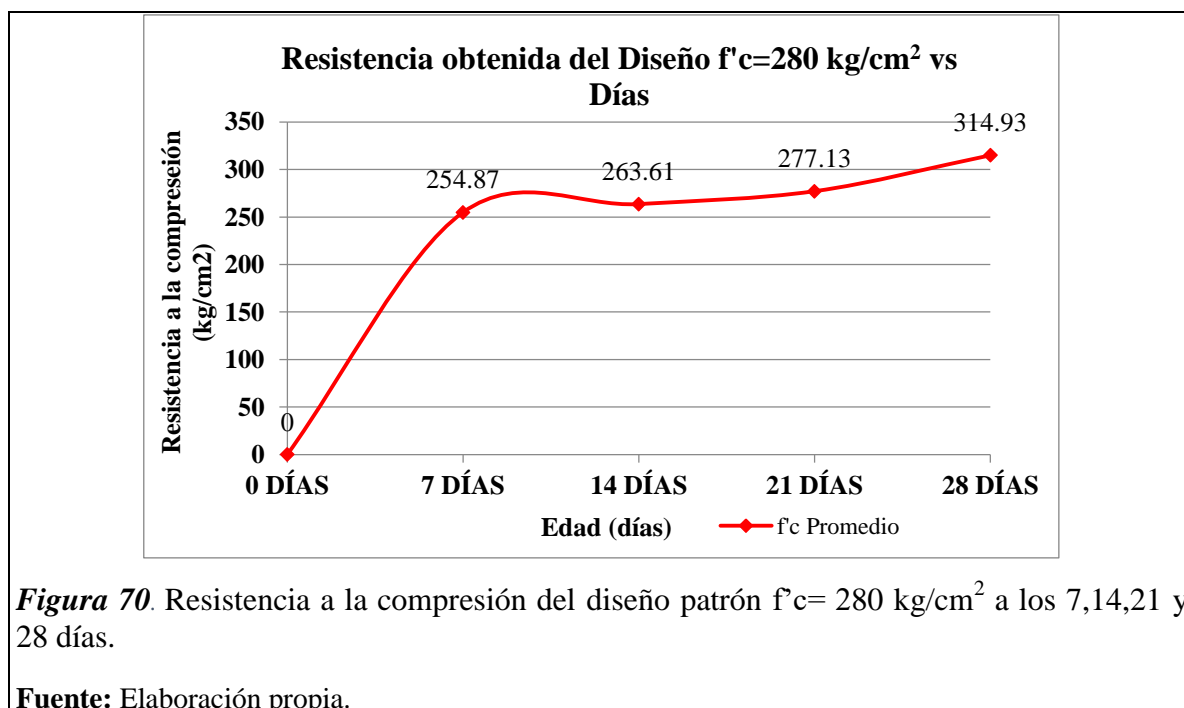


Figura 70. Resistencia a la compresión del diseño patrón $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 7,14,21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura, la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días del concreto patrón $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ es 314.93 kg/cm^2 (incremento de 12 % respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.1.

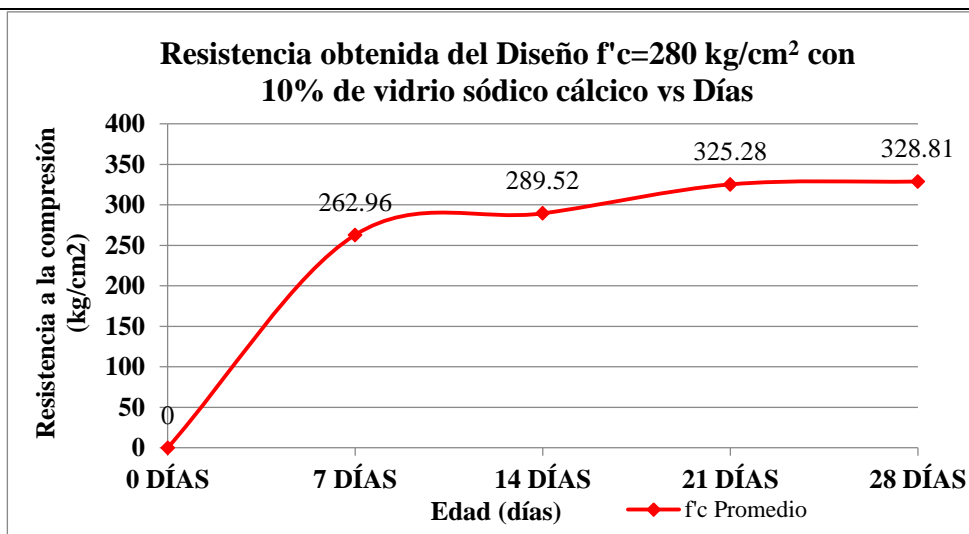


Figura 71. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 328.81 kg/cm^2 (incremento de 17% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.2.

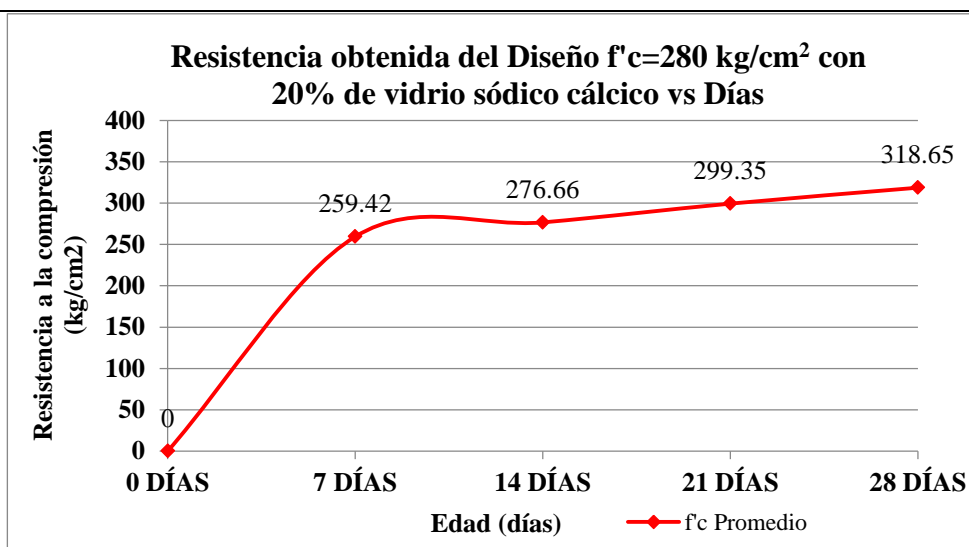


Figura 72. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 20% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 318.65 kg/cm^2 (incremento de 14% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.3.

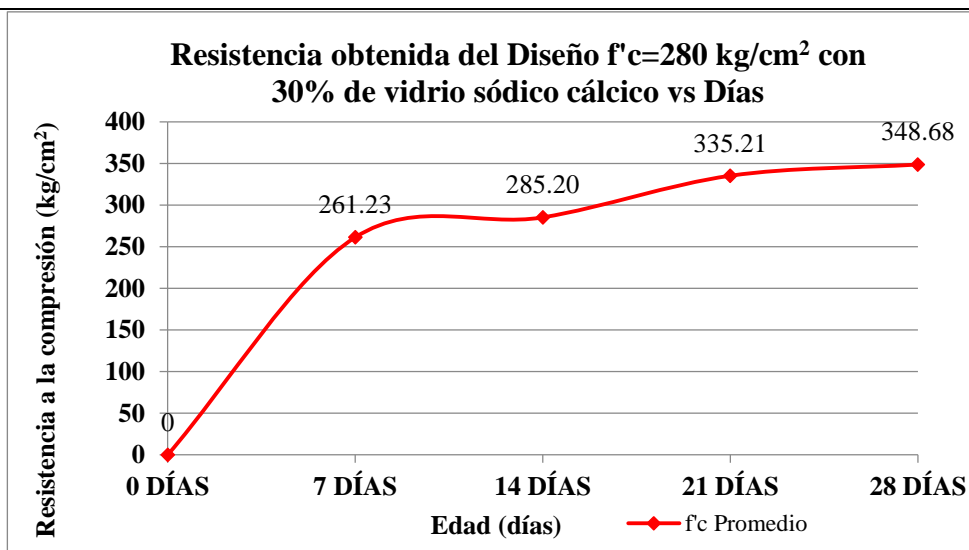


Figura 73. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 30% de vidrio sódico cálcico a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico es 348.68 kg/cm^2 (incremento de 25% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.4.

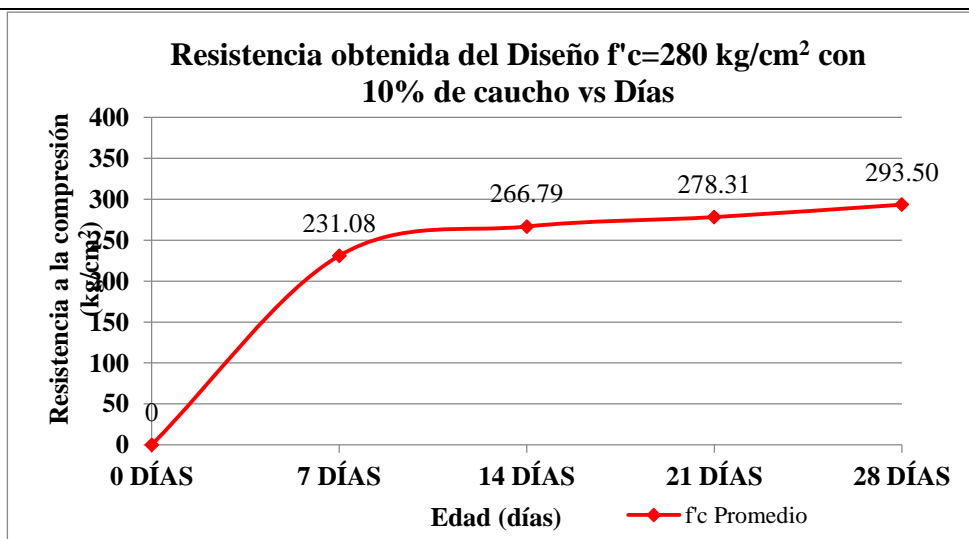


Figura 74. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho es 293.50 kg/cm^2 (incremento de 5% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.5.

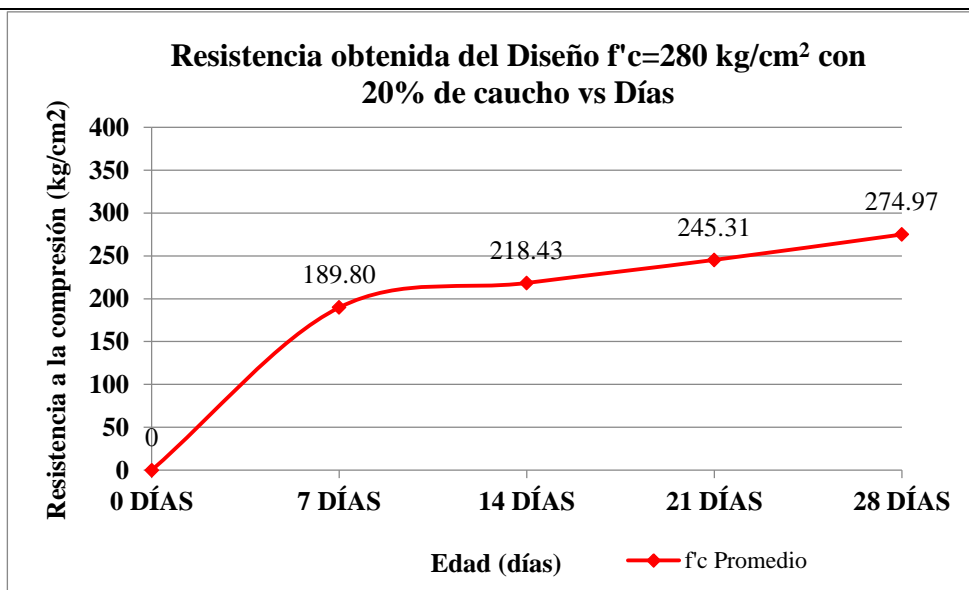


Figura 75. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho es 274.97 kg/cm^2 (reducción de 2% respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.6.

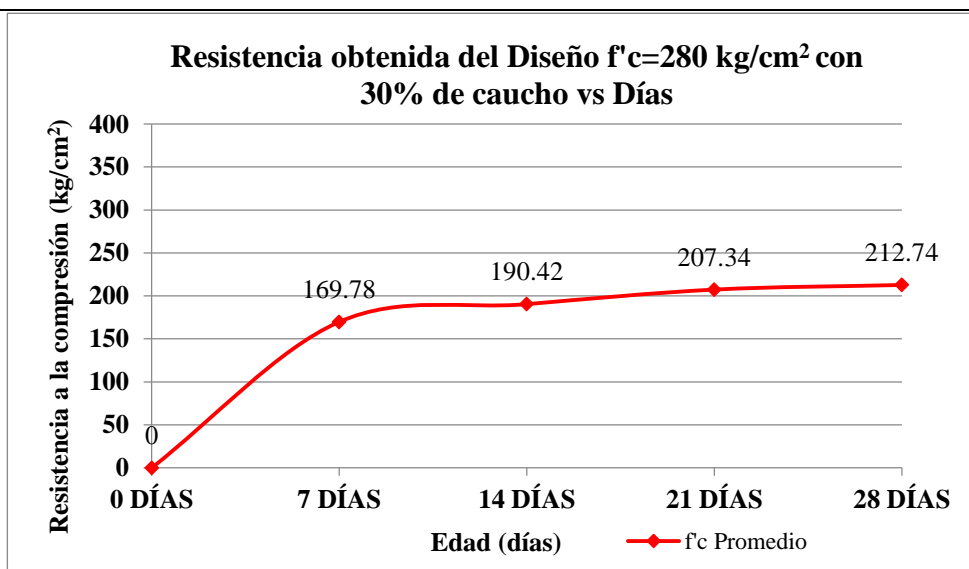


Figura 76. Resistencia a la compresión del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de caucho a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho es 212.74 kg/cm^2 (reducción de 24 % respecto a la resistencia inicial de diseño). Ver anexo 3.3.2.1.2.7.

Tabla 55

Resumen de las resistencias a la compresión obtenidas para el diseño de concreto patrón y con materiales reciclado ($f'c=280 \text{ kg/cm}^2$).

Indicador-Muestra	Resistencia a la compresión promedio-Diseño $f'c = 280$				Variación (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
Concreto Patrón 210	254.87	263.61	277.13	314.93	91	94	99	112
10 % VSD	262.96	289.52	325.28	328.81	94	103	116	117
20 % VSD	259.42	276.66	299.35	318.65	93	99	107	114
30 % VSD	261.23	285.20	335.21	348.68	93	102	120	125
10 % C	231.08	266.79	278.31	293.50	83	95	99	105
20 % C	189.80	218.43	245.31	274.97	68	78	88	98
30 % C	169.78	190.42	207.34	212.74	61	68	74	76

Fuente: Elaboración propia.

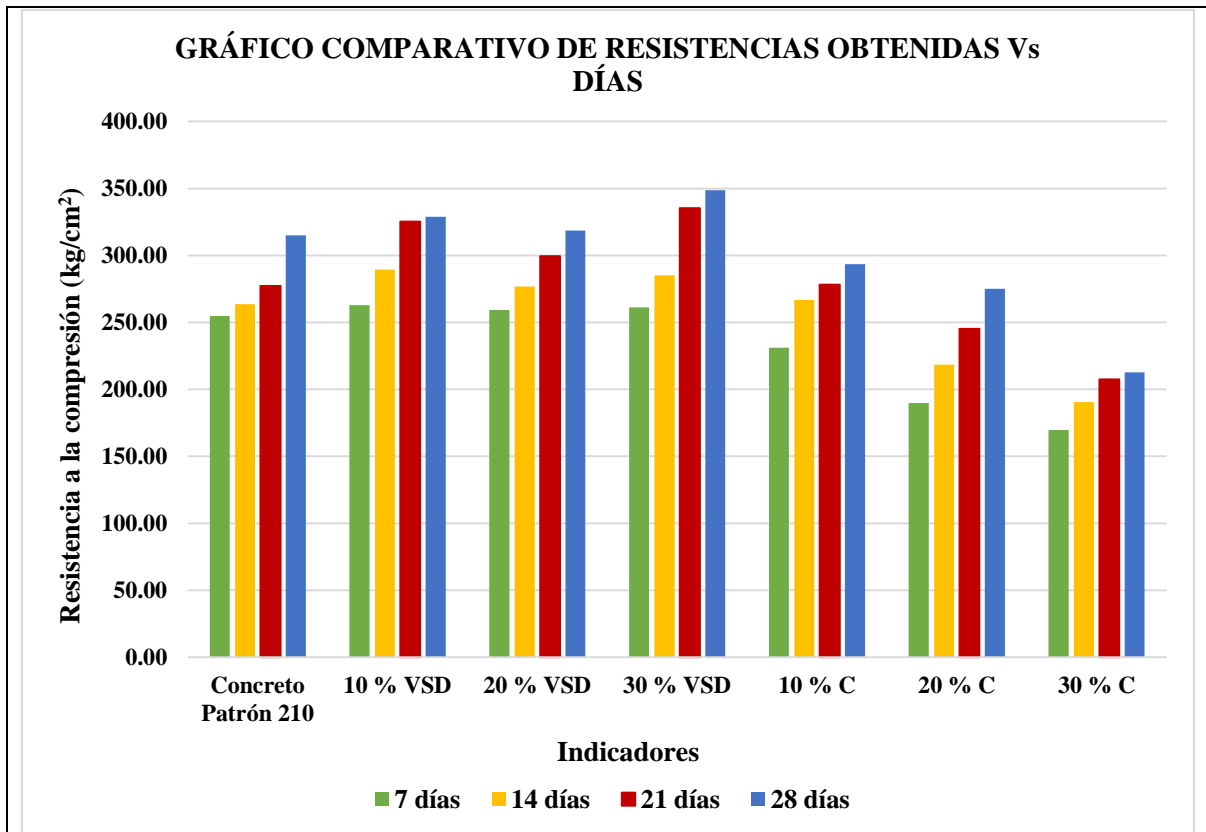


Figura 77. Resistencia a la compresión del $f'c$ 280 con y sin caucho y vidrio sódico cálcico.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 77 se observa que la sustitución de agregado fino por vidrio sódico cálcico al 10, 20 y 30 % sobrepasan la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días respecto a la del diseño patrón.

En el caso de la sustitución con caucho, aunque los tres porcentajes no superen la resistencia obtenida del diseño patrón, el 10 y 20 % alcanzan mayor resistencia a la inicial de 280 kg/cm². Ver anexo 3.3.2.1.2.8.

A través de la figura 78 se observa un gráfico que resume los resultados de del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para los diseños patrón y con material reciclado de f'c= 280 kg/cm².

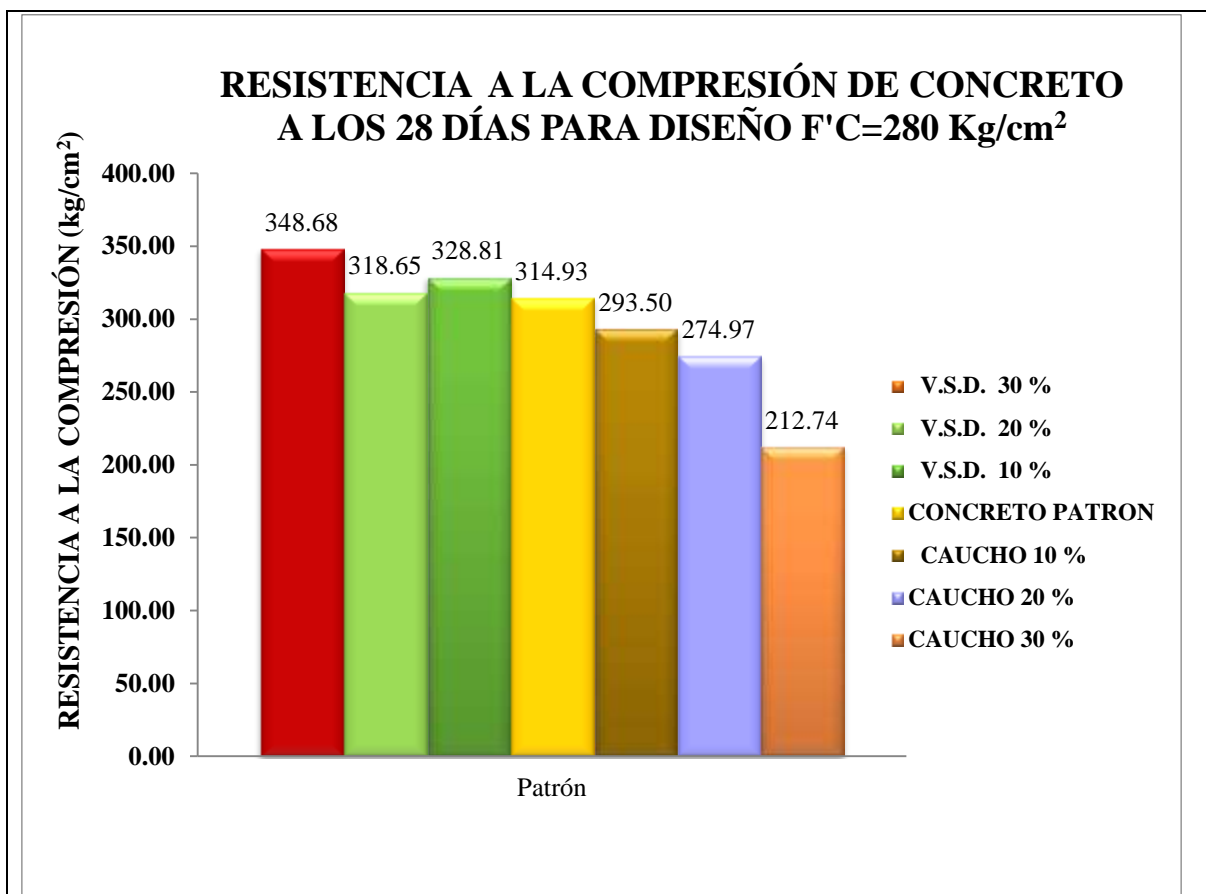


Figura 78. Comparación de resistencias a la compresión del concreto a los 28 días para f'c= 210 kg/cm².

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5.2.2. Resistencia a la compresión del concreto expuesto a altas temperaturas.

A. Diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 56

Diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a $550\text{-}650^\circ \text{C}$, en 15 minutos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm^2)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	D prom (cm)	Carga	$f'c$ (kg/cm^2)	$f'c$ promedio (kg/cm^2)
CP 210	1			10.16	22578	278.63	270.61
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	21297	262.66	
	3			10.16	21937	270.56	
10 % VSD	4			10.16	19133	236.04	260.00
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	22740	280.60	
	6			10.16	21342	263.37	
20 % VSD	7			10.16	23201	286.26	267.03
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	20253	249.61	
	9			10.16	21500	265.23	
30 % VSD	10			10.16	25626	316.05	321.00
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	26834	331.02	
	12			10.16	25610	315.92	
10 % C	13			10.16	14123	174.18	170.23
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	13211	162.90	
	15			10.16	14078	173.61	
20 % C	16			10.16	10954	135.13	138.26
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	11240	138.68	
	18			10.16	11425	140.98	
30 % C	19			10.16	9285	114.53	114.04
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	9346	115.30	
	21			10.16	9102	112.29	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 56 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de 21 muestras sometidas a fuego directo, a una T° entre $550\text{-}650^\circ \text{C}$, en un periodo de 15 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 321 kg/cm^2 .

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 170.23 kg/cm^2 . Ver anexo 3.3.2.2.1.1.

Tabla 57*Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 650-750 ° C, en 30 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm²)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm²)	f'c promedio (kg/cm²)
CP 210	1			10.16	20079	247.71	
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	21169	261.14	254.47
	3			10.16	20630	254.56	
10 % VSD	4			10.16	19133	236.02	
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	18492	228.02	229.97
	6			10.16	18301	225.87	
20 % VSD	7			10.16	22289	275.06	
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	21588	266.23	269.56
	9			10.16	21675	267.40	
30 % VSD	10			10.16	26834	330.95	
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	25626	315.99	321.44
	12			10.16	25723	317.37	
10 % C	13			10.16	12452	153.59	
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	12470	153.83	154.70
	15			10.16	12701	156.69	
20 % C	16			10.16	9991	123.29	
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	10286	126.90	125.56
	18			10.16	10252	126.48	
30 % C	19			10.16	8123	100.19	
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	8405	103.76	102.21
	21			10.16	8321	102.68	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 57 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de muestras sometidas a fuego directo, a una T ° entre 650-750 ° C, en un periodo de 30 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 321.44 kg/cm².

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 154.70 kg/cm². Ver anexo 3.3.2.2.1.2.

Tabla 58*Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 750-850 ° C, en 60 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 210	1			10.16	19208	236.90	
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	19558	241.26	239.28
	3			10.16	19433	239.67	
10 % VSD	4			10.16	16984	209.49	
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	16304	201.14	204.54
	6			10.16	16452	202.99	
20 % VSD	7			10.16	20253	249.89	
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	18049	222.71	236.19
	9			10.16	19123	235.97	
30 % VSD	10			10.16	25253	311.51	
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	23643	291.65	298.86
	12			10.16	23790	293.41	
10 % C	13			10.16	11291	139.27	
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	11031	136.08	137.75
	15			10.16	11177	137.89	
20 % C	16			10.16	8893	109.67	
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	9356	115.40	113.09
	18			10.16	9264	114.20	
30 % C	19			10.16	6290	77.57	
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	6056	74.71	77.24
	21			10.16	6444	79.44	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 58 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de muestras sometidas a fuego directo, a una T ° entre 750-850 ° C, en un periodo de 60 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 298.86 kg/cm².

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 137.75 kg/cm². Ver anexo 3.3.2.2.1.3.

Tabla 59

Resumen de las resistencias a la compresión obtenidas del diseño de concreto patrón y con materiales reciclados sometidos a altas temperaturas a los 28 días. ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).

Indicador	Muestras sin Exponer al Fuego	Muestras expuestas al Fuego 15 minutos	Muestras expuestas al Fuego 30 minutos	Muestras expuestas al Fuego 60 minutos
CP 210	253.17	270.61	254.47	239.28
10 % VSD	236.87	260.00	229.97	204.54
20 % VSD	234.87	267.03	269.56	236.19
30 % VSD	262.88	321.00	321.44	298.86
10 % C	214.58	170.23	154.70	137.75
20 % C	207.46	138.26	125.56	113.09
30 % C	172.00	114.04	102.21	77.24

Fuente: Elaboración Propia.

A través de la figura 79 se puede interpretar que la muestra que mejor se comporta mecánicamente sin y con exposición al fuego directo en intervalos de 15, 30 y 60 minutos y a temperaturas que oscilan entre 550-650 ° C, 650 ° C- 750 ° C y 750 ° C – 850 ° C respectivamente, es la de sustitución de 30 % de vidrio sódico cálcico. Ver anexo 3.3.2.2.1.4.

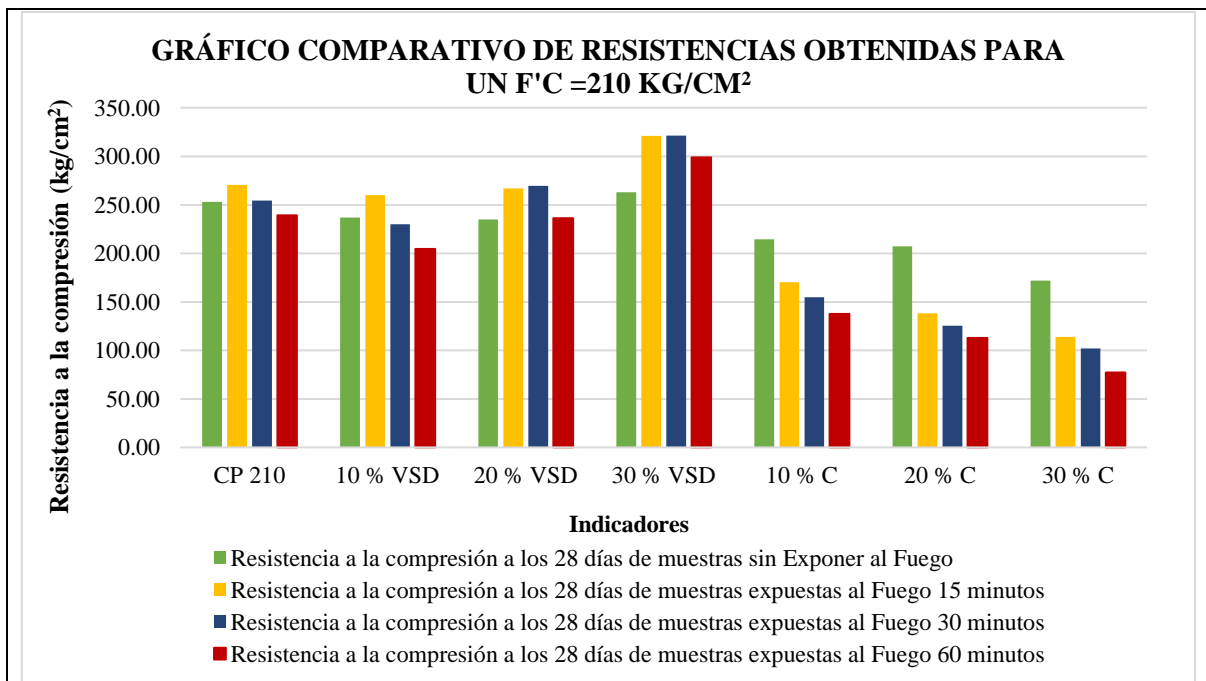


Figura 79. Resistencia a la compresión de muestras con y sin caucho y vidrio sódico cálcico de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, después de haber sido sometidas a altas temperaturas.

Fuente: Elaboración Propia.

B. Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 60

Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a $550\text{-}650^\circ \text{C}$, en 15 minutos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm^2)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dprom (cm)	Carga	$f'c$ (kg/cm^2)	$f'c$ promedio (kg/cm^2)
CP 280	1			10.16	24892	307.18	302.65
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	25400	313.27	
	3			10.16	23312	287.51	
10 % VSD	4			10.16	27194	335.49	334.98
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	27345	337.42	
	6			10.16	26906	332.04	
20 % VSD	7			10.16	25563	315.40	315.82
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	25690	316.62	
	9			10.16	25570	315.44	
30 % VSD	10			10.16	30646	377.97	370.21
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	29652	365.78	
	12			10.16	29741	366.88	
10 % C	13			10.16	13024	160.63	167.26
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	13904	171.45	
	15			10.16	13761	169.70	
20 % C	16			10.16	12123	149.55	151.22
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	12285	151.57	
	18			10.16	12363	152.55	
30 % C	19			10.16	9031	111.39	111.15
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	9001	111.04	
	21			10.16	8998	111.01	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 60 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de muestras sometidas a fuego directo, a una T° entre $650\text{-}750^\circ \text{C}$, en un periodo de 30 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 370.21 kg/cm^2 .

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 167.26 kg/cm^2 . Ver anexo 3.3.2.2.1.

Tabla 61*Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ a $650-750^\circ \text{C}$, en 30 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm^2)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm^2)	f'c promedio (kg/cm^2)
CP 280	1			10.16	23153	285.64	
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	23480	289.64	286.65
	3			10.16	23071	284.68	
10 % VSD	4			10.16	24716	304.89	
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	24022	296.21	301.54
	6			10.16	24592	303.51	
20 % VSD	7			10.16	23616	291.44	
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	22822	281.44	284.93
	9			10.16	22850	281.90	
30 % VSD	10			10.16	27351	337.33	
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	26982	332.71	335.27
	12			10.16	27213	335.76	
10 % C	13			10.16	12302	151.74	
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	12786	157.72	156.21
	15			10.16	12902	159.17	
20 % C	16			10.16	10608	130.91	
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	10488	129.39	130.07
	18			10.16	10531	129.92	
30 % C	19			10.16	6765	83.44	
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	6005	74.13	79.60
	21			10.16	6581	81.21	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 61 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de muestras sometidas a fuego directo, a una T° entre $650-750^\circ \text{C}$, en un periodo de 30 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 335.27 kg/cm^2 .

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 156.21 kg/cm^2 . Ver anexo 3.3.2.2.2.2.

Tabla 62*Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ a $750-850 \text{ }^\circ\text{C}$, en 60 minutos*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (kg/cm^2)							
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm^2)	f'c promedio (kg/cm^2)
CP 280	1			10.16	16464	203.06	223.11
	2	23/08/2018	20/09/2018	10.16	19259	237.57	
	3			10.16	18543	228.70	
10 % VSD	4			10.16	20995	258.96	262.64
	5	23/08/2018	20/09/2018	10.16	21532	265.64	
	6			10.16	21341	263.31	
20 % VSD	7			10.16	18786	231.78	227.16
	8	23/08/2018	20/09/2018	10.16	17880	220.63	
	9			10.16	18564	229.07	
30 % VSD	10			10.16	18026	222.36	219.84
	11	23/08/2018	21/09/2018	10.16	17726	218.66	
	12			10.16	17715	218.48	
10 % C	13			10.16	9639	118.89	117.61
	14	31/08/2018	28/09/2018	10.16	9026	111.34	
	15			10.16	9937	122.59	
20 % C	16			10.16	7962	98.19	98.19
	17	31/08/2018	28/09/2018	10.16	7941	97.95	
	18			10.16	7985	98.43	
30 % C	19			10.16	4794	59.12	57.35
	20	03/09/2018	01/10/2018	10.16	4500	55.52	
	21			10.16	4658	57.42	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 62 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de muestras sometidas a fuego directo, a una T ° entre $750-850 \text{ }^\circ\text{C}$, en un periodo de 30 minutos de exposición.

En referencia a los porcentajes de sustitución de vidrio sódico cálcico, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 10, 11 y 12 referentes al 30 % de sustitución, obteniendo un valor de 219.84 kg/cm^2 .

En cuanto a los porcentajes de sustitución de caucho, el mejor comportamiento mecánico es obtenido por las muestras 13, 14 y 15 referentes al 10 % de sustitución, obteniendo un valor de 117.61 kg/cm^2 . Ver anexo 3.3.2.2.2.3.

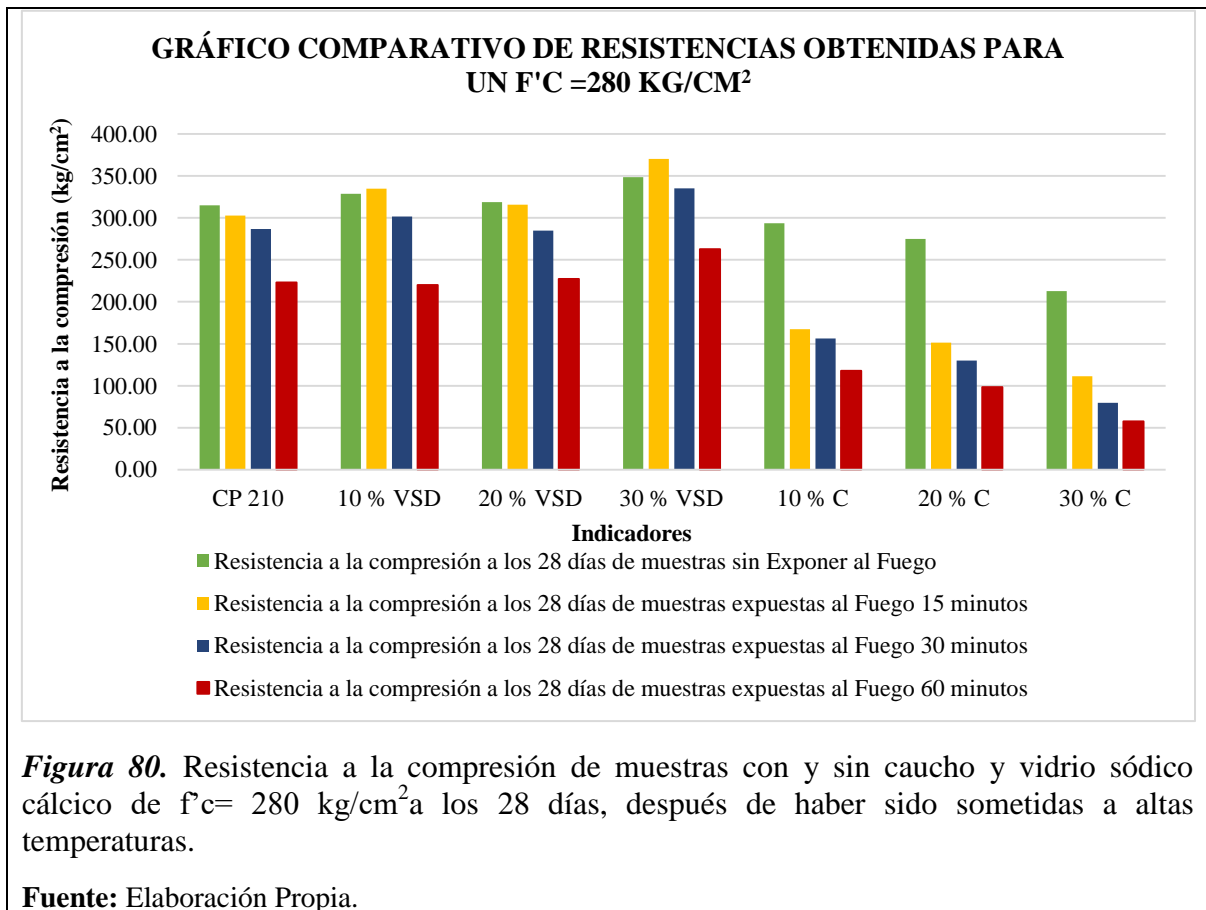
Tabla 63

Resumen de las resistencias a la compresión obtenidas del diseño de concreto patrón y con materiales reciclados sometidos a altas temperaturas a los 28 días. ($f'c=280 \text{ kg/cm}^2$).

Indicador	Muestras sin Exponer al Fuego	Muestras expuestas al Fuego 15 minutos	Muestras expuestas al Fuego 30 minutos	Muestras expuestas al Fuego 60 minutos
CP 210	314.93	302.65	286.65	223.11
10 % VSD	328.81	334.98	301.54	262.64
20 % VSD	318.65	315.82	284.93	227.16
30 % VSD	348.68	370.21	335.27	219.84
10 % C	293.50	167.26	156.21	117.61
20 % C	274.97	151.22	130.07	98.19
30 % C	212.74	111.15	79.60	57.35

Fuente: Elaboración Propia.

A través de la figura 80 se puede interpretar que la muestra que mejor se comporta mecánicamente sin y con exposición al fuego directo en intervalos de 15, 30 y 60 minutos y a temperaturas que oscilan entre 550-650 ° C, 650 ° C- 750 ° C y 750 ° C – 850 ° C respectivamente, es la de sustitución de 30 % de vidrio sódico cálcico. Ver anexo 3.3.2.2.2.4.



3.1.6. Propuesta económica del diseño de mezclas de concreto con caucho y con vidrio sódico cálcico.

Para determinar si el proyecto es viable económicamente, se realizó un análisis del costo unitario de la obtención del vidrio sódico cálcico y caucho molido.

Tabla 64

Costo por 1 kg de vidrio molido.

COSTO DE VIDRIO			
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	C.U
ENVASE	30	S/. 3.00	S/. 0.10

COSTO DE UN 1 KG DE VIDRIO MOLIDO					
DESCRIPCION	PESO (g)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	C.U	
ENVASE	300.00	1000.00	3.33	S/. 0.10	S/. 0.33

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, para un total de 30 envases de botellas de vidrio molidas, el costo unitario es de S/. 0.33.

Tabla 65

Costo unitario del vidrio sódico cálcico molido

Partida:	VIDRIO MOLIDO					
Unidad:	Kg		N ° Horas		8	
Rendimiento:	960	kg/día	Costo unitario total		S/. 0.51	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 0.12
Operador de máquina de los ángeles	h-h	1.00	0.01	S/. 14.85	S/. 0.12	
MATERIALES						S/. 0.33
Botellas	kg		1.00	S/. 0.33	S/. 0.33	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 0.06
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 0.12	S/. 0.00	
Máquina de los ángeles	hm	1.00	0.01	S/. 6.25	S/. 0.05	

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado, se obtiene que el costo unitario de vidrio molido (kg) es s/0.51.

Tabla 66

Costo unitario del caucho tamizado

Partida:		TAMIZADO DE CAUCHO				
Unidad:	Kg		N ° Horas		8	
Rendimiento:	400	kg/día	Costo unitario total		S/. 0.61	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 0.30
Peón	h-h	1.00	0.02	S/. 14.85	S/. 0.30	
MATERIALES						S/. 0.30
Caucho	Kg		1.00	S/. 0.30	S/. 0.30	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 0.01
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 0.30	S/. 0.01	

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtiene que el costo unitario de caucho tamizado (kg) es s/0.61.

3.1.6.1. Concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con caucho y vidrio sódico cálcico

Tabla 67

Costo por m^3 de concreto del diseño patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Partida:		Concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				
Unidad:	m^3		N° Horas:		8	
Rendimiento:	20	$m^3/día$	Costo unitario total:		S/. 218.45	
DESCRIPCION	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 190.23
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m^3		0.30	S/40.33	S/. 12.02	
Agregado grueso	m^3		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	

VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16
--	----	---	------	----------	----------

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 67 se puede apreciar que el costo del diseño de mezcla de $f'c=210$ kg/cm² para 1 m³ de concreto es de S/. 218.45. **Ver Anexo 3.4.1.**

Tabla 68

Costo por m³ de concreto del diseño patrón $f'c=210$ kg/cm² con caucho y vidrio sódico

Costos del diseño patrón y sustituido $f'c= 210$ kg/cm ²		
Diseño	Costo Parcial	Diferencia
Patrón 210	S/218.45	
Diseño 210 + 10% caucho	S/281.54	S/63.09
Diseño 210 + 20% caucho	S/326.19	S/107.74
Diseño 210 + 30% caucho	S/370.82	S/152.37
Diseño 210 + 10% vidrio sódico cálcico	S/274.52	S/56.07
Diseño 210 + 20% vidrio sódico cálcico	S/312.12	S/93.66
Diseño 210 + 30% vidrio sódico cálcico	S/349.71	S/131.26

Fuente: Elaboración propia. **Ver Anexo 3.4.1.**

En la tabla 68 se resumen los costos de los diseños de mezcla de $f'c=210$ kg/cm²; con 10, 20 y 30 % de sustitución con caucho y vidrio sódico cálcico.

Para el caucho, se evidencian incrementos de S/ 63.09, S/.107.74 y S/.152.37 por m³ respecto al del diseño patrón.

Para el vidrio sódico cálcico, se evidencian incrementos de S/ 56.07, S/.93.66 y S/.131.26 por m³ respecto al del diseño patrón.

3.1.6.2. Concreto de $f'c=280$ kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico

Tabla 69

Costo por m³ de concreto del diseño patrón de $f'c=280$ kg/cm²

Partida:	Concreto patrón $f'c = 280$ kg/cm ²					
Unidad:	m ³	Nº Horas:	8			
Rendimiento:	20	m ³ /día	Costo unitario total:	S/. 251.71		
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	

Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35
MATERIALES					S/. 223.48
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/ 210.10
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93
Agregado Fino	m ³		0.28	S/40.33	S/. 11.45
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 69 se puede apreciar que el costo del diseño de mezcla de $f'c=280$ kg/cm² para 1m³ de concreto es de S/. 251.71. **Ver Anexo 3.4.2.**

Tabla 70

Costo por m³ de concreto del diseño $f'c=280$ kg/cm² con caucho y vidrio sódico cálcico

Costos del diseño patrón y sustituido $f'c= 280$ kg/cm²		
Diseño	Costo Parcial	Diferencia
Patrón 280	S/251.71	
Diseño 280 + 10% caucho	S/312.14	S/60.43
Diseño 280 + 20% caucho	S/354.65	S/102.94
Diseño 280 + 30% caucho	S/397.15	S/145.44
Diseño 280 + 10% vidrio sódico cálcico	S/305.43	S/53.72
Diseño 280 + 20% vidrio sódico cálcico	S/342.25	S/90.55
Diseño 280 + 30% vidrio sódico cálcico	S/377.05	S/125.34

Fuente: Elaboración propia. **Ver Anexo 3.4.2.**

En la tabla 70 se resumen los costos de los diseños de mezcla de $f'c=280$ kg/cm²; con 10, 20 y 30 % de sustitución con caucho y vidrio sódico cálcico.

Para el caucho, se evidencian incrementos de S/ 60.43, S/.102.94 y S/.145.44 por m³ respecto al del diseño patrón.

Para el vidrio sódico cálcico, se evidencian incrementos de S/ 53.72, S/90.55 y S/.125.34 por m³ respecto al del diseño patrón.

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. Composición química de materiales.

Según el ensayo de composición química del vidrio proveniente de envases comunes, normado por American Society for Testing and Materials C 169 (Método de ensayo normalizado para determinar la composición química de cerámicos y vidrios), los porcentajes de óxido de silicio (73.11%), óxido de sodio (12.55%) y óxido de calcio (9.94%) comprueban que el vidrio utilizado es sódico cálcico. Estos resultados encuentran relación con los trabajos de: Catalán (2013) y Rojas (2015).

En el caso de la composición química del caucho proveniente de neumáticos en desuso, la ficha técnica proporcionada por el proveedor de dicho material indica contenidos de Plomo (14.448 ppm) , Cromo (1.256) y Cadmio (0.189). Dichos resultados tienen relación con el trabajo de: Llanos, Luján y Ponce (2016).

3.2.2. Análisis de los ensayos de los agregados.

3.2.2.1. *Análisis granulométrico por tamizado.*

La NTP 400.013 AGREGADOS indica que el módulo de fineza se debe encontrar entre 2.3 y 3.1. En la presente investigación el módulo de fineza del agregado obtenido fue 2.50. En el caso del caucho y vidrio sódico cálcico, reemplazantes de este agregado, los valores fueron 3.13 y 3.10 respectivamente.

3.2.2.2. *Peso unitario de los agregados.*

La NTP 400.017 AGREGADOS, señala que el peso unitario aproximado del agregado comúnmente usado en el concreto de peso normal varía de 1200 a 1750 kg/m³. Para el agregado fino, el valor del peso unitario suelto seco fue 1563 kg/m³ y del peso unitario compactado seco fue 1741 kg/m³ ; mientras que para el agregado grueso el peso unitario suelto seco fue 1424 kg/m³ y del peso unitario compactado seco fue 1543 kg/m³, estando así dentro de los límites.

3.2.2.3. *Contenido de humedad.*

Aunque la NTP 339.185. AGREGADOS no indica un límite en el contenido de humedad de los agregados, sería ideal que dichos resultados no excedan los valores de la absorción. El valor del porcentaje de contenido de humedad en la muestra de agregado fino resultó 1.30 % y en la muestra de agregado grueso 0.32 %.

3.2.2.4. *Peso específico y absorción.*

De acuerdo con la NTP 400.022 AGREGADOS, el peso específico del agregado fino debe situarse entre 2500 kg/m³ y 2900 kg/m³ y obtener un grado de absorción entre 0 – 5 %. En esta investigación el agregado fino consiguió un peso específico de 2538 kg/m³ y 1.36 % de absorción; valores que cumplen con los rangos establecidos.

De acuerdo con la NTP 400.021 AGREGADOS, el agregado grueso debe obtener un peso específico entre 2300 kg/m³ y 2800 kg/m³ y un grado de absorción de 0.2 – 3 %. En esta investigación el agregado grueso obtuvo un peso específico de 2679 kg/m³ y 0.89 % de absorción, ubicándose dentro de los límites recomendados.

3.2.2.5. *Abrasión de Los Ángeles.*

La NTP 400.019 AGREGADOS, establece que el porcentaje máximo permisible de desgaste por abrasión del agregado grueso es 50 %. En la presente investigación, el porcentaje obtenido fue 19.1 %, de tal manera que cumple con el límite establecido.

3.2.3. *Diseño de mezclas patrón de concreto.*

Los diseños de mezclas del concreto patrón con resistencias especificadas a la compresión del concreto ($f'c$) de 210 y 280 kg/cm² se elaboraron con el Método del Comité 211 del ACI. (American Concrete Institute)

La relación agua/cemento para el diseño $f'c= 210$ kg/cm² fue 0.606 y 0.508 y para el diseño $f'c = 280$ kg/cm². Ambos resultados tienen relación con los trabajos de: Alvarado (2013), Ayesta & Barrantes (2012), que también trabajaron con diseños y relaciones agua/cemento similares.

3.2.4. *Diseño de mezclas de concreto con caucho y vidrio sódico cálcico.*

3.2.4.1. *Diseño de mezclas de concreto $f'c=210$ kg/cm²*

En cuanto al uso de ambos materiales, vidrio sódico cálcico y caucho, a medida en que aumentan los porcentajes de sustitución, disminuyen las cantidades de agregado fino a utilizar.

Los resultados obtenidos en la dosificación con vidrio sódico cálcico tienen relación con los trabajos de: Catalán (2013), Peñafiel (2016), Rojas (2015) y los obtenidos en la dosificación con caucho con: Estrada (2016), Torres (2014) y Mujica & Suárez (2016).

3.2.4.2. *Diseño de mezclas de concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

Al igual que en el diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, a medida en que aumentan los porcentajes de sustitución con vidrio sódico cálcico y caucho, las cantidades de agregado fino a utilizar disminuyen.

Los resultados obtenidos en la dosificación con vidrio sódico cálcico coinciden con las investigaciones de Catalán (2013) y en la dosificación con caucho con: Torres (2014), Ramírez (2016) y Mujica & Suárez (2016).

3.2.5. Comportamiento físico y mecánico de concreto patrón y con materiales reciclados.

3.2.5.1. *Propiedades Físicas del Concreto.*

Los resultados obtenidos de estos ensayos, en los diseños con caucho y con vidrio, no tienen comparación con otros, debido a que en los temas de investigación referentes no se han evaluado estas propiedades.

3.2.5.1.1. *Asentamiento del concreto.*

Ensayo realizado con la NTP 339.035 HORMIGÓN (CONCRETO), a través del cual se obtuvo que la altura del asentamiento en los diseños patrón tienen un Slump de 3", coincidiendo con los valores obtenidos en las investigaciones de: Huincho (2017), Chauca y Cruz (2014).

Con la sustitución de vidrio para ambos diseños ($f'c=210$ y 280 kg/cm^2), se observa un incremento en la altura del asentamiento, proporcionando a los diseños mayor fluidez y mejor trabajabilidad.

En el caso de sustitución por caucho, los valores del asentamiento se incrementan para ambas resistencias sólo con 10 y 20 % de sustitución; sin embargo, el 30% en lugar de mejorar o mantener esta propiedad, hace que disminuya.

3.2.5.1.2. *Peso unitario del concreto*

El ensayo de Peso unitario del concreto fresco se realizó según NTP 339.046 HORMIGÓN (CONCRETO). Para el diseño patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se obtuvo un valor de 2341 kg/cm^2 y para el diseño patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ un valor de 2346 kg/cm^2 .

En el caso de sustitución con vidrio, para ambas resistencias de $f'c=210$ y 280 kg/cm^2 , a mayor porcentaje de sustitución, se obtiene mayor peso unitario en estado fresco.

Sin embargo, en sustitución con caucho, mientras aumenta el porcentaje de sustitución, el peso unitario de concreto en este estado disminuye.

3.2.5.1.3. *Contenido de aire del concreto*

Los resultados del ensayo de contenido de aire atrapado en las mezclas de diseño patrón $f'c = 210$ y 280 kg/cm^2 , según la NTP.339.083 HORMIGÓN (CONCRETO), fueron 1.9 % y 2 % respectivamente. Resultados que se asemejan con lo descrito en el Comité ACI 211, la cual menciona que para agregados de TMN igual a 1", le corresponde una cantidad de aire atrapado de 1.5%.

3.2.5.1.4. *Temperatura del concreto*

Ensayo realizado mediante la NTP 339.184:2013. HORMIGÓN (CONCRETO), determina que la inclusión de caucho y vidrio sódico cálcico en dosis de 10, 20 y 30% respecto al peso del agregado fino para los diseños de mezclas de 210 y 280 kg/cm^2 , no afecta en gran medida la temperatura del concreto, obteniéndose temperaturas que oscilan entre los 21 y 27°C , no muy alejadas de la temperatura ambiente del momento.

3.2.5.2. *Propiedades Mecánicas del Concreto.*

3.2.5.2.1. *Resistencia a la compresión del concreto sin someter a altas temperaturas*

Se observó que la mezcla con vidrio sódico cálcico alcanza una resistencia a la compresión a los 28 días, superior a la del diseño patrón; a diferencia de la mezcla con caucho.

En el caso del vidrio, la resistencia a la compresión aumenta a mayor porcentaje de sustitución. Para ambos diseños de mezcla, $f'c = 210$ y 280 kg/cm^2 , el mejor comportamiento fue obtenido por el 30 % de sustitución; resultados que se relacionan con los obtenidos en el estudio de: Rojas (2015).

En el caso del caucho, la resistencia a la compresión se ve disminuida con el aumento de porcentaje de sustitución; siendo el mejor comportamiento obtenido por las muestras de 10% de sustitución. Estos resultados son similares los que se obtuvieron en las investigaciones realizadas por: Torres (2014) y Mujica & Suárez (2016).

3.2.5.2.2. *Resistencia a la compresión del concreto sometido a altas temperaturas.*

A. *Diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Las muestras patrón de 28 días, sometidas al fuego directo por 15 y 30 minutos aumentan su resistencia a la compresión en base a la obtenida por las muestras sin exponer al fuego. Sin embargo, a los 60 minutos de exposición, esta se reduce considerablemente. Es decir, a medida en que aumenta el tiempo de exposición, las muestras pierden

resistencia. Estos resultados tienen relación con los obtenidos por : Chauca & Cruz (2014) y Ayesta & Barrantes (2012).

Las muestras con sustitución de vidrio sódico cálcico (10, 20 y 30 %) expuestas por 15 minutos al fuego directo, incrementan la resistencia a la compresión en relación a la obtenida por las muestras sin exponer al fuego. A los 30 minutos, dicha resistencia sufre un descenso. Y, en un tiempo de exposición de 60 minutos, mientras que las muestras de 10 y 20 % reducen considerablemente dicha resistencia, las del 30 % la aumentan.

Las muestras con sustitución de caucho (10, 20 y 30 %) expuestas a 15, 30 y 60 minutos, reducen considerablemente la resistencia a la compresión en relación a la obtenida por las muestras sin exponer al fuego. A medida en que aumenta el tiempo de exposición, existe mayor pérdida de resistencia. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el trabajo de investigación realizado por : Mujica & Suárez (2016).

B. Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Las muestras patrón de 28 días, sometidas al fuego directo por 15 y 30 minutos disminuyen su resistencia a la compresión. Sin embargo, a los 60 minutos de exposición, esta incrementa, pero no supera la obtenida por las muestras sin someter al fuego. Es decir, a medida en que aumenta el tiempo de exposición y la temperatura, las muestras pierden resistencia.

Las muestras con sustitución de vidrio sódico cálcico y caucho (10, 20 y 30 %) expuestas a 15, 30 y 60 minutos, evidencian disminución de resistencia a la compresión en base a la obtenida por las muestras sin exponer al fuego.

Con ambos materiales, a medida en que aumenta el tiempo de exposición, existe mayor pérdida de resistencia. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el trabajo de investigación realizado por : Mujica & Suárez (2016).

3.2.6. Propuesta económica del diseño de mezclas de concreto con caucho y con vidrio sódico cálcico.

La mezcla de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con caucho y con vidrio resulta más costosa, a medida en que se incrementan los porcentajes de sustitución con dichos materiales; aumentando hasta un 30 % y 26 % respectivamente el costo del concreto patrón.

La mezcla de concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con caucho y con vidrio resulta más costosa, a medida en que se incrementan los porcentajes de sustitución con dichos materiales; aumentando hasta un 27 % y 23 % respectivamente el costo del concreto patrón.

Dichos resultados concuerdan con los obtenidos por Mujica & Suárez (2016).

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

De acuerdo al análisis químico de los materiales empleados, se concluye que el caucho contiene 14.448 ppm de Plomo, 1.256 ppm de Cromo y 0.189 ppm de Cadmio. A diferencia, el vidrio utilizado contiene 73.11 % de sílice, 12.55 % de sodio y 9.94 % de calcio.

Los resultados obtenidos de las características de los agregados naturales procedentes de la cantera La Victoria, fueron aceptables y satisfactorios, ya que cumplen con los requerimientos mínimos y máximos de las Normas Técnicas Peruanas de Agregados.

En la elaboración de las mezclas patrón mediante el método del ACI, cuando la resistencia a la compresión requerida es mayor, se necesita mayor cantidad de cemento y menor cantidad de agregado fino y grueso. El diseño $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ obtuvo un asentamiento de 3" (Pulgadas); peso unitario equivalente a 2341 kg/cm^2 ; relación agua/cemento de 0.606 y un factor de cemento por m^3 de concreto igual a 8.73 bolsas/ m^3 . Las proporciones en peso fueron de 1:2.04: 2.66 / 25.8 lts/ pie^3 y en volumen de 1:1.96: 2.81: / 25.8 lts/ pie^3 . Mientras que el diseño $f'_c= 280 \text{ kg/cm}^2$ obtuvo un asentamiento de 3" (Pulgadas); peso unitario equivalente a 2346 kg/cm^2 ; relación agua/ cemento de 0.508 y un factor de cemento por m^3 de concreto igual a 10.41 bolsas/ m^3 . Las proporciones en peso fueron de 1:1.63: 2.17 / 21.6 lts/ pie^3 y en volumen de 1:1.57: 2.29: / 21.6 lts/ pie^3 .

Para la elaboración de diseños de mezcla con caucho y vidrio sódico cálcico, se optó por utilizar 10, 20 y 30 % de sustitución respecto al peso del agregado fino. A través de esto, se concluye que, conforme aumenta el porcentaje de sustitución, se utiliza mayor cantidad de material reemplazante y menor cantidad de agregado fino.

En cuanto a las propiedades físicas, la inclusión de vidrio sódico cálcico en 10 %, 20 % y 30 % mejora la trabajabilidad, aumenta el peso unitario y el contenido de aire atrapado en la mezcla. Sin embargo, la inclusión de caucho en las mezclas mejora la trabajabilidad sólo con 10 y 20 % de sustitución; el peso unitario disminuye en los 3 casos y el contenido de aire sufre variaciones. Respecto a las propiedades mecánicas, el mejor comportamiento del concreto sin someter y sometido al fuego durante 15, 30 y 60 minutos y a temperaturas que oscilaron entre 550-650 ° C, 650-750 ° C y 750-850 ° C, fue alcanzado por las muestras sustituidas con 30 % de vidrio sódico cálcico y 10%

de caucho. Los tipos de daño del concreto expuesto al fuego que se presentaron fueron fisuras, desprendimiento y calcinaciones.

Con relación al costo por 1 m^3 de concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2 , se concluye que, incorporando estos materiales en la mezcla de concreto, se generan costos mayores en comparación al concreto convencional. Sin embargo, las propiedades obtenidas por el concreto con vidrio reciclado resultan favorables a pesar del costo elevado determinado.

4.2. Recomendaciones.

Para contribuir a la conservación del medio ambiente, los organismos locales y regionales deberían promover la formalización del reciclaje informal en la región Lambayeque, con la finalidad de emplear material proveniente de desechos en ámbitos constructivos y otros.

Considerar el uso de equipo de protección personal como guantes, mascarilla y gafas durante el proceso de trituración y molienda del vidrio y tamizado de caucho, para evitar aspirar el polvo proveniente nocivo para la salud.

Para lograr las resistencias en ambos diseños ($f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$), es recomendable utilizar como sustitución 10, 20 y 30 % de vidrio sódico cálcico; mientras que en el caso del caucho sólo 10 y 20 %.

Tener en cuenta la calidad y lugar de almacenamiento de los comburentes y combustibles. Así mismo, considerar implementos y medidas de seguridad para la realización de ensayos de exposición al fuego.

REFERENCIAS

ACI 318S-05. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. (Comité ACI 318, p.96)

Alcaldía Mayor de Bogotá DC (2004). *Guía de patologías constructivas estructurales y no estructurales* (Versión 1). Recuperado de http://www.idiger.gov.co/documents/20182/112614/Guia_patologias_constructivas_estructurales_no_estructurales.pdf

Alvarado, G. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto estructural expuesto al fuego*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Avilés, P. (2006-2007). *Materiales de última generación y materiales eficientes*. Recuperado de https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/TAB42359/H%20Caucho%20PP%20Aviles.pdf

ASTM. Standard test methods for fire tests of building construction and materials, in: Fire-resistance for building materials and elements. PA, USA: ASTM International, 2000, vol. E119-00a, p. 21.

ASTM C 169 (2016). Standard Test Methods for Chemical Analysis of Soda-Lime and Borosilicate Glass. USA: ASTM International, 2016.

Ayesta, T. & Barrantes, M. (2011). *Estudio del comportamiento del concreto ante el fuego*. (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Pimentel, Perú.

Brushlinsky, N. N.; Ahrens, M.; Sokolov, S.V. y Wagner P. (2018). World Fire Statistics. *Center of Fire Statistics*, 23. Recupere de https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-04/CTIF_Report23_World_Fire_statistics_2018.pdf

Cabrejos, J. (08 de septiembre del 2011). El 40% de la basura que se produce a diario en Chiclayo es reciclable. *RPP Noticias*. Recuperado de <https://www.rpp.com.pe/20110908/comunicacion/el-40-de-la-basura-que-se-produce-a-diario-en-chiclayo-es-reciclable-noticia.html>

//rpp.pe/peru/actualidad/el-40-de-la-basura-que-se-produce-a-diario-en-chiclayo-es-reciclable-noticia-402037

- Calle, J. (2015). *Estudio comparativo del concreto convencional y concreto reforzado con fibras de caucho sintético reciclado* (tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Catalán, C. (2013). *Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado h15, h20, y h30* (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- CIP. (2012). *Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú*. Congreso Nacional de Consejos Departamentales del Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, Perú.
- Chauca, D. & Cruz, M. (2014). *Evaluación del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a altas temperaturas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.
- Congreso de la República. (2016). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, LEY N ° 29783*. Recuperado http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/Seguridad-Salud-en-el-Trabajo/Ley%2029783%20_%20Ley%20de%20Seguridad%20y%20Salud%20en%20el%20Trabajo.pdf
- Dávila, E. (2012). *Actualidad y desarrollo del uso del vidrio en la construcción* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Estrada, J. (2016). *Estudio de propiedades físico-mecánicas y de durabilidad del hormigón con caucho* (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- García, W. (23 de abril del 2013) Tecnología del concreto [Mensaje en blog]. <http://tecnconcreto2013.blogspot.com/p/caracteristicas.html>

- Gestión de Neumáticos usados, (2015). *Caucho: otras aplicaciones*. Montevideo, Uruguay. Recuperado de <http://geneu.com.uy/polvo-de-caucho-otras-aplicaciones/>
- Guerrero, D. (2015). *Estimación De Costos*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2398/7.2%20Estimacion%20de%20costos.pdf?sequence=1>
- Huincho, M. (2017). *Evaluación de la resistencia mecánica del concreto sometido a altas temperaturas por incidencia del fuego directo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 339.033:2009 (26 de agosto del 2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo* 3ra. ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 339.034: 2008. (25 de enero del 2008). *HORMIGÓN (CONCRETO) Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. 3ra d. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 339.035:2009 (23 de diciembre del 2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Pórtland*. 3ra. ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 339.046:2008. (03 de setiembre del 2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. 2da ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 339.185:2013. (07 de agosto del 2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. 2da ed. Lima, Perú.

- INDECOPI, NTP 400.011:2008. (12 de diciembre del 2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. 2da ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 400.012:2013 (16 de enero del 2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. 3ra. ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 400.017:2011. (02 de febrero del 2011) *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. 3ra ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 400.019:2002 (30 de enero del 2002) *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. 2da ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 400.021:2002 (16 de mayo del 2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. 2ra ed. Lima, Perú.
- INDECOPI, NTP 400.022:2013. (26 de agosto de 2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. 3ra. ed.
- Llanos, J., Luján, S., & Ponce, M. (2016). *Viabilidad de la creación de una empresa recicladora y trituradora de llantas en desuso para su comercialización en el mercado peruano* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- López, T. & Martínez, A. (1995) *El mundo mágico del vidrio*. México, D.F: Fondo de cultura económica. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/mundoma.html>
- Magallanes, C. & Guillén, I. (2014). *Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en Iberoamérica*. Lima, Perú. Recuperado de

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/\\$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf)

Maldonado, M., Blanco, J. & Ángel, S. (2016). *Análisis de la influencia del uso de caucho reciclado tratado con NaOH usado como adición en concreto normal*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303485821_Analisis_de_la_influencia_del_uso_de_caucho_reciclado_tratado_con_NaOH_usado_como_adicion_en_concreto_normal_Analysis_of_the_influence_of_the_use_of_recycled_rubber_treated_with_NaOH_as_an_admixture_i

Mármol, P. (2010). *Hormigones con fibras de acero. Características Mecánicas*. (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Marimon, F. (junio de 2008). Comportamiento frente al fuego de las losas mixtas. *Jornada Técnica Cátedra G.O.C*. Conferencia llevada a cabo en la Universidad de Vigo, Pontevedra, España.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (1983). NTP 38: Reacción al fuego. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_038.pdf

Ministerio del Ambiente. (2011). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>

Ministerio del Ambiente (2017). *Cifras ambientales 2017*. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62582>

Mujica, E. & Suárez, I. (2016). *Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

Municipalidad Provincial de Chiclayo. (2012). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Recuperado de <https://www.munichiclayo.gob.pe/Documentos/PIGARSChiclayo.pdf>

NTP 334.001:2001. Cemento: Definiciones y nomenclatura

Oblitas, Racho, Peralta, Muñoz y Mc Callum (2017). INFORME DE VISITA A CANTERA “LA VICTORIA”. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/359008691/cantera-la-victoria-2017>

Ortiz, J. (2005). *Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura ambiental en la resistencia del hormigón preparado* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6163/03Jaol03de15.pdf>

Peñafiel, D. (2016). *Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3270/QUarbecj.pdf?sequence=1>

Redacción Gestión. (10 de septiembre del 2017). Perú solo recicla el 15% de la basura que genera diariamente. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/peru-recicla-15-basura-genera-diariamente-143243>

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *Título III: Edificaciones*. III.2 Estructuras. Norma E.060 Concreto Armado. Lima, Perú: Megabyte.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *Título I: Generalidades*. Norma G.050 Seguridad durante la construcción. Lima, Perú: Megabyte.

Rojas, J. (2015). *Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $f'c=210$ kg/cm² adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo Perú.

Sánchez, D. (2012) Durabilidad y Patología del Concreto. Bogotá: Asocreto, pp. 123-160.

Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria. (4 de septiembre de 2013). ANALISIS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE NEUMATICOS EN EL MERCADO PERUANO 2012- JULIO 2013. Obtenido de ANALISIS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE NEUMATICOS EN EL MERCADO PERUANO 2012- JULIO 2013 Recuperado de <http://b2bctrade.blogspot.com/2013/09/analisis-de-importaciones-y.html>

Torres, H. (2014). *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho* (tesis de maestría). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis documental

Anexo 1.1. Ficha técnica del caucho

Anexo 1.2. Composición química del vidrio sódico cálcico

Anexo 1.3. Ficha técnica del Cemento Pórtland Tipo I

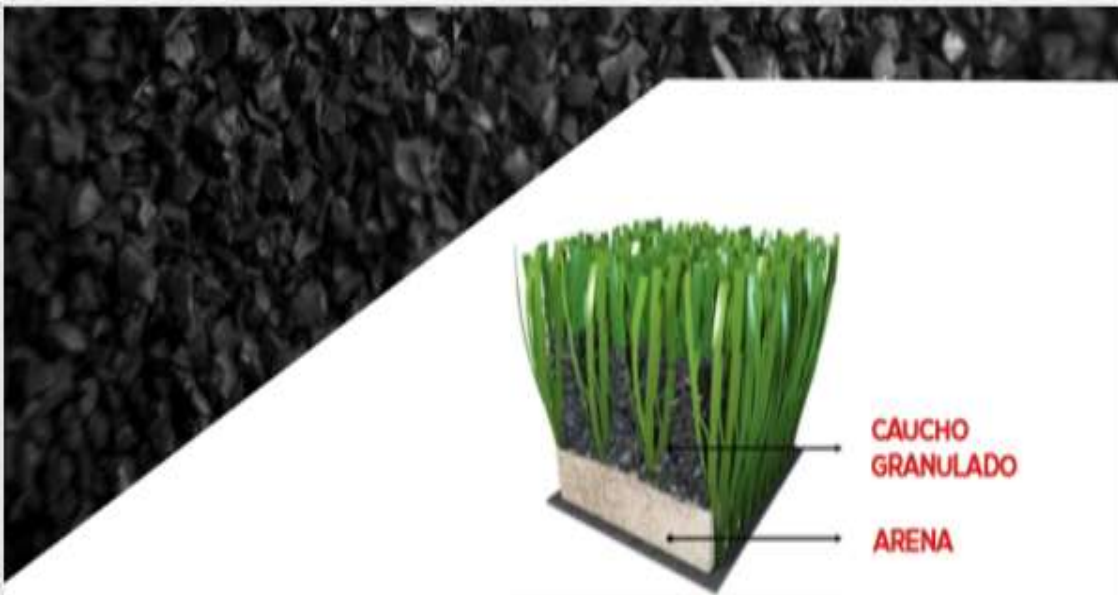
CAUCHO GRANULADO

Granos consistentes de caucho color negro. Es el tipo de caucho más recomendado y preferido para el óptimo rebote del balón en grass sintético.

GRÁNULO DE CAUCHO

 OAKSPORT





CAUCHO GRANULADO

Ficha Técnica

Uso:	Relleno de campos de grass sintético
Color:	Negro
Resistencia al calor:	185 -190
Plomo:	14, 448
Cromo:	1, 256
Cadmio:	0, 189
Pan de fondo:	0.08
Malla 10:	78.33
Malla 12:	17.81
Malla 14:	3.24
Malla 16:	0.54



SOLICITUD DE ENSAYO: CS1456-EQ

CERTIFICADO DE ENSAYO

SOLICITADO POR: Castro Montoya Diana Vanessa
PROYECTO (TESIS): "Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico"
UBICACIÓN: Universidad Señor de Sipán
FECHA DE ENSAYO: 24/09/2018
EQUIPO UTILIZADO: Balanza con división de escala de 0.001 g., capacidad máxima 210 g. Marca Ohaus, clase III. Certificado y fecha de calibración CCB-167-2018, 2018-09-12.
Horno mufla con alcance de indicación de 1100°C, marca Thermo Scientific. Certificado y fecha de calibración CMI-011-2018, 2018-09-14.

Norma de Ensayo	Denominación
American Society for Testing and Materials C169	Método de ensayo normalizado para determinar la composición química de cerámicos y vidrios

COMPUESTO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	CONTENIDO (%)
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	1.48
Óxido de Calcio	CaO	9.94
Óxido de Magnesio	MgO	2.26
Óxido de Potasio	K ₂ O	0.61
Óxido de Sodio	Na ₂ O	12.55
Óxido de Silicio	SiO ₂	73.11

Chiclayo, 02.10.2018


LUIS MARÍA PERALTA ESCOBEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 193186



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Montenegro Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 0050



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.8 (406)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	261	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Anexo 2. Guías de observación

Anexo 2.1. Ensayos de agregados naturales

Anexo 2.1.1. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Anexo 2.1.2. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Anexo 2.1.3. Peso Unitario y Contenido de Humedad del Agregado Fino

Anexo 2.1.4. Peso Unitario y Contenido de Humedad del Agregado Grueso

Anexo 2.1.5. Peso Específico y absorción del Agregado Fino

Anexo 2.1.6. Peso Específico y absorción del Agregado Grueso

Anexo 2.1.7. Ensayo de Abrasión de Los Ángeles

Anexo 2.1.8. Resumen de análisis de agregados

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino**

Referencia : **Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012**

Peso inicial: gr

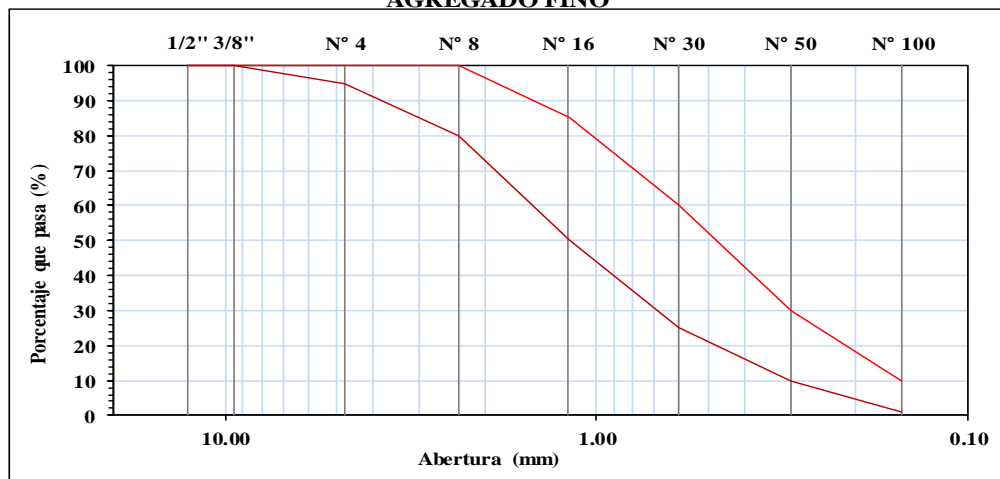
Muestra:

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700			
3/8"	9.520			
N° 4	4.750			
N° 8	2.360			
N° 16	1.180			
N° 30	0.600			
N° 50	0.300			
N° 100	0.150			
FONDO				

Módulo de fineza =

Abertura de malla de referencia =

CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO FINO



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

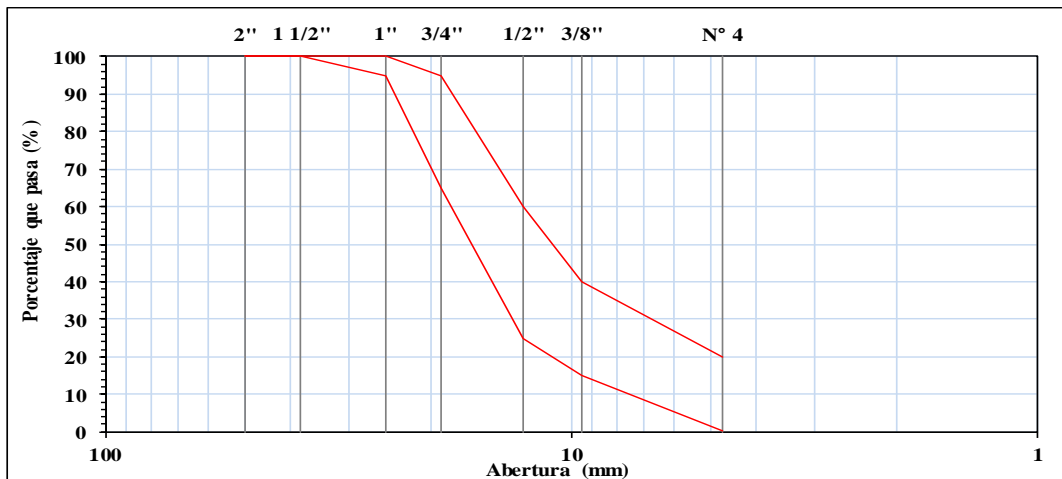
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012

Peso inicial: gr
 Muestra:

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50.000				
1 1/2"	38.000				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.520				
N° 4	4.750				
FONDO					

Tamaño Máximo =
 Tamaño Máximo Nominal =

CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO GRUESO



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso unitario del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra:

1.- PESO UNITARIO SUELTO

	A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	
Peso del recipiente	(gr.)	
Peso de muestra	(gr.)	
Constante o Volumen	(m ³)	
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

	A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	
Peso del recipiente	(gr.)	
Peso de muestra	(gr.)	
Constante o Volumen	(m ³)	
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

	A	B
1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	
2. Peso de muestra seca	(gr.)	
3. Peso de recipiente	(gr.)	
4. Contenido de humedad	(%)	
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso unitario del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra:

1.- PESO UNITARIO SUELTO

	A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	
Peso del recipiente	(gr.)	
Peso de muestra	(gr.)	
Constante o Volumen	(m ³)	
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

	A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	
Peso del recipiente	(gr.)	
Peso de muestra	(gr.)	
Constante o Volumen	(m ³)	
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	
2. Peso de muestra seca	(gr.)	
3. Peso de recipiente	(gr.)	
4. Contenido de humedad	(%)	
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO:
POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso específico y Absorción del agregado fino**

Referencia : **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.022**

Muestra:

I. DATOS

	A	B
1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	
4. Peso del agua	(gr)	
5. Peso del frasco	(gr)	
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	
8. Volumen del frasco	(cm ³)	

II. - RESULTADOS

	A	B	Promedi
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)		
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)		
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)		
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%		

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO:
POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso específico y Absorción del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.021**

Muestra:

I. DATOS

	A	B
1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	
4.- Peso de la canastilla	(gr)	
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	

II.- RESULTADOS

	A	B	Promedio
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)		
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)		
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)		
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%		

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : Abrasión de Los Ángeles
Referencia : NORMA N.T.P. 400.019

||Muestra:

Profundidad

I.- Granulometría global

Mallas		Peso retenido	%	Método A
Pasa	Retiene			
1 1/2"	1"			
1"	3/4"			
3/4"	1/2"			
1/2"	3/8"			
3/8"	1/4"			
1/4"	N°4			
N°4	N°8			
Total				

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo
- Peso final después de las 200 revoluciones
- Peso final después de las 500 revoluciones

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión
- % de uniformidad

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

RESUMEN DE ENSAYOS APLICADOS A LOS AGREGADOS NATURALES

1. GRANULOMETRIA: N.T.P. 400.012

Muestra:	Agregado Fino			
Peso Hum.:	0 Kg	Peso Seco:		
Cont. Hum.:				
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"				
N°4				
N°8				
N°16				
N°30				
N°50				
N°100				
FONDO				

Modulo de Fineza:
Abertura de malla de referencia:

Muestra:	Agregado Grueso			
Peso Hum.:		Peso Seco :	0 Kg	
Cont. Hum.:				
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
N°4				
FONDO				

T.M.: 0
T.M.N.: 0.000

2. PESO UNITARIO : N.T.P. 400.017

SUELTO		A	B
Peso de la muestra húmeda			
Volumen del molde			
Peso unitario suelto húmedo			
PESO UNIT. SUELTO SECO			
COMPACTADO		A	B
Peso de la muestra húmeda			
Volumen del molde			
Peso unitario suelto húmedo			
PESO UNIT. COMPACTADO SECO			

SUELTO		A	B
Peso de la muestra húmeda			
Volumen del molde			
Peso unitario suelto húmedo			
PESO UNIT. SUELTO SECO			
COMPACTADO		A	B
Peso de la muestra húmeda			
Volumen del molde			
Peso unitario suelto húmedo			
PESO UNIT. COMPACTADO SECO			

3. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN :

A. Datos de la arena (N.T.P. 400.021 Arena)

1. Peso de la muestra Sat. Sup. Seca		g
2. Peso de la muestra Sat. Sup. Seca + Peso del frasco + Peso del agua		g
3. Peso de la muestra Sat. Sup. Seca + peso del frasco	(1+5)	g
4. Peso del Agua	(2-3)	g
5. Peso del Frasco		g
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(5+7)	g
7. Peso de la muestra secada al horno		g
8. Volumen del frasco		cm ³

3. Resultados

1. PESO ESPECIFICO DE MASA	7/(8-4)	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA S. S. S.	7/(7-4)	g/cm ³
3. PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	((1-7)/7)*100	%

A. Datos de la grava (N.T.P. 400.022 Piedra)

1. Peso de la muestra seca al horno		g
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca		g
3. peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		g
4. Peso de la canastilla		g
5. Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4)	g

3. Resultados

1. PESO ESPECIFICO DE MASA	1/(2-5)	g/cm ³
2. PESO ESPECIFICO DE MASA S. S. S.	2/(2-5)	g/cm ³
3. PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm ³
4. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(2-1)/1)*100	%

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD : N.T.P. 339.185

Arena	A	B
1. Peso de la muestr. húmeda		
2. Peso de la muestra seca		
3. Cont. Humedad		
4. Promedio		

Grava	A	B
1. Peso de la muestr. húmeda		
2. Peso de la muestra seca		
3. Cont. Humedad		
4. Promedio		

Anexo 2.2. Diseño de mezcla de concreto

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLAS (ACI 211)

CONCRETO PATRÓN

DISEÑO POR RESISTENCIA

$f_c =$ Kg/cm²

Agregado grueso

01. Tamaño máximo nominal
02. Peso específico seco de masa
03. Peso Unitario compactado seco
04. Peso Unitario suelto seco
05. Contenido de humedad
06. Contenido de absorción

	pulg.
	Kg/m ³
	Kg/m ³
	Kg/m ³
	%
	%

Agregado fino

07. Peso específico seco de masa
08. Peso unitario suelto seco
09. Contenido de humedad
10. Contenido de absorción
11. Módulo de fineza (adimensional)

	Kg/m ³
	Kg/m ³
	%
	%

III. DATOS DE LA MEZCLA

12. Resistencia especificada a los 28 días
13. Relación agua cemento
14. Asentamiento
15. Volumen unitario del agua: POTABLE DE LA ZONA
16. Contenido de aire atrapado
17. Volumen del agregado grueso
18. Peso específico del cemento : PACASMAYO TIPO I

	f_c	Kg/cm ²
	$R^{a/c}$	
		Pulg.
		L/m ³
		%
		m ³
		Kg/m ³

IV. CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS, CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APOORTE DE AGUA

- a. Cemento
- b. Agua
- c. Aire
- d. Arena
- e. Grava

Corrección por humedad

Arena = 0.00 kg/m³

Grava = 0.00 kg/m³

Agua Efectiva

V. RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

- a. Cemento
- b. Agua
- c. Arena
- d. Grava

VI. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (MATERIALES CON HUMEDAD NATURAL)

	Cemento	Arena	Grava	Agua
POR PESO				
POR VOLUMEN				

VII. TANDA DE ENSAYO

VOLUMEN =

- a. Cemento _____
- b. Agua _____
- c. Arena _____
- d. Grava _____

Características de la Mezcla

F/cemento (en bolsas) = _____
 R a/c de diseño = _____
 R a/c de obra = _____

VIII. AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

Ajuste de agua de tanda

Cantidad de agua sobrante o incrementada ml Lt
[] []

Consistencia del concreto fresco (Slump)

Slump teórico del diseño _____
 Slump obtenido en comprobación _____
Ajuste de cantidad de agua Pulg. mm.

Litros

Peso unitario del concreto fresco

	Sin / Corr	Corregida
Nº de prueba		
Nº de molde	1	2
Peso de la muestra + peso del molde	gr.	
Peso del molde	gr.	
Volumen ó Constante del molde	m ³	
Peso unitario del concreto fresco sin aire incorporado	kg/m ³	
		0

Peso de tanda de ensayo
Peso unitario de la mezcla teórica
Rendimiento

Ajuste de agua de mezclado			Ra/c final
Ajuste de cantidad de cemento			F. Cemento
Ajuste de grava	(húmedo)		% de grava
Ajuste de arena	(húmedo)		% de arena
Ajuste por Slum			
Ajuste de % de Grava			

Peso unitario teórico final de la mezcla 0 kg/m³
Peso unitario de la mezcla corregida 0 kg/m³

IX. OBSERVACIONES:

Diseño de Mezcla f'c = kg/cm²
Fecha de vaciado

Dosificaciones		
Materiales	Peso	Volumen
Cemento		Pie ³
Arena		Pie ³
Grava		Pie ³
Agua		Litros

Materiales	Pesos
Cemento	
Arena	
Grava	
Agua	

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON

F'c = kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	Kg/m ³
Agua	L
Agregado fino	Kg/m ³
Agregado grueso	Kg/m ³

<u>Proporción en peso:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
				Lts/pie ³

<u>Proporción en volumen:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
				Lts/pie ³

Anexo 2.3. Propiedades físicas

Anexo 2.3.1. Asentamiento del concreto en estado fresco

Anexo 2.3.2. Peso Unitario del concreto en estado fresco

Anexo 2.3.3. Contenido de aire atrapado del concreto

Anexo 2.3.4. Temperatura del concreto en estado fresco

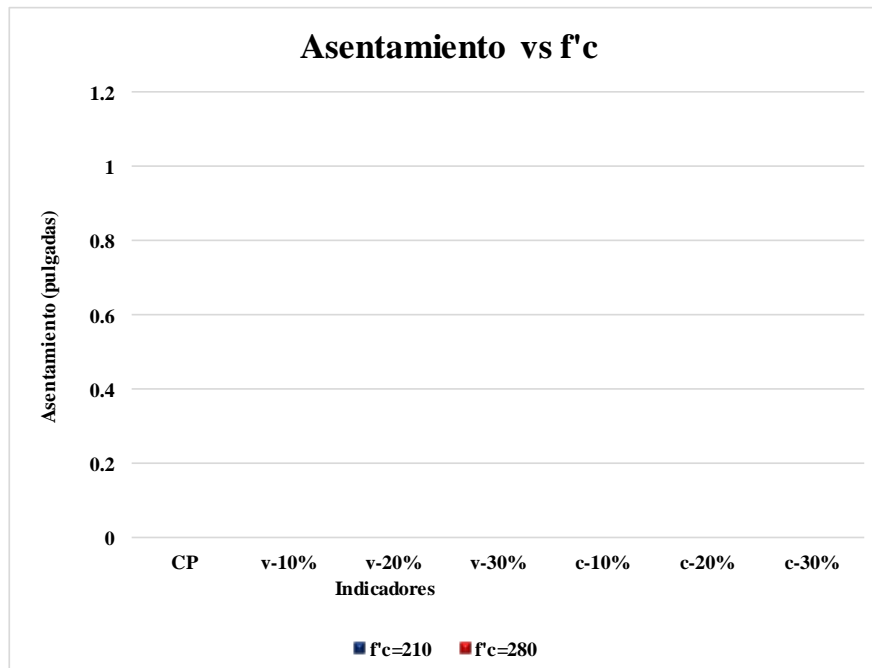
Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : Asentamiento del Concreto
Referencia : Norma N.T.P. 339.035

ASENTAMIENTO (Pulgadas)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálcico			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210							
280							



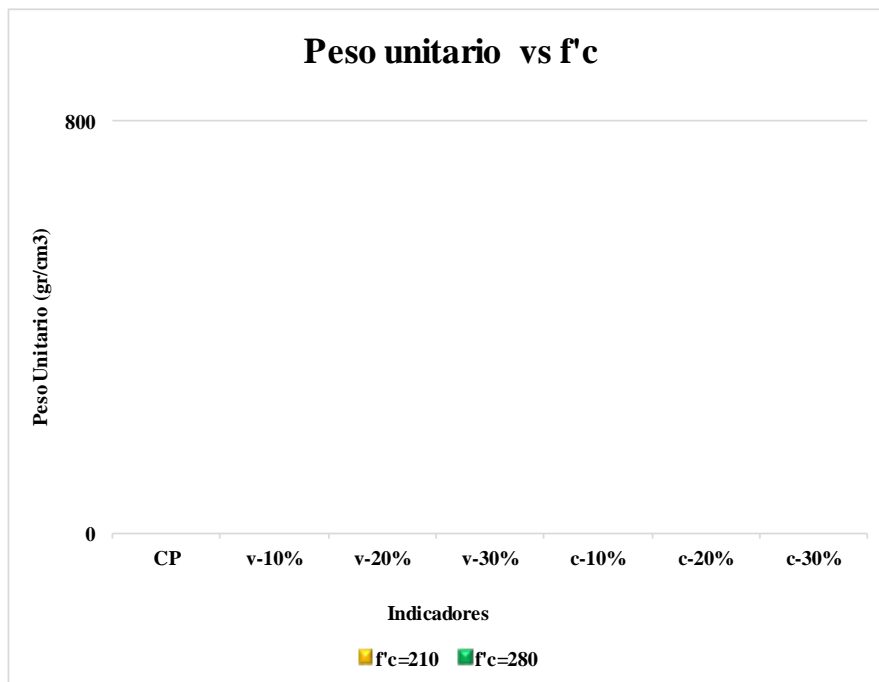
Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso Unitario del Concreto**
Referencia : **Norma N.T.P. 339.046**

PESO UNITARIO (kg/m ³)							
Resistencia f'c	Concreto	Vidrio Sódico Cálcico			Caucho		
	Patrón CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210							
280							



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

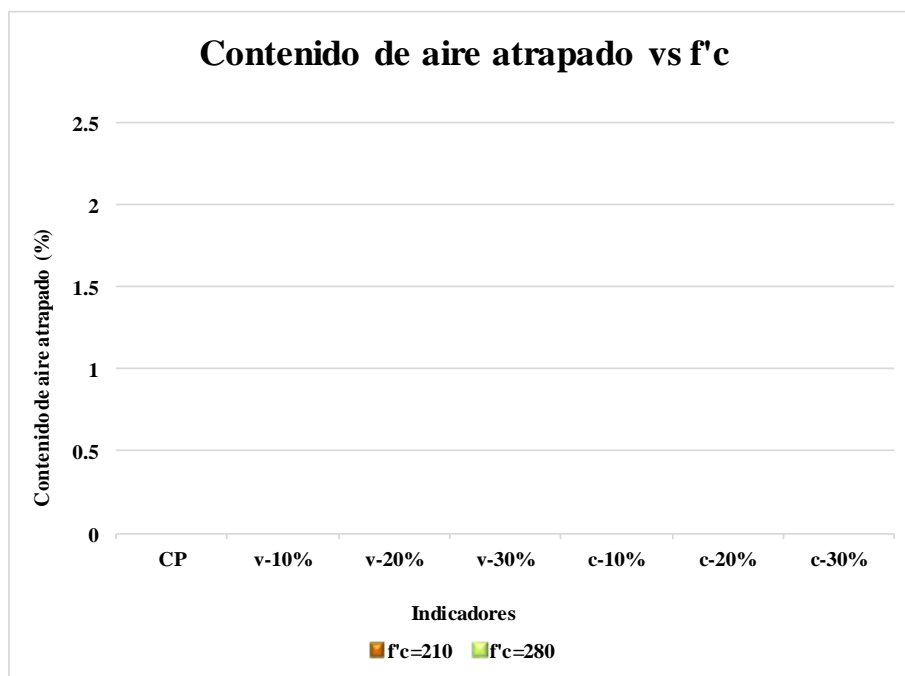
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : Contenido de aire atrapado

Referencia : Norma N.T.P. 339.083

Contenido de aire atrapado (%)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálculo			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210							
280							



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Temperatura del Concreto**

Referencia : **Norma N.T.P. 339.184**

Diseño f'c	T° Ambiente	T° del concreto	Hora
210			
210 +10 % vidrio			
210 +20 % vidrio			
210 +30 % vidrio			
210 +10 % caucho			
210 +20 % caucho			
210 +30 % caucho			
280			
280 +10 % vidrio			
280 +20 % vidrio			
280 +30 % vidrio			
280 +10 % caucho			
280 +20 % caucho			
280 +30 % caucho			

Anexo 2.4. Propiedades mecánicas

Anexo 2.4.1. Resistencia a la compresión de muestras de concreto

Anexo 2.4.2. Resistencia a la compresión de muestras de concreto sometido al fuego

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

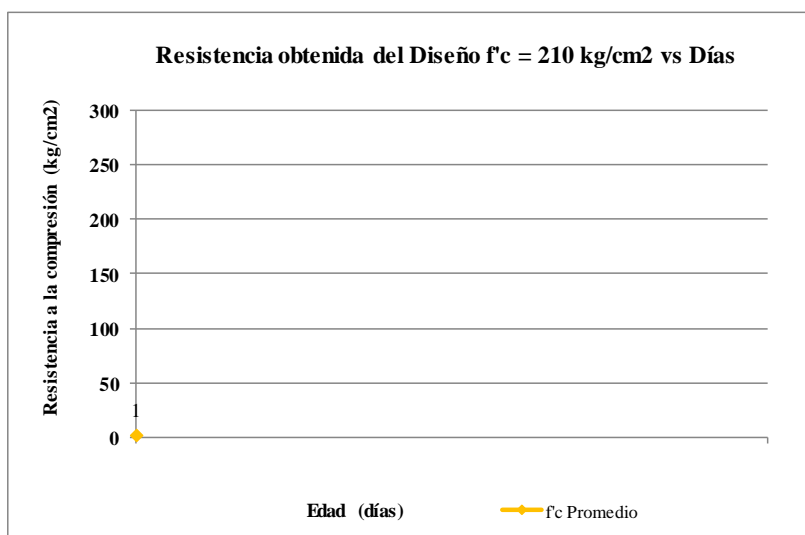
Lugar: PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Norma: : NTP 339.084

Referencia: : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

CONCRETO PATRON 210 kg/cm²

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu KN	Pu A (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
M1			7 días							
M2										
M3										
M4			14 días							
M5										
M6										
M7			21 días							
M8										
M9										
M10			28 días							
M11										
M12										



Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

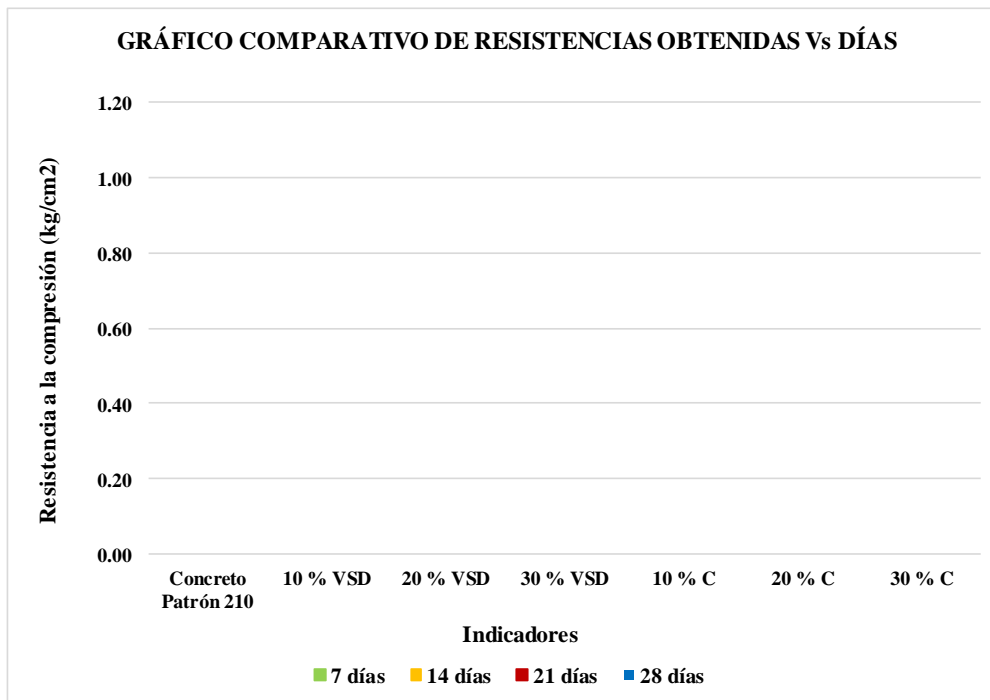
Tesisista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Referencia: : Resistencia a la compresión del concreto

Ensayo: : NTP 339.084

Indicador/ Muestra	Resistencia a la compresión promedio- Diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				Variación (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
	Concreto Patrón 210							
10 % VSD								
20 % VSD								
30 % VSD								
10 % C								
20 % C								
30 % C								



Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

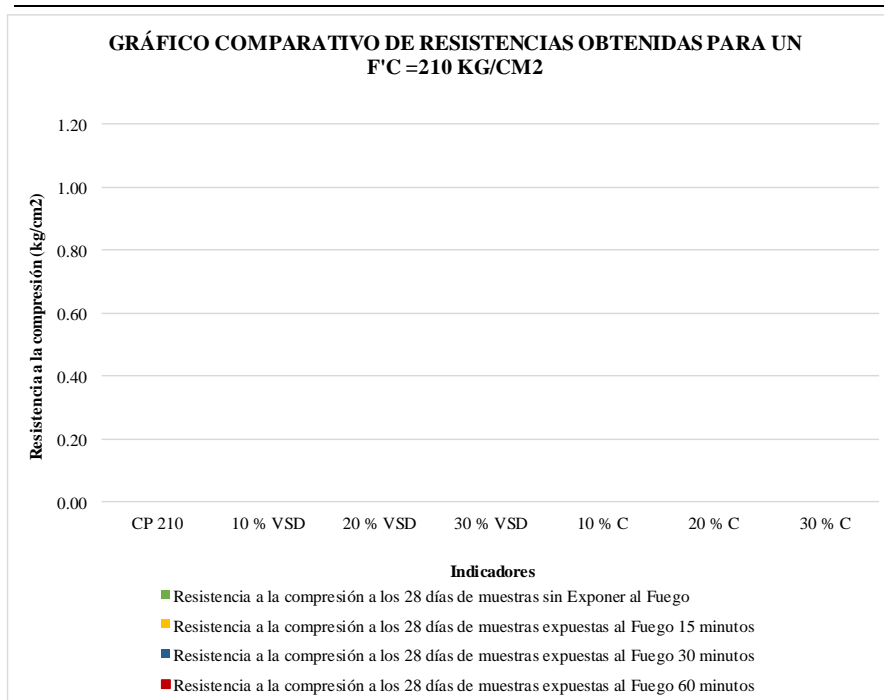
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE

Referencia: : Resistencia a la compresión del concreto

Ensayo: : NTP 339.084

Muestra- Indicador	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras sin Exponer al Fuego	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 15 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 30 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 60 minutos
CP 210				
10 % VSD				
20 % VSD				
30 % VSD				
10 % C				
20 % C				
30 % C				



Anexo 2.5. Propuesta económica

Tesis COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Partida:		VIDRIO MOLIDO				
Unidad:	Kg	N°Horas				
Rendimiento:	kg/día	Costo unitario total				
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Operador de máquina de los angeles						
MATERIALES						
Botellas						
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales						
Máquina de los ángeles						

COSTO DEL VIDRIO

COSTO DE VIDRIO				
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	C.U	
EMBASE				

COSTO DE MATERIAL PARA UN 1 KG DE VIDRIO MOLIDO				
DESCRIPCION	PESO (g)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	C.U
EMBASE				

Partida:		TAMIZADO DE CAUCHO				
Unidad:	Kg	N°Horas				
Rendimiento:	kg/día	Costo unitario total				
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Peón						
MATERIALES						
Caucho						
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales						

Partida:		Concreto patrón				
Unidad:	m³	N° Horas:				
Rendimiento:	m³/día	Costo unitario total:				
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						
Operario						
Peón						
MATERIALES						
Cemento						
Agua						
Agregado Fino						
Agregado grueso						
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Herramientas manuales						

Anexo 3. Resultados

Anexo 3.1. Ensayos de agregados

Anexo 3.1.1. Análisis granulométrico

Anexo 3.1.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino.

Anexo 3.1.1.2. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Anexo 3.1.1.3. Análisis granulométrico del caucho

Anexo 3.1.1.4. Análisis granulométrico del vidrio sódico cálcico

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012

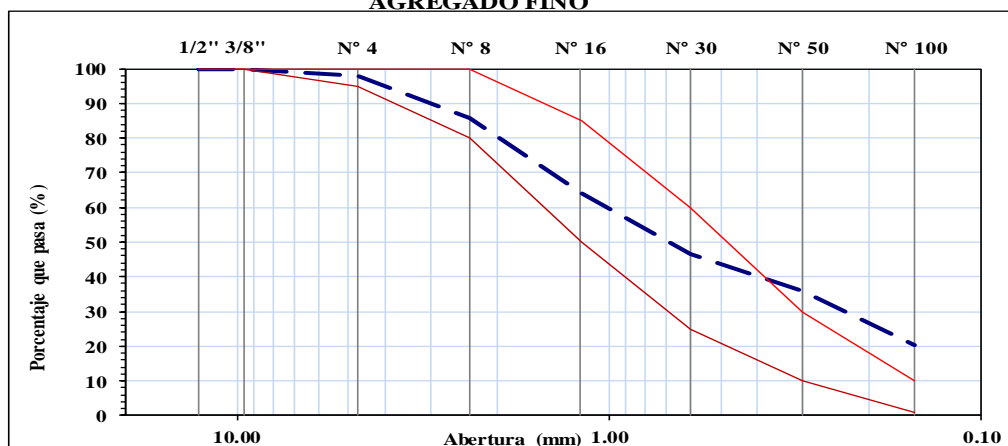
Peso inicial: **501.680** gr
 Muestra: **La Victoria**

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.000
3/8"	9.520	0.00	0.000	0.000	100.000
N° 4	4.750	11.07	2.207	2.207	97.793
N° 8	2.360	60.74	12.107	14.314	85.686
N° 16	1.180	108.42	21.611	35.925	64.075
N° 30	0.600	88.75	17.691	53.616	46.384
N° 50	0.300	52.94	10.553	64.168	35.832
N° 100	0.150	77.87	15.522	79.690	20.310
FONDO		101.89	20.310	100.000	0.000

Módulo de fineza = **2.499**

Abertura de malla de referencia = **4.750**

CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO FINO



TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

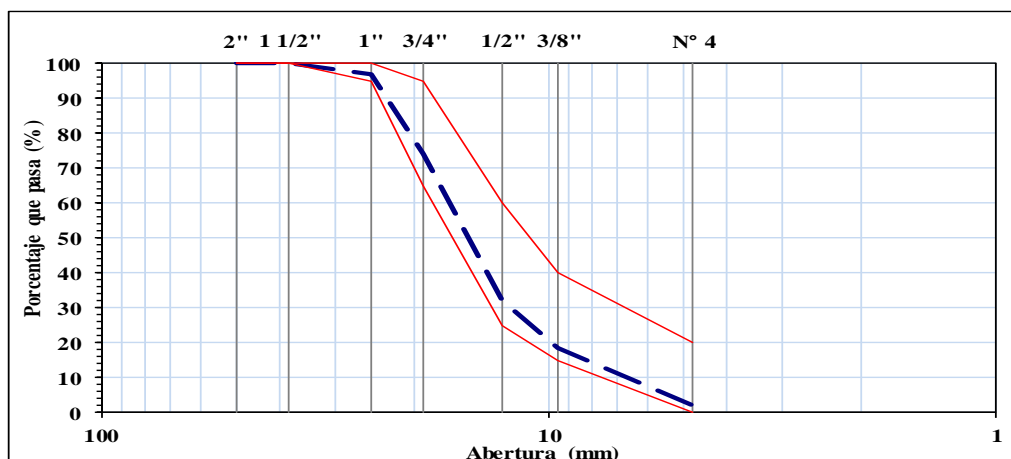
Ensayo : **Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012**

Peso inicial: **7119.000 gr**
 Muestra: **La Victoria**

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50.000	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.000	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.000	230.000	3.231	3.231	96.769
3/4"	19.000	1608.000	22.587	25.818	74.182
1/2"	12.700	2986.000	41.944	67.762	32.238
3/8"	9.520	977.000	13.724	81.486	18.514
N° 4	4.750	1175.000	16.505	97.991	2.009
FONDO		143.000	2.009	100.000	0.000

Tamaño Máximo = **1 1/2"**
 Tamaño Máximo Nominal = **1"**

CURVA GRANULOMETRICA
AGREGADO GRUESO



TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

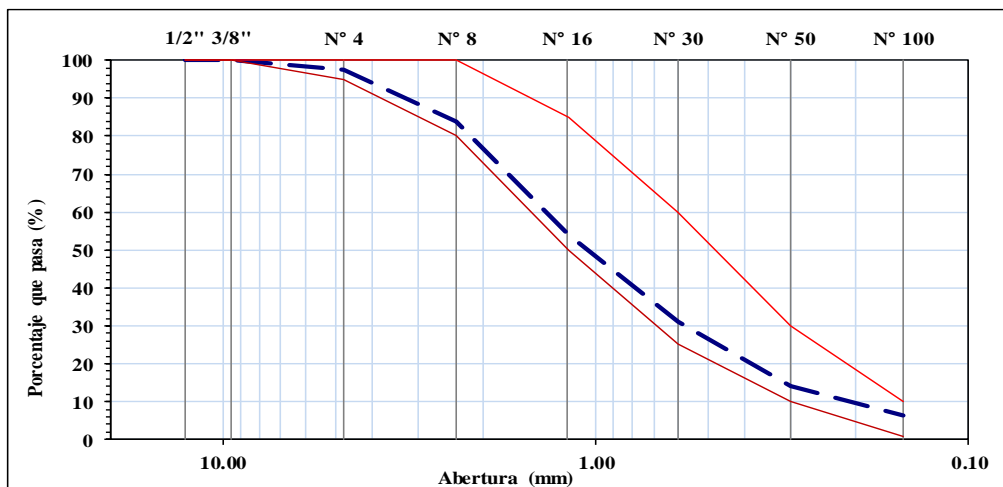
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino- caucho
Referencia : Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012

Peso inicial: **520.500** gr
 Muestra: **Caucho**

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	13.84	2.66	97.34
N° 8	2.360	70.82	13.61	83.73
N° 16	1.180	155.00	29.78	53.96
N° 30	0.600	118.98	22.86	31.10
N° 50	0.300	87.91	16.89	14.21
N° 100	0.150	40.64	7.81	6.40
FONDO		33.31	6.40	0.00

Módulo de fineza = **3.13**
 Abertura de malla de referencia = **4.750**

CURVA GRANULOMETRICA DEL CAUCHO



TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
 RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino- caucho**
Referencia : **Norma ASTM C-136 o N.T.P. 400.012**

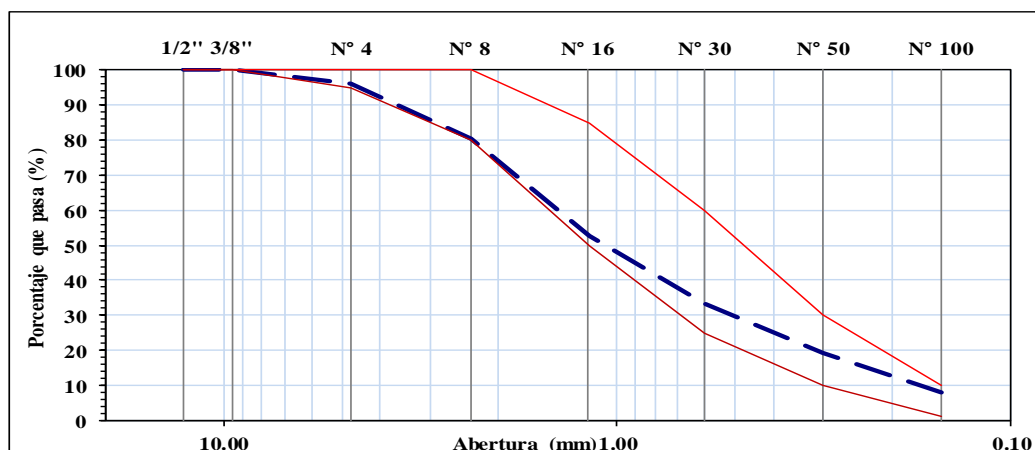
Peso inicial: **500.000** gr
 Muestra: **Vidrio sódico cálcico**

Malla		Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	18.71	3.74	3.74	96.26
N° 8	2.360	79.53	15.91	19.65	80.35
N° 16	1.180	138.11	27.62	47.27	52.73
N° 30	0.600	97.12	19.42	66.69	33.31
N° 50	0.300	71.03	14.21	80.90	19.10
N° 100	0.150	55.14	11.03	91.93	8.07
FONDO		40.36	8.07	100.00	0.00

Módulo de fineza = **3.10**

Abertura de malla de referencia = **4.750**

CURVA GRANULOMETRICA DEL VIDRIO SÓDICO CÁLCICO



Anexo 3.1.2. Peso Unitario y Contenido de humedad

Anexo 3.1.2.1. Peso Unitario y Contenido de humedad del agregado fino

Anexo 3.1.2.2. Peso Unitario y Contenido de humedad del agregado grueso

Anexo 3.1.2.3. Peso Unitario y Contenido de humedad del caucho

**Anexo 3.1.2.4. Peso Unitario y Contenido de humedad del vidrio sódico
cálcico**

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso unitario del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra: **La Victoria**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9740	9736
Peso del recipiente	(gr.)	5263	5263
Peso de muestra	(gr.)	4477	4473
Constante o Volumen	(m ³)	0.002827	0.00283
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1583.62	1582.20
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1583
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		1563

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

		A	B
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10246	10249
Peso del recipiente	(gr.)	5263	5263
Peso de muestra	(gr.)	4983	4986
Constante o Volumen	(m ³)	0.002827	0.002827
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1762.60	1763.66
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1763
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)		1741

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

		A
1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	692.80
2. Peso de muestra seca	(gr.)	685.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	85.10
4. Contenido de humedad	(%)	1.30
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.30

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso unitario del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra: **La Victoria**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	20247	20250
Peso del recipiente	(gr.)	6759	6759
Peso de muestra	(gr.)	13488	13491
Constante o Volumen	(m ³)	0.009421	0.009421
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1431.67	1431.99
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1432
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		1424

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	21369	21377
Peso del recipiente	(gr.)	6759	6759
Peso de muestra	(gr.)	14610	14618
Constante o Volumen	(m ³)	0.009421	0.009421
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1550.77	1551.62
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)		1551
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)		1543

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado grueso**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	1271.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	1265.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	106.00
4. Contenido de humedad	(%)	0.518
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.52

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso unitario del agregado fino- caucho**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra: **Caucho**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	4535
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	1497
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	528.90
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	529
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	527

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	4555
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	1517
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	535.97
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	536
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	534

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado fino- caucho**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	597.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	595.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	97.00
4. Contenido de humedad	(%)	0.40
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.40

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso unitario del agregado fino- vidrio sódico cálcico**
Referencia : **Norma ASTM C-29 o N.T.P. 400.017**

Muestra: **Vidrio sódico cálcico**

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7630
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	4592
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1622.40
Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1622
Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1609

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7895
Peso del recipiente	(gr.)	3038
Peso de muestra	(gr.)	4857
Constante o Volumen	(m ³)	0.002830
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1716.02
Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1716
Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1702

Ensayo : **Contenido de humedad del agregado fino- vidrio sódico cálcico**
Referencia : **Norma ASTM C-535 o N.T.P. 339.185**

3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de muestra húmeda	(gr.)	550.00
2. Peso de muestra seca	(gr.)	546.00
3. Peso de recipiente	(gr.)	50.00
4. Contenido de humedad	(%)	0.81
5. Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.81

Anexo 3.1.3. Peso específico y absorción

Anexo 3.1.3.1. Peso específico y absorción del agregado fino

Anexo 3.1.3.2. Peso específico y absorción del agregado grueso

Anexo 3.1.3.3. Peso específico del caucho

Anexo 3.1.3.4. Peso específico y absorción del vidrio sódico cálcico



FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso específico y Absorción del agregado fino**
Referencia : **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.022**

Muestra: **La Victoria**

I. DATOS

1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	500.00	500.00	
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	982.60	976.70	
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	677.90	670.10	
4. Peso del agua	(gr)	304.70	306.60	
5. Peso del frasco	(gr)	177.90	170.10	
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	671.50	663.10	
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	493.60	493.00	
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00	500.00	500.00

II.- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.527	2.549	2.538
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.613	2.645	2.629
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.613	2.645	2.629
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.297	1.420	1.36

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo **Peso específico y Absorción del agregado grueso**
Referencia **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.021**

Muestra: **La Victoria**

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	1491	1437
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	1505	1449
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	1870	1837
4.- Peso de la canastilla	(gr)	923	923
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	947	914

I.- RESULTADOS

				Promedio
A. PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.67	2.69	2.679
B. PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.70	2.71	2.703
C. PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.74	2.75	2.744
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.94	0.84	0.89



FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : PESO ESPECÍFICO DEL CAUCHO (ASTM C 188-95)
Referencia : Norma ASTM C 188-95

Muestra: Caucho

1.- DATOS

Peso de la muestra de caucho	(gr.)	28
Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier	(cm ³ .)	0.50
Volumen final del líquido (después de introducir el peso del cemento)	(cm ³ .)	24.00
PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm³)	1.191



FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo : **Peso específico y Absorción del agregado fino- vidrio sódico cálcico**
Referencia : **Norma ASTM C-127 o N.T.P. 400.022**

Muestra: **Vidrio sódico cálcico**

I. DATOS

1. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	500.00
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua	(gr)	936.00
3. Peso de la muestra saturada superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	670.00
4. Peso del agua	(gr)	266.00
5. Peso del frasco	(gr)	170.00
6. Peso de la muestra secada al horno + Peso del frasco	(gr)	610.00
7. Peso de la muestra secada al horno	(gr)	440.00
8. Volumen del frasco	(cm ³)	500.00

II .- RESULTADOS

A. PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	1.880
B. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.529
C. PESO ESPECÍFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.529
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	13.64

Anexo 3.1.4. Abrasión de los Ángeles

Anexo 3.1.4.1. Ensayo de Abrasión de los Ángeles para el agregado grueso

TESIS

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
 RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ensayo AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

Referencia NORMA N.T.P. 400.019

Muestra: Hormigón - La Victoria - Pátapo

Muestra **Arena Chancada - Gruesa**

Profundidad

I.- Granulometría global

Pasa	Mallas		Peso retenido	% retenido	Método A
	Retiene				
1 1/2"	1"		0.000	0.0	1250.0
1"	3/4"		230.000	4.4	1250.0
3/4"	1/2"		1608.000	30.4	1250.0
1/2"	3/8"		2986.000	56.5	1250.0
3/8"	1/4"		977.000	18.5	-
1/4"	N°4		1175.000	22.2	-
N°4	N°8		143.000	2.7	-
Total			5281.0	100.0	5000

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones	4574.0
- Peso final después de las 500 revoluciones	4046.0

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	19.1
- % de uniformidad	0.4

OBSERVACIONES :

NOTA :

Anexo 3.2. Diseños de Mezcla de concreto

Anexo 3.2.1. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón

Anexo 3.2.1.1. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.2.1.2. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.2.2. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución

Anexo 3.2.2.1. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.2.2. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.2.3. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.2.4. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

Anexo 3.2.2.5. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

Anexo 3.2.2.6. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

DISEÑO DE MEZCLAS (ACI211) CONCRETO PATRON

DISEÑO POR RESISTENCIA

$$f'_c = \boxed{210} \text{ Kg/cm}^2$$

I. DATOS DEL AGREGADO GRUESO - La Victoria

01. Tamaño máximo nominal	1"	pulg.
02. Peso específico seco de masa	2679.01	Kg/m ³
03. Peso Unitario compactado seco	1543.20	Kg/m ³
04. Peso Unitario suelto seco	1424.46	Kg/m ³
05. Contenido de humedad	0.52	%
06. Contenido de absorción	0.89	%

II. DATOS DEL AGREGADO FINO - La Victoria

07. Peso específico seco de masa	2538.26	Kg/m ³
08. Peso unitario suelto seco	1562.59	Kg/m ³
09. Contenido de humedad	1.30	%
10. Contenido de absorción	1.36	%
11. Módulo de fineza (adimensional)	2.499	

III. DATOS DE LA MEZCLA

12. Resistencia especificada a los 28 días	f'_{cr}	$\boxed{260}$	Kg/cm ²
13. Relación agua cemento	$R^{a/c}$	$\boxed{0.606}$	
14. Asentamiento		$\boxed{3}$	Pulg.
15. Volumen unitario del agua: POTABLE DE LA ZONA		$\boxed{193}$	L/m ³
16. Contenido de aire atrapado		$\boxed{1.50}$	%
17. Volumen del agregado grueso		$\boxed{0.700}$	m ³
18. Peso específico del cemento : PACASMAYO TIPO I		$\boxed{3.11}$	Kg/m ³

IV. CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS, CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA

a. Cemento	318	0.102	<u>Corrección por humedad</u>	Arena =	736.21 kg/m ³
b. Agua	193	0.193		Grava =	1085.96 kg/m ³
c. Aire	1.5	0.015			
d. Arena	727	0.286	<u>Agua Efectiva</u>		0.43 Lts
e. Grava	<u>1080</u>	<u>0.403</u>			4.01 Lts
	2320.11	1.000			4.44 Lts

V. RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a. Cemento	318 kg/m ³			
b. Agua	197 kg/m ³			
c. Arena	820 kg/m ³	45.000	45	
d. Grava	<u>1002 kg/m³</u>	55.000		
	2338 kg/m ³			

VI. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (MATERIALES CON HUMEDAD NATURAL)

	Cemento	Arena	Grava	Agua	
POR PESO	1.00	2.57	3.15	26.3	Lts/pie ³
POR VOLUMEN	1.00	2.48	3.32	26.3	Lts/pie ³

VII. TANDA DE ENSAYO

VOLUMEN = **0.02866 m³**

a. Cemento	9.13 kg
b. Agua	5.66 kg
c. Arena	23.50 kg
d. Grava	<u>28.73 kg</u>
	67.02 kg

Características de la Mezcla

F'_{cemento} (en bolsas)	=	7.5
$R^{a/c}$ de diseño	=	0.606
$R^{a/c}$ de obra	=	0.620

VIII. AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

Ajuste de agua de tanda

	ml	Lt
Cantidad de agua sobrante o incrementada	780	0.780

Consistencia del concreto fresco (Slump)

	Pulg.	mm.
Slump teorico del diseño	3	7.62
Slump obtenido en comprobación	3	7.62
Ajuste de cantidad de agua	Litros	0

Peso unitario del concreto fresco

	Sin / Corr	Corregida
Nº de prueba		
Nº de molde	1	2
Peso de la muestra + peso del molde	gr. 11880.00	11880.00
Peso del molde	gr. 5263.00	5263.00
Volumen ó Constante del molde	m ³ 0.0028271	0.0028271
Peso unitario del concreto fresco sin aire incorporado	kg/m ³ 2340.59	2340.59

2338

Peso de tanda de ensayo	67.021
Peso unitario de la mezcla teorica	2340.59
Rendimiento	0.0286

Ajuste de agua de mezclado	224.86	Ra/c final	0.606
Ajuste de cantidad de cemento	371.06	F. Cemento	8.73
Ajuste de arena	(húmedo) 988.22	% de grava	57
Ajuste de arena	(húmedo) 756.45	% de arena	43
Ajuste por Slum	0.00		
Ajuste de % de Grava	-1.50		

Peso unitario teorico final de la mezcla	2341 kg/m ³
Peso unitario de la mezcla corregida	2341 kg/m ³

IX. OBSERVACIONES:

Diseño de Mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 Fecha de vaciado 22/06/2018

Dosificaciones		
Materiales	Peso	Volumen
Cemento	1.00	1.00 Pie ³
Arena	2.04	1.96 Pie ³
Grava	2.66	2.81 Pie ³
Agua	25.76	25.76 Litros

Tanda = 1 m ³	
Materiales	Pesos
Cemento	371.06 kg
Arena	756.45 kg
Grava	988.22 kg
Agua	224.86 Lts
Total	2340.59 kg



FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
 RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON

F'c = 210 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2341	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.73	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	756	Kg/m ³
Agregado grueso	988	Kg/m ³

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	2.04	2.66	25.8 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.96	2.81	25.8 Lts/pie ³

TESIS:

COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SODICO CALCICO

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

DISEÑO DE MEZCLAS (ACI 211)

CONCRETO PATRON

DISEÑO POR RESISTENCIA

$$f_c = \boxed{280} \text{ Kg/cm}^2$$

I. DATOS DEL AGREGADO GRUESO - La Victoria

01. Tamaño máximo nominal
02. Peso específico seco de masa
03. Peso Unitario compactado seco
04. Peso Unitario suelto seco
05. Contenido de humedad
06. Contenido de absorción

1"	pulg.
2679.01	Kg/m ³
1543.20	Kg/m ³
1424.46	Kg/m ³
0.52	%
0.89	%

II. DATOS DEL AGREGADO FINO - La Victoria

07. Peso específico seco de masa
08. Peso unitario seco suelto
09. Contenido de humedad
10. Contenido de absorción
11. Módulo de fineza (adimensional)

2538.26	Kg/m ³
1562.59	Kg/m ³
1.30	%
1.36	%
2.50	

III. DATOS DE LA MEZCLA

12. Resistencia especificada a los 28 días
13. Relación agua cemento
14. Asentamiento
15. Volumen unitario del agua: POTABLE DE LA ZONA
16. Contenido de aire atrapado
17. Volumen del agregado grueso
18. Peso específico del cemento : PACASMAYO TIPO I

f_{cr}	330	Kg/cm ²
$R^{a/c}$	0.508	
	3	Pulg.
	193	L/m ³
	1.50	%
	0.700	m ³
	3.11	Kg/m ³

IV. CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS, CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA

a. Cemento	380	0.122	Corrección por humedad	Arena = 685.42 kg/m ³
b. Agua	193	0.193		Grava = 1085.96 kg/m ³
c. Aire	1.5	0.015		
d. Arena	677	0.267	Agua Efectiva	0.40 Lts
e. Grava	<u>1080</u>	<u>0.403</u>		4.01 Lts
	2331.41	1.000		4.41 Lts

V. RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a. Cemento	380 kg/m ³
b. Agua	197.408 lts
c. Arena	797 kg/m ³
d. Grava	<u>974 kg/m³</u>
	2349 kg/m ³

VI. DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN (MATERIALES CON HUMEDAD NATURAL)

	Cemento	Arena	Grava	Agua	
POR PESO	1.00	2.10	2.56	22.08	Lts/pe ³
POR VOLUMEN	1.00	2.02	2.71	22.08	Lts/pe ³

VII. TANDA DE ENSAYO

VOLUMEN =	0.02866 m³
a. Cemento	10.89 kg
b. Agua	5.659 lts
c. Arena	22.85 kg
d. Grava	<u>27.93 kg</u>
	67.325 kg

Características de la Mezcla

F/cemento (en bolsas)	=	8.9
R ^{a/c} de diseño	=	0.508
R ^{a/c} de obra	=	0.520

VIII. AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

Ajuste de agua de tanda

	ml	Lt
Cantidad de agua sobrante o incrementada	790	0.790

Consistencia del concreto fresco (Slump)

	Pulg.	mm.
Slump teorico del diseño	3	7.62
Slump obtenido en comprobación	3	7.62
Ajuste de cantidad de agua	Litros	0

Peso unitario del concreto fresco

	Sin / Corr	Corregida
Nº de prueba		
Nº de molde	1	2
Peso de la muestra + peso del molde	gr. 11895.00	11895.00
Peso del molde	gr. 5263.00	5263.00
Volumen ó Constante del molde	m ³ 0.002827	0.002827
Peso unitario del concreto fresco sin aire incorporado	kg/m ³ 2345.89	2345.89

2349

Peso de tanda de ensayo	67.325
Peso unitario de la mezcla teorica	2345.89
Rendimiento	0.0287

Ajuste de agua de mezclado	224.67	Ra/c final	0.508
Ajuste de cantidad de cemento	442.27	F. Cemento	10.41
Ajuste de grava (húmedo)	958.49	% de grava	57
Ajuste de arena (húmedo)	720.46	% de arena	43
Ajuste por Slum	0.00		
Ajuste de % de Grava	-1.50		

Peso unitario teorico final de la mezcla	2346 kg/m ³
Peso unitario de la mezcla corregida	2346 kg/m ³

X. OBSERVACIONES:

Diseño de Mezcla	f'c = 280 kg/cm ²
Fecha de vaciado	24/06/2018

Dosificaciones		
Materiales	Peso	Volumen
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.63	1.57
Grava	2.17	2.29
Agua	21.59	21.59

Tanda = 1 m ³	
Materiales	Pesos
Cemento	442.27 kg
Arena	720.46 kg
Grava	958.49 kg
Agua	224.67 Lts
Total	2345.89 Kg

TESIS:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL
 RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SODICO CALCICO**

TESISTA:

CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON

F'c = 280 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2346	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	720	Kg/m ³
Agregado grueso	958	Kg/m ³

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.63	2.17	21.59 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.57	2.29	21.59 Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 10 % CAUCHO

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.5	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2286	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	681	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.83	2.66	25.8
			Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.77	2.81	25.8
			Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicació Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 20 % CAUCHO

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.2	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2157	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	605	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

<u>Proporción en peso:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.63	2.66	25.8 Lts/pe ³

<u>Proporción en volumen:</u>	Cemento	Arena	Piedra	Agua
	1.0	1.57	2.81	25.8 Lts/pe ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 30 % CAUCHO

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	2.5	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2099	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	530	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.43	2.66	25.8 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.37	2.81	25.8 Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesisista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 10 % VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	5	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2399	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	681	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.83	2.66	25.8 Lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.77	2.81	25.8 Lts/pe ³



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON + 20 % VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

F'c = 210 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	4	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2447	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	605	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.63	2.66	25.8	Lts/pie ³

Proporción en volumen:

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.57	2.81	25.8	Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON + 30 % VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

F'c = 210 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.7	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2510	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	8.7	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.606	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	371	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	530	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	988	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.43	2.66	25.8 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.37	2.81	25.8 Lts/pie ³

Anexo 3.2.3. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución

Anexo 3.2.3.1. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.3.2. Diseño de mezcla de concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.3.3. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho

Anexo 3.2.3.4. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

Anexo 3.2.3.5. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

Anexo 3.2.3.6. Diseños de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 10% Caucho

F'c = 280 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2301	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	648	Kg/m ³
Agregado grueso	958	Kg/m ³

Proporción en peso:

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.47	2.17	21.6	Lts/pie ³

Proporción en volumen:

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.41	2.29	21.6	Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 20% Caucho

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.0	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2191	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	576	Kg/m ³
Agregado grueso	958	Kg/m ³

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.30	2.17	21.6 Lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.25	2.29	21.6 Lts/pe ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesisista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 30% Caucho

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	2.3	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2135	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³
Agua	225	L
Agregado fino	504	Kg/m ³
Agregado grueso	958	Kg/m ³

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.14	2.17	21.6 Lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.10	2.29	21.6 Lts/pe ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON + 10 % Vidrio sódico cálcico

F'c = 280 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	4.5	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2430	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	648	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	958	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.47	2.17	21.59 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.41	2.29	21.59 Lts/pie ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL
CONCRETO PATRON + 20 % Vidrio sódico cálcico

F'c = 280 kg/cm²

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	4.1	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2472	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	576	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	958	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.30	2.17	21.59 Lts/pe ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.25	2.29	21.59 Lts/pe ³

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesisista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

CONCRETO PATRON + 30 % Vidrio sódico cálcico

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.5	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2554	Kg/m ³
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.4	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.508	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	442	Kg/m ³	Pórtland Tipo I
Agua	225	L	Potable de la zona
Agregado fino	504	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo
Agregado grueso	958	Kg/m ³	Cantera La Victoria-Pátapo

Proporción en peso:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.14	2.17	21.59 Lts/pie ³

Proporción en volumen:

Cemento	Arena	Piedra	Agua
1.0	1.10	2.29	21.59 Lts/pie ³

**Anexo 3.3. Comportamiento físico y mecánico de concreto patrón y
con material reciclado**

Anexo 3.3.1. Propiedades físicas de concreto patrón y con material reciclado

Anexo 3.3.1.1. Asentamiento del concreto

Anexo 3.3.1.2. Peso unitario del concreto

Anexo 3.3.1.3. Contenido de aire atrapado del concreto

Anexo 3.3.1.4. Temperatura del concreto

Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

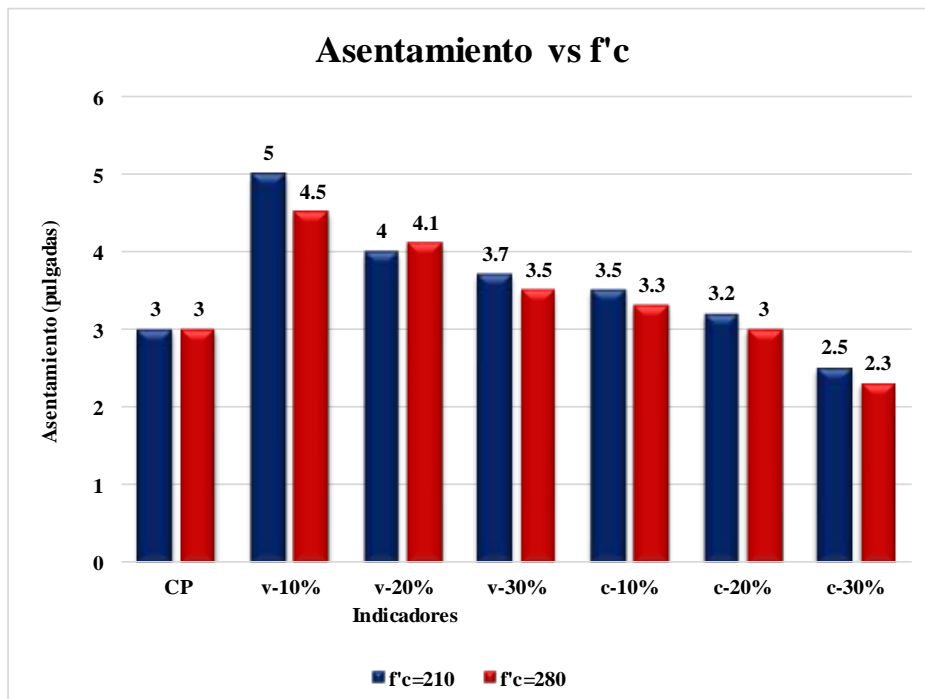
Tesisista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : Asentamiento del Concreto

Referencia : Norma N.T.P. 339.035

ASENTAMIENTO (Pulgadas)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálcico			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	3	5	4	3.7	3.5	3.2	2.5
280	3	4.5	4.1	3.5	3.3	3	2.3



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

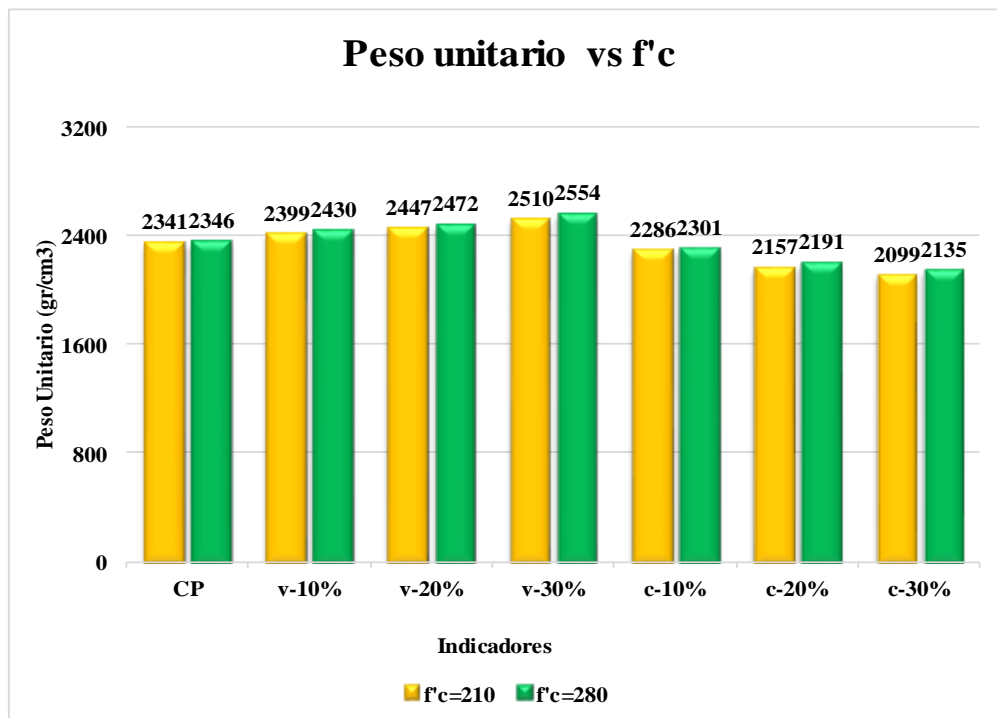
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Peso Unitario del Concreto**

Referencia : **Norma N.T.P. 339.046**

PESO UNITARIO (kg/m ³)							
Resistencia f'c	Concreto	Vidrio Sódico Cálcico			Caucho		
	Patrón CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	2341	2399	2447	2510	2286	2157	2099
280	2346	2430	2472	2554	2301	2191	2135



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

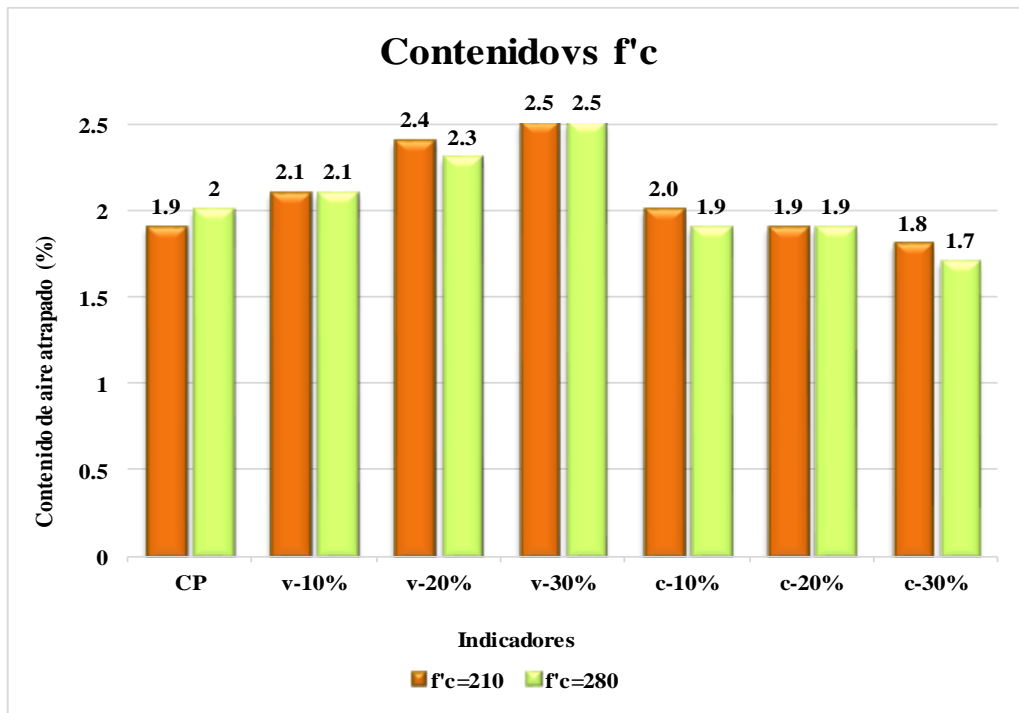
Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : Contenido de aire atrapado

Referencia : Norma N.T.P. 339.083

Contenido de aire atrapado (%)							
Resistencia	Concreto Patrón	Vidrio Sódico Cálculo			Caucho		
f'c	CP	v-10%	v-20%	v-30%	c-10%	c-20%	c-30%
210	1.9	2.1	2.4	2.5	2.0	1.9	1.8
280	2	2.1	2.3	2.5	1.9	1.9	1.7



Tesis: COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista: CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación: Pimentel, Chiclayo, Lambayeque

Ensayo : **Temperatura del Concreto**

Referencia : **Norma N.T.P. 339.184**

Diseño f'c	T° Ambiente	T° del concreto	Hora
210	22	26.5	01:00 p.m.
210 +10 % vidrio	22	25.9	02:00 p.m.
210 +20 % vidrio	22	25.5	02:30 p.m.
210 +30 % vidrio	22	23.1	06:00 p.m.
210 +10 % caucho	22	22.8	06:20 p.m.
210 +20 % caucho	22	21.6	07:15 p.m.
210 +30 % caucho	23	27.2	12:30 p.m.
280	22	22.9	10:15 a.m.
280 +10 % vidrio	23	23.1	11:52 a.m.
280 +20 % vidrio	23	23.7	12:30 p.m.
280 +30 % vidrio	22	24.3	05:05 p.m.
280 +10 % caucho	23	24.3	03:00 p.m.
280 +20 % caucho	19	21.9	05:50 p.m.
280 +30 % caucho	19	21.4	07:00 p.m.

Anexo 3.3.2. Propiedades mecánicas del concreto patrón y con material reciclado

Anexo 3.3.2.1. Resistencia a la compresión del concreto sin someter al fuego

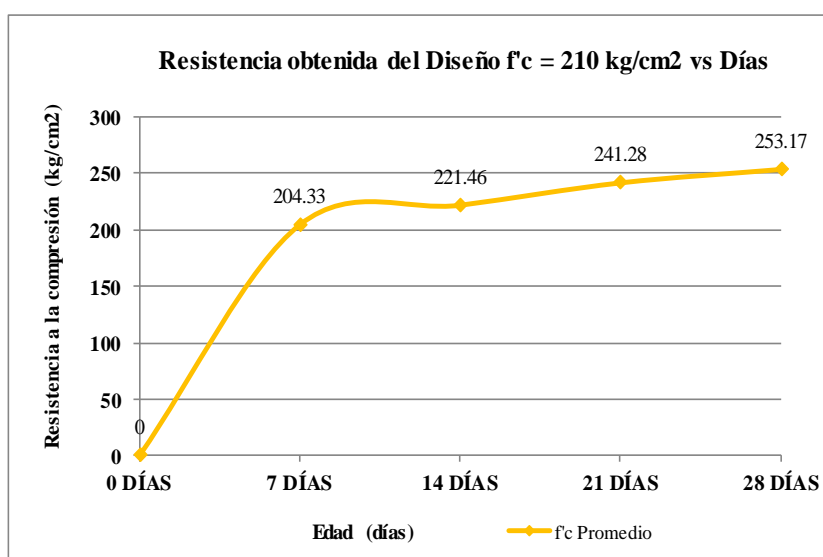
- Anexo 3.3.2.1.1. Diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**
- Anexo 3.3.2.1.1.1. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$**
- Anexo 3.3.2.1.1.2. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.1.3. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.1.4. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.1.5. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.1.6. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.1.7. Diseño de concreto patrón $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.1.8. Resumen de resistencias de diseño 210 kg/cm^2**

ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO PATRON 210 kg/cm²

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M1				10.159	10.156	10.16	16412	81.03	202.53	
M2	22/06/2018	29/06/2018	7 días	10.161	10.160	10.16	16717	81.08	206.18	204.33
M3				10.160	10.161	10.16	16564	81.08	204.29	
M4				10.159	10.159	10.16	18093	81.06	223.21	
M5	22/06/2018	06/07/2018	14 días	10.158	10.158	10.16	17504	81.04	215.99	221.46
M6				10.158	10.157	10.16	18248	81.03	225.19	
M7				10.158	10.159	10.16	19267	81.05	237.72	
M8	22/06/2018	13/07/2018	21 días	10.162	10.166	10.16	19843	81.14	244.56	241.28
M9				10.158	10.161	10.16	19580	81.06	241.55	
M10				10.161	10.160	10.16	20306	81.08	250.44	
M11	22/06/2018	20/07/2018	28 días	10.159	10.160	10.16	20744	81.07	255.89	253.17
M12				10.159	10.160	10.16	20525	81.07	253.19	

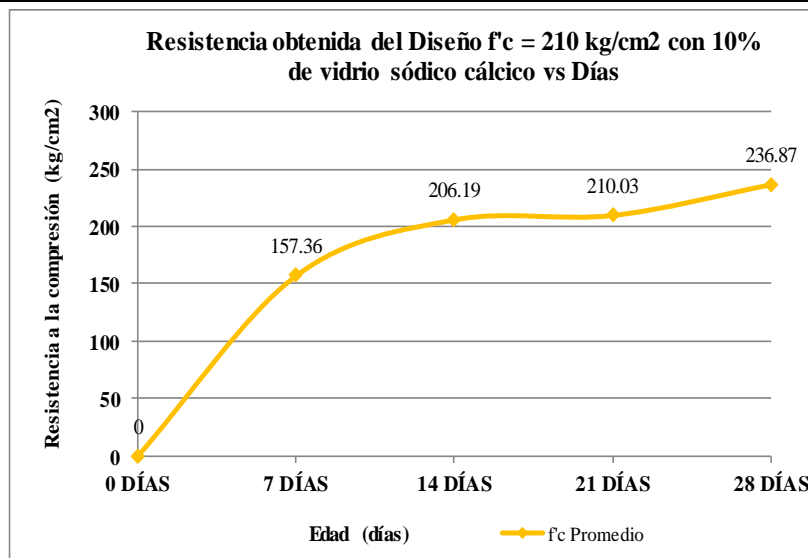


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUSTITUCION DE 10 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M13				10.160	10.158	10.16	12888	81.06	159.00	
M14	03/07/2018	10/07/2018	7 días	10.157	10.161	10.16	12622	81.06	155.72	157.36
M15				10.159	10.160	10.16	12755	81.06	157.36	
M16				10.161	10.159	10.16	16812	81.07	207.37	
M17	03/07/2018	17/07/2018	14 días	10.153	10.158	10.16	16606	81.00	205.01	206.19
M18				10.157	10.159	10.16	16710	81.04	206.20	
M19				10.162	10.160	10.16	16966	81.09	209.23	
M20	03/07/2018	24/07/2018	21 días	10.161	10.159	10.16	17099	81.07	210.91	210.03
M21				10.166	10.160	10.16	17033	81.12	209.97	
M22				10.162	10.160	10.16	19212	81.09	236.92	
M23	03/07/2018	31/07/2018	28 días	10.159	10.159	10.16	19203	81.06	236.91	236.87
M24				10.166	10.160	10.16	19208	81.12	236.78	

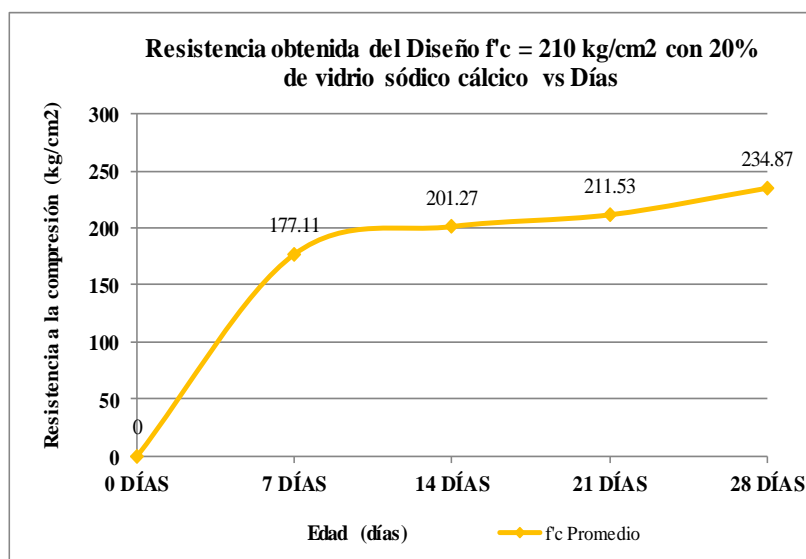


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLA YO - LAMBAYEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUS'TITUCION DE 20 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu KN	A (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
M25				10.160	10.158	10.16	14060	81.06	173.46	
M26	03/07/2018	10/07/2018	7 días	10.157	10.161	10.16	14651	81.06	180.75	177.11
M27				10.159	10.160	10.16	14356	81.06	177.11	
M28				10.166	10.158	10.16	16317	81.11	201.18	
M29	03/07/2018	17/07/2018	14 días	10.152	10.158	10.16	16112	80.99	198.93	201.27
M30				10.159	10.158	10.16	16509	81.05	203.69	
M31				10.158	10.160	10.16	16701	81.06	206.04	
M32	03/07/2018	24/07/2018	21 días	10.156	10.164	10.16	17791	81.07	219.44	211.53
M33				10.157	10.162	10.16	16952	81.07	209.12	
M34				10.158	10.160	10.16	19338	81.06	238.57	
M35	03/07/2018	31/07/2018	28 días	10.156	10.164	10.16	18742	81.07	231.17	234.87
M36				10.157	10.162	10.16	19040	81.07	234.87	

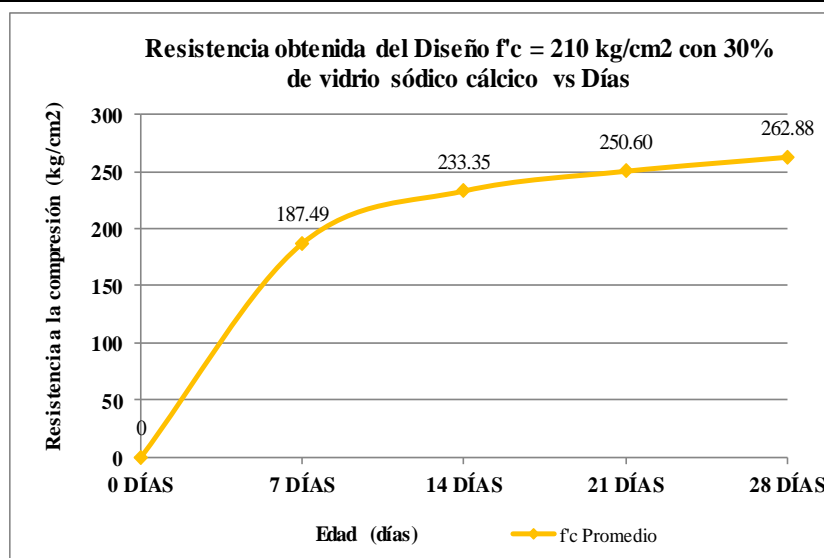


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUSTITUCION DE 30 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M37				10.160	10.158	10.16	15508	81.06	191.32	
M38	03/07/2018	10/07/2018	7 días	10.157	10.161	10.16	14817	81.06	182.80	187.49
M39				10.159	10.160	10.16	15268	81.06	188.36	
M40				10.156	10.160	10.16	19108	81.04	235.78	
M41	03/07/2018	17/07/2018	14 días	10.161	10.163	10.16	18729	81.11	230.92	233.35
M42				10.159	10.162	10.16	18919	81.08	233.33	
M43				10.158	10.158	10.16	20485	81.04	252.77	
M44	03/07/2018	24/07/2018	21 días	10.160	10.162	10.16	20134	81.09	248.29	250.60
M45				10.155	10.156	10.16	20310	81.00	250.74	
M46				10.159	10.160	10.16	21219	81.07	261.75	
M47	03/07/2018	31/07/2018	28 días	10.160	10.162	10.16	21402	81.09	263.93	262.88
M48				10.157	10.159	10.16	21311	81.04	262.96	

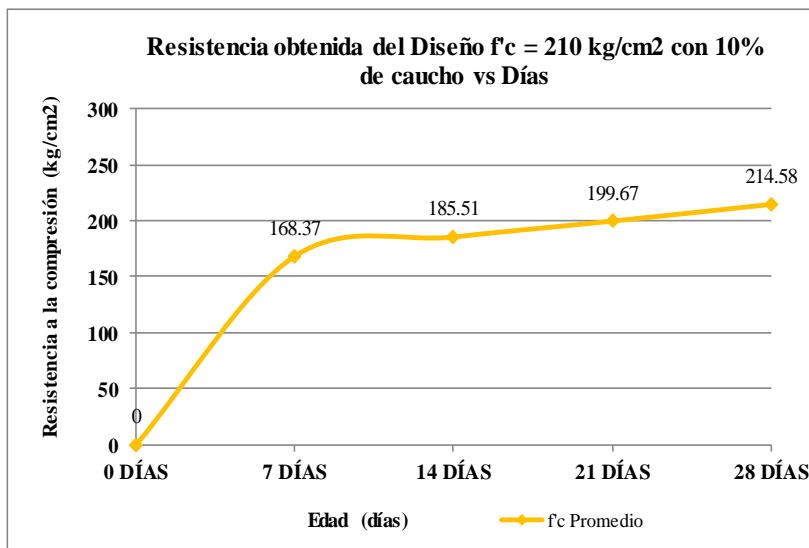


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUSTITUCION DE 10 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c	f'c
							KN	A (cm ²)	(kg/cm ²)	Promedio
M49				10.161	10.160	10.16	13654	81.08	168.40	
M50	09/07/2018	16/07/2018	7 días	10.162	10.161	10.16	13701	81.10	168.95	168.37
M51				10.160	10.162	10.16	13603	81.09	167.75	
M52				10.160	10.159	10.16	14958	81.07	184.52	
M53	09/07/2018	23/07/2018	14 días	10.158	10.159	10.16	15113	81.05	186.47	185.51
M54				10.159	10.157	10.16	15036	81.04	185.54	
M55				10.161	10.159	10.16	16249	81.07	200.42	
M56	09/07/2018	30/07/2018	21 días	10.160	10.158	10.16	16313	81.06	201.25	199.67
M57				10.159	10.159	10.16	15996	81.06	197.34	
M58				10.161	10.159	10.16	17359	81.07	214.12	
M59	09/07/2018	06/08/2018	28 días	10.158	10.161	10.16	17402	81.07	214.67	214.58
M60				10.159	10.159	10.16	17423	81.06	214.95	

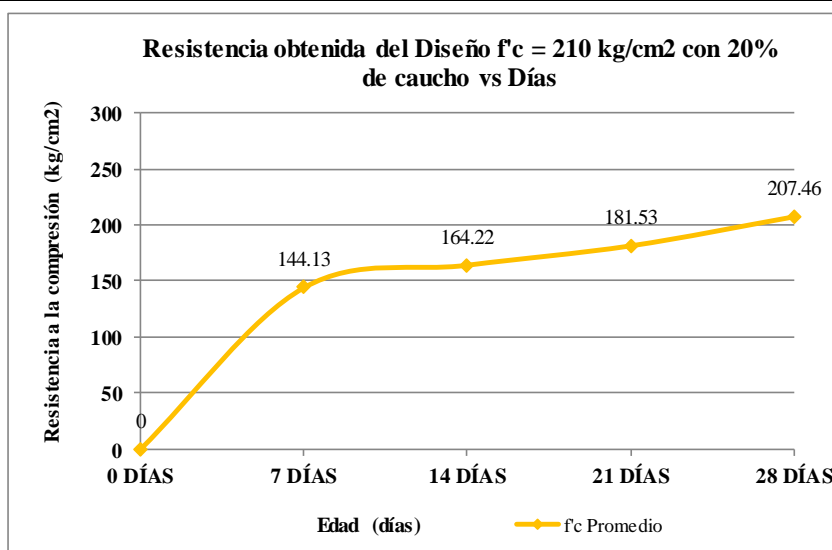


ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUSTITUCION DE 20 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c	f'c
							KN	A (cm ²)	(kg/cm ²)	Promedio
M61				10.160	10.161	10.16	11749	81.08	144.90	
M62	10/07/2018	17/07/2018	7 días	10.161	10.158	10.16	11645	81.07	143.65	144.13
M63				10.161	10.160	10.16	11663	81.08	143.84	
M64				10.160	10.160	10.16	13254	81.07	163.48	
M65	10/07/2018	24/07/2018	14 días	10.160	10.158	10.16	13367	81.06	164.91	164.22
M66				10.159	10.158	10.16	13315	81.05	164.28	
M67				10.157	10.160	10.16	14700	81.05	181.37	
M68	10/07/2018	31/07/2018	21 días	10.156	10.160	10.16	14568	81.04	179.76	181.53
M69				10.159	10.157	10.16	14867	81.04	183.45	
M70				10.159	10.160	10.16	16664	81.07	205.56	
M71	10/07/2018	07/08/2018	28 días	10.159	10.160	10.16	16877	81.07	208.19	207.46
M72				10.160	10.161	10.16	16915	81.08	208.62	

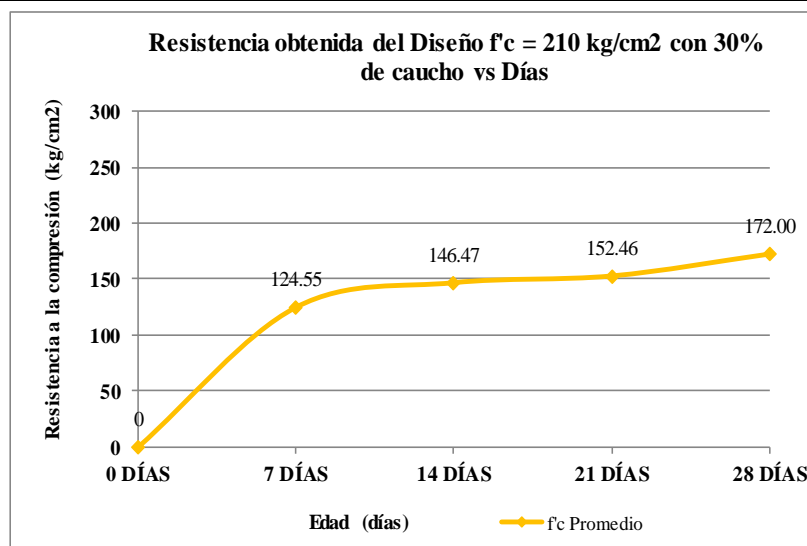


ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 210 CON SUSTITUCION DE 30 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M73				10.159	10.159	10.16	10003	81.06	123.41	
M74	10/07/2018	17/07/2018	7 días	10.159	10.160	10.16	10144	81.07	125.13	124.55
M75				10.158	10.158	10.16	10140	81.04	125.12	
M76				10.159	10.160	10.16	11881	81.07	146.56	
M77	10/07/2018	24/07/2018	14 días	10.161	10.162	10.16	11804	81.10	145.55	146.47
M78				10.158	10.156	10.16	11934	81.03	147.29	
M79				10.157	10.158	10.16	12354	81.03	152.46	
M80	10/07/2018	31/07/2018	21 días	10.161	10.161	10.16	12407	81.09	153.00	152.46
M81				10.158	10.160	10.16	12315	81.06	151.93	
M82				10.160	10.161	10.16	13954	81.08	172.10	
M83	10/07/2018	07/08/2018	28 días	10.161	10.162	10.16	13967	81.10	172.23	172.00
M84				10.158	10.159	10.16	13915	81.05	171.69	



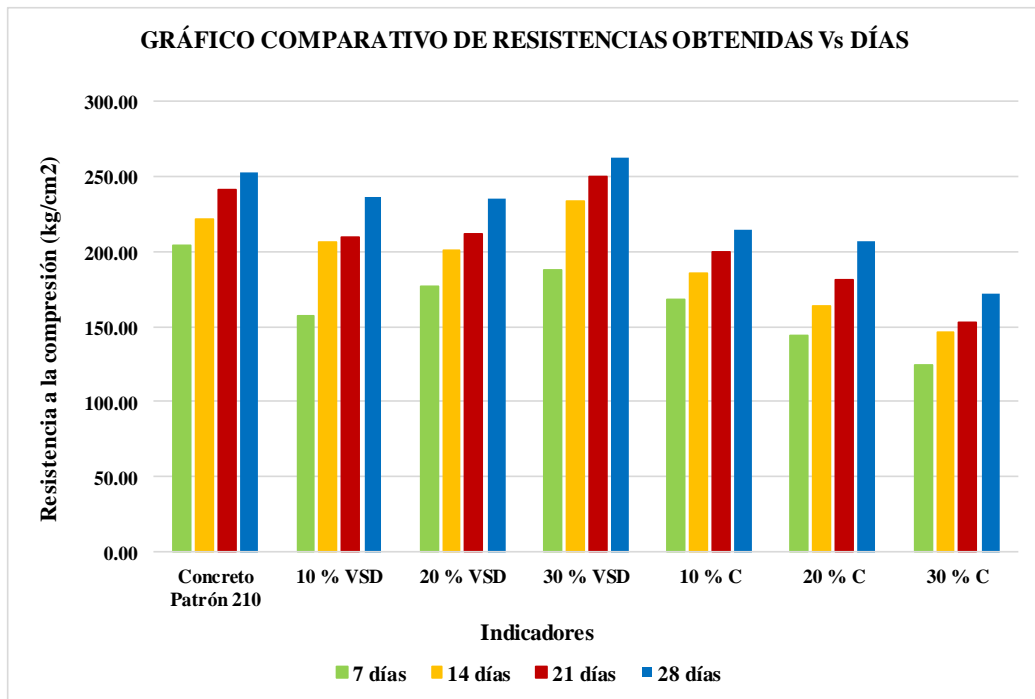
**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE

Indicador/ Muestra	Resistencia a la compresión promedio- Diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$				Variación (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
Concreto Patrón 210	204.33	221.46	241.28	253.17	97	105	115	121
10 % VSD	157.36	206.19	210.03	236.87	75	98	100	113
20 % VSD	177.11	201.27	211.53	234.87	84	96	101	112
30 % VSD	187.49	233.35	250.60	262.88	89	111	119	125
10 % C	168.37	185.51	199.67	214.58	80	88	95	102
20 % C	144.13	164.22	181.53	207.46	69	78	86	99
30 % C	124.55	146.47	152.46	172.00	59	70	73	82



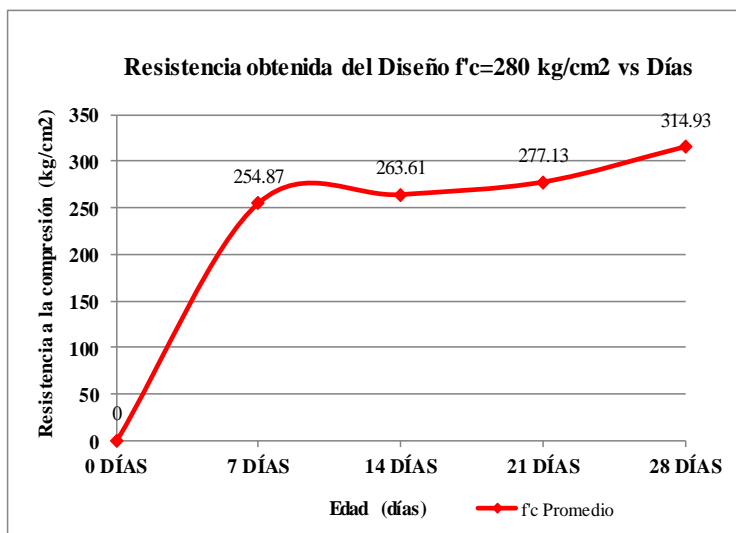
- Anexo 3.3.2.1.2. Diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$**
- Anexo 3.3.2.1.2.1. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$**
- Anexo 3.3.2.1.2.2. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.2.3. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.2.4. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de vidrio sódico cálcico**
- Anexo 3.3.2.1.2.5. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 10 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.2.6. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 20 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.2.7. Diseño de concreto patrón $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de sustitución de caucho**
- Anexo 3.3.2.1.2.8. Resumen de resistencias de $f'c =280 \text{ kg/cm}^2$**

**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO PATRON $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f_c (kg/cm ²)	f_c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M1				10.160	10.160	10.16	20934	81.07	258.21	
M2	24/06/2018	01/07/2018	7 días	10.160	10.160	10.16	20480	81.07	252.61	254.87
M3				10.160	10.160	10.16	20575	81.07	253.78	
M4				10.155	10.155	10.16	21564	80.99	266.24	
M5	24/06/2018	08/07/2018	14 días	10.150	10.150	10.15	21117	80.91	260.98	263.61
M6				10.153	10.153	10.15	21341	80.96	263.59	
M7				10.163	10.164	10.16	21299	81.13	262.55	
M8	24/06/2018	15/07/2018	21 días	10.153	10.155	10.15	23607	80.98	291.53	277.13
M9				10.158	10.155	10.16	22465	81.01	277.31	
M10				10.159	10.160	10.16	25167	81.07	310.45	
M11	24/06/2018	22/07/2018	28 días	10.158	10.159	10.16	25884	81.05	319.36	314.93
M12				10.160	10.157	10.16	25528	81.05	314.97	

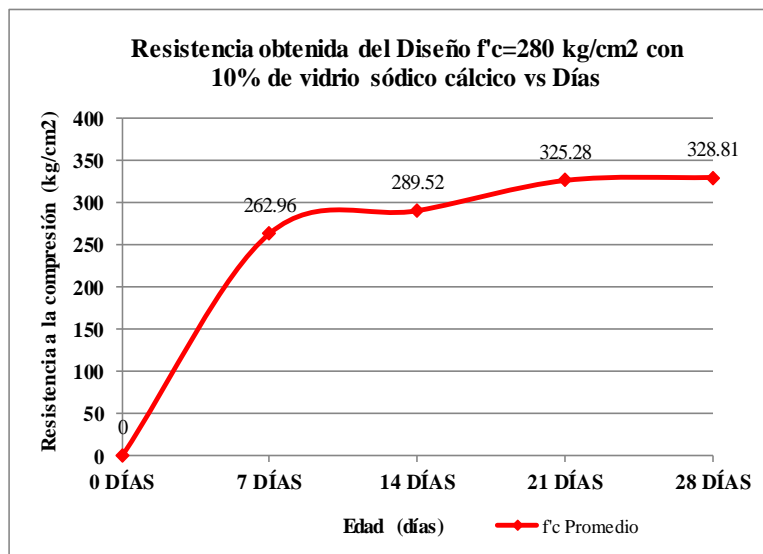


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 10 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M13				10.160	10.159	10.16	20627	81.07	254.45	
M14	07/07/2018	14/07/2018	7 días	10.159	10.160	10.16	22003	81.07	271.42	262.96
M15				10.158	10.158	10.16	21315	81.04	263.01	
M16				10.160	10.161	10.16	23559	81.08	290.56	
M17	07/07/2018	21/07/2018	14 días	10.162	10.160	10.16	22729	81.09	280.30	289.52
M18				10.162	10.161	10.16	24144	81.10	297.72	
M19				10.160	10.160	10.16	26496	81.07	326.82	
M20	07/07/2018	28/07/2018	21 días	10.159	10.157	10.16	26233	81.04	323.70	325.28
M21				10.158	10.158	10.16	26365	81.04	325.33	
M22				10.158	10.159	10.16	26690	81.05	329.31	
M23	07/07/2018	04/08/2018	28 días	10.160	10.161	10.16	26959	81.08	332.49	328.81
M24				10.161	10.161	10.16	26325	81.09	324.64	

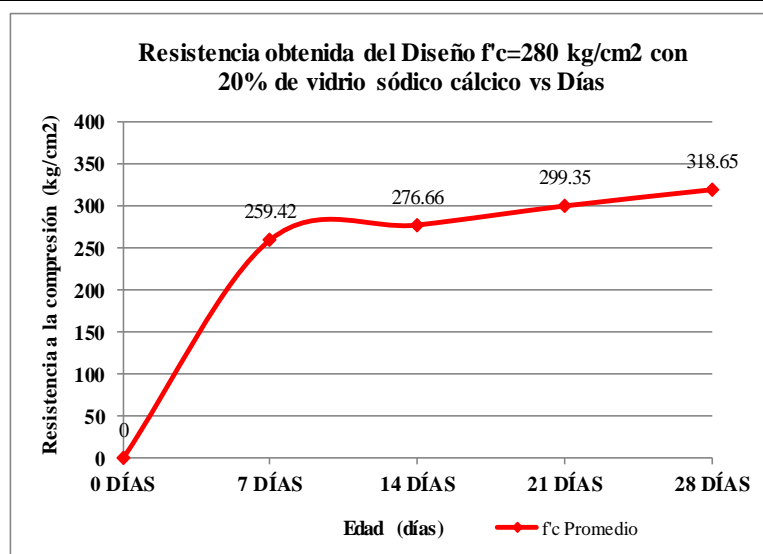


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 20 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M25				10.160	10.161	10.16	20727	81.08	255.63	
M26	07/07/2018	14/07/2018	7 días	10.158	10.159	10.16	21329	81.05	263.16	259.42
M27				10.157	10.160	10.16	21030	81.05	259.47	
M28				10.154	10.159	10.16	22876	81.02	282.36	
M29	07/07/2018	21/07/2018	14 días	10.161	10.160	10.16	21997	81.08	271.30	276.66
M30				10.161	10.161	10.16	22407	81.09	276.33	
M31				10.159	10.159	10.16	24507	81.06	302.34	
M32	07/07/2018	28/07/2018	21 días	10.162	10.160	10.16	24031	81.09	296.35	299.35
M33				10.160	10.160	10.16	24269	81.07	299.35	
M34				10.155	10.158	10.16	24189	81.02	298.57	
M35	07/07/2018	04/08/2018	28 días	10.158	10.160	10.16	27459	81.06	338.76	318.65
M36				10.159	10.158	10.16	25824	81.05	318.62	

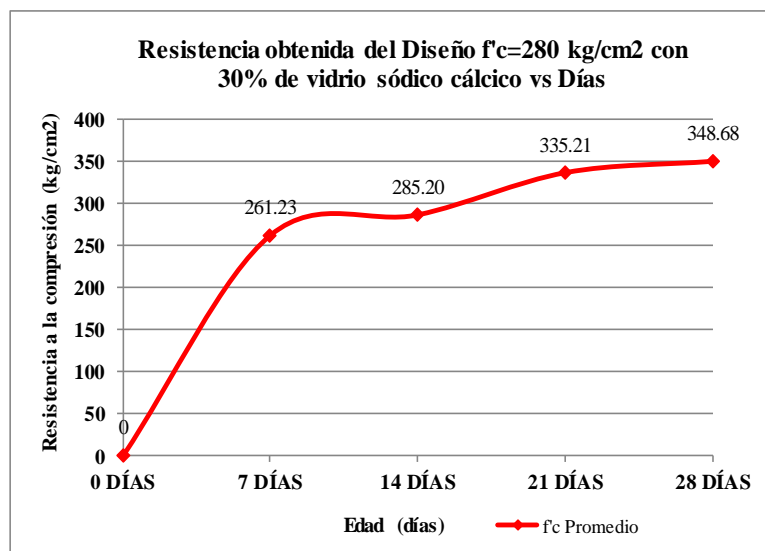


ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 30 % DE ARENA POR VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M37				10.159	10.158	10.16	20701	81.05	255.41	
M38	07/07/2018	14/07/2018	7 días	10.162	10.161	10.16	21658	81.10	267.06	261.23
M39				10.161	10.160	10.16	21180	81.08	261.22	
M40				10.159	10.161	10.16	22607	81.07	278.85	
M41	07/07/2018	21/07/2018	14 días	10.160	10.160	10.16	23641	81.07	291.60	285.20
M42				10.162	10.161	10.16	23124	81.10	285.14	
M43				10.160	10.161	10.16	27194	81.08	335.39	
M44	07/07/2018	28/07/2018	21 días	10.160	10.160	10.16	27166	81.07	335.08	335.21
M45				10.162	10.161	10.16	27180	81.10	335.15	
M46				10.161	10.161	10.16	28648	81.09	353.29	
M47	07/07/2018	04/08/2018	28 días	10.162	10.160	10.16	27896	81.09	344.02	348.68
M48				10.159	10.161	10.16	28272	81.07	348.72	

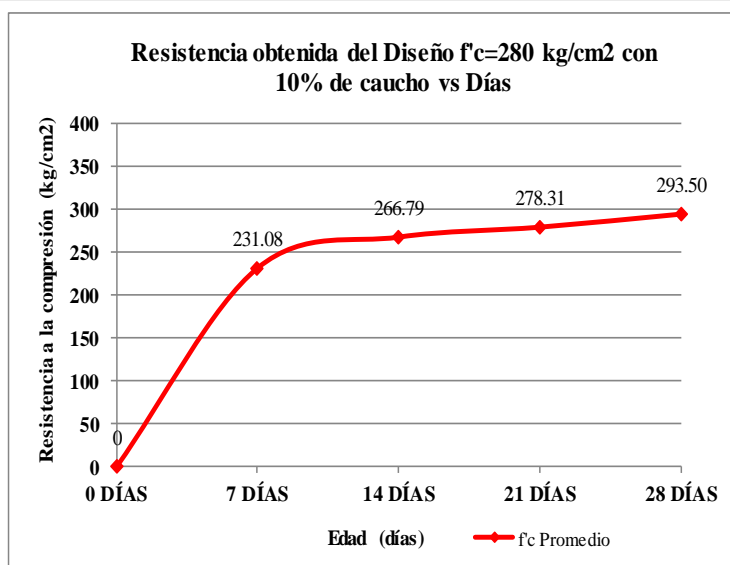


ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 10 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M49				10.161	10.160	10.16	18672.00	81.08	230.29	
M50	13/07/2018	20/07/2018	7 días	10.158	10.159	10.16	18751.00	81.05	231.35	231.08
M51				10.160	10.159	10.16	18774.00	81.07	231.59	
M52				10.158	10.159	10.16	21521.00	81.05	265.53	
M53	13/07/2018	27/07/2018	14 días	10.159	10.160	10.16	21602.00	81.07	266.48	266.79
M54				10.152	10.158	10.16	21735.00	80.99	268.36	
M55				10.159	10.159	10.16	22499.00	81.06	277.57	
M56	13/07/2018	03/08/2018	21 días	10.161	10.160	10.16	22611.00	81.08	278.87	278.31
M57				10.162	10.161	10.16	22585.00	81.10	278.49	
M58				10.161	10.160	10.16	23911.00	81.08	294.90	
M59	13/07/2018	10/08/2018	28 días	10.160	10.161	10.16	23699.00	81.08	292.29	293.50
M60				10.162	10.160	10.16	23785.00	81.09	293.32	

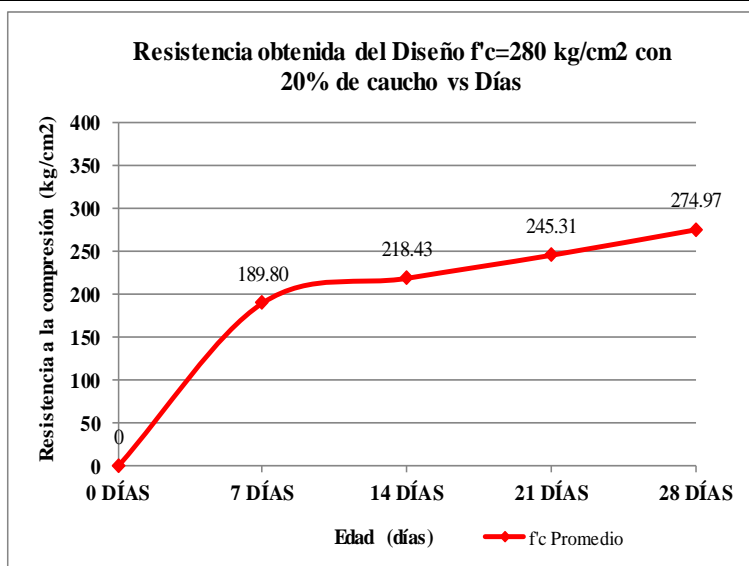


**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
 NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa
Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE
Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 20 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c	f'c
							KN	A (cm ²)	(kg/cm ²)	Promedio
M61				10.160	10.161	10.16	15007	81.08	185.09	
M62	13/07/2018	20/07/2018	7 días	10.160	10.160	10.16	15683	81.07	193.44	189.80
M63				10.159	10.159	10.16	15472	81.06	190.88	
M64				10.161	10.160	10.16	17646	81.08	217.63	
M65	13/07/2018	27/07/2018	14 días	10.160	10.160	10.16	17631	81.07	217.47	218.43
M66				10.158	10.158	10.16	17844	81.04	220.18	
M67				10.160	10.161	10.16	19744	81.08	243.51	
M68	13/07/2018	03/08/2018	21 días	10.160	10.160	10.16	19935	81.07	245.89	245.31
M69				10.159	10.159	10.16	19982	81.06	246.52	
M70				10.120	10.162	10.14	22207	80.77	274.94	
M71	13/07/2018	10/08/2018	28 días	10.160	10.160	10.16	22199	81.07	273.81	274.97
M72				10.161	10.161	10.16	22393	81.09	276.15	



**ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO:
POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

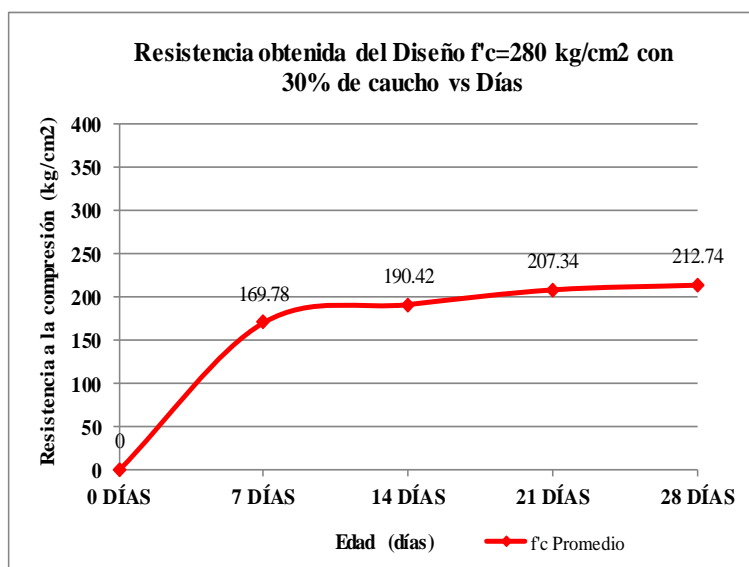
Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE

Fecha : 27/04/2018

CONCRETO 280 CON SUSTITUCION DE 30 % DE ARENA POR CAUCHO

PROBETA	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Pu		f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio
							KN	A (cm ²)		
M73				10.158	10.158	10.16	13498	81.04	166.56	
M74	17/07/2018	24/07/2018	7 días	10.159	10.160	10.16	13895	81.07	171.41	169.78
M75				10.158	10.160	10.16	13891	81.06	171.37	
M76				10.160	10.159	10.16	15485	81.07	191.02	
M77	17/07/2018	31/07/2018	14 días	10.159	10.160	10.16	15380	81.07	189.72	190.42
M78				10.159	10.158	10.16	15442	81.05	190.53	
M79				10.158	10.160	10.16	16775	81.06	206.95	
M80	17/07/2018	07/08/2018	21 días	10.159	10.160	10.16	16854	81.07	207.91	207.34
M81				10.157	10.158	10.16	16787	81.03	207.16	
M82				10.161	10.160	10.16	17259	81.08	212.86	
M83	17/07/2018	14/08/2018	28 días	10.159	10.160	10.16	17186	81.07	212.00	212.74
M84				10.158	10.158	10.16	17291	81.04	213.36	



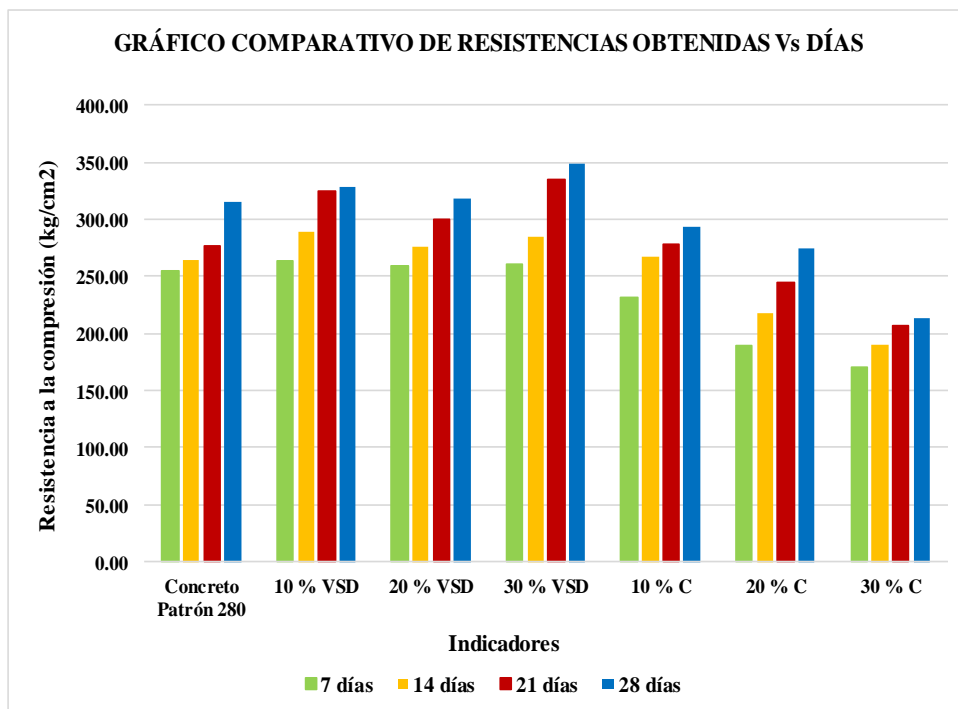
ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Indicador-Muestra	Resistencia a la compresión promedio- Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				Variación (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
Concreto Patrón 280	254.87	263.61	277.13	314.93	91	94	99	112
10 % VSD	262.96	289.52	325.28	328.81	94	103	116	117
20 % VSD	259.42	276.66	299.35	318.65	93	99	107	114
30 % VSD	261.23	285.20	335.21	348.68	93	102	120	125
10 % C	231.08	266.79	278.31	293.50	83	95	99	105
20 % C	189.80	218.43	245.31	274.97	68	78	88	98
30 % C	169.78	190.42	207.34	212.74	61	68	74	76



Anexo 3.3.2.2. Resistencia a la compresión del concreto sometido al fuego

Anexo 3.3.2.2.1. Diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.3.2.2.1.1. Diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 15$ minutos y $T= 550-650^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.1.2. Diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 30$ minutos y $T= 650-750^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.1.3. Diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 60$ minutos y $T= 750-850^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.1.4. Resumen de resistencias de diseño $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.3.2.2.2. Diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.3.2.2.2.1. Diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 15$ minutos y $T= 550-650^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.2.2. Diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 30$ minutos y $T= 650-750^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.2.3. Diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, con $t= 60$ minutos y $T= 750-850^\circ \text{ C}$

Anexo 3.3.2.2.2.4. Resumen de resistencias de diseño $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar de Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Edad de Muestreo : **28 DIAS**

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 210	1					10.159	10.156	10.16	22578	278.63	270.61
	2	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.161	10.160	10.16	21297	262.66	
	3					10.160	10.161	10.16	21937	270.56	
10 % VSD	4					10.159	10.159	10.16	19133	236.04	260.00
	5	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.158	10.158	10.16	22740	280.60	
	6					10.158	10.157	10.16	21342	263.37	
20 % VSD	7					10.158	10.159	10.16	23201	286.26	267.03
	8	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.162	10.166	10.16	20253	249.61	
	9					10.158	10.161	10.16	21500	265.23	
30 % VSD	10					10.161	10.160	10.16	25626	316.05	321.00
	11	23/08/2018	21/09/2018	15 mins	550 - 650	10.159	10.160	10.16	26834	331.02	
	12					10.159	10.160	10.16	25610	315.92	
10 % C	13					10.161	10.160	10.16	14123	174.18	170.23
	14	31/08/2018	28/09/2018	15 mins	550 - 650	10.162	10.161	10.16	13211	162.90	
	15					10.160	10.162	10.16	14078	173.61	
20 % C	16					10.160	10.159	10.16	10954	135.13	138.26
	17	31/08/2018	28/09/2018	15 mins	550 - 650	10.158	10.159	10.16	11240	138.68	
	18					10.159	10.157	10.16	11425	140.98	
30 % C	19					10.161	10.159	10.16	9285	114.53	114.04
	20	03/09/2018	01/10/2018	15 mins	550 - 650	10.160	10.158	10.16	9346	115.30	
	21					10.159	10.159	10.16	9102	112.29	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Edad de Muestreo : 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 210	1					10.159	10.159	10.16	20079	247.71	254.47
	2	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.159	10.160	10.16	21169	261.14	
	3					10.158	10.158	10.16	20630	254.56	
10 % VSD	4					10.159	10.160	10.16	19133	236.02	229.97
	5	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.162	10.16	18492	228.02	
	6					10.158	10.156	10.16	18301	225.87	
20 % VSD	7					10.157	10.158	10.16	22289	275.06	269.56
	8	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.161	10.16	21588	266.23	
	9					10.158	10.160	10.16	21675	267.40	
30 % VSD	10					10.160	10.161	10.16	26834	330.95	321.44
	11	23/08/2018	21/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.162	10.16	25626	315.99	
	12					10.158	10.159	10.16	25723	317.37	
10 % C	13					10.161	10.159	10.16	12452	153.59	154.70
	14	31/08/2018	28/09/2018	30 mins	650 - 750	10.158	10.161	10.16	12470	153.83	
	15					10.159	10.159	10.16	12701	156.69	
20 % C	16					10.157	10.158	10.16	9991	123.29	125.56
	17	31/08/2018	28/09/2018	30 mins	650 - 750	10.157	10.161	10.16	10286	126.90	
	18					10.159	10.160	10.16	10252	126.48	
30 % C	19					10.161	10.159	10.16	8123	100.19	102.21
	20	03/09/2018	01/10/2018	30 mins	650 - 750	10.153	10.158	10.16	8405	103.76	
	21					10.157	10.159	10.16	8321	102.68	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Tesisista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Edad de Muestreo : 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 210	1	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.160	10.161	10.16	19208	236.90	239.28
	2					10.161	10.158	10.16	19558	241.26	
	3					10.161	10.160	10.16	19433	239.67	
10 % VSD	4	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.160	10.160	10.16	16984	209.49	204.54
	5					10.160	10.158	10.16	16304	201.14	
	6					10.159	10.158	10.16	16452	202.99	
20 % VSD	7	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.157	10.160	10.16	20253	249.89	236.19
	8					10.156	10.160	10.16	18049	222.71	
	9					10.159	10.157	10.16	19123	235.97	
30 % VSD	10	23/08/2018	21/09/2018	60 mins	750 - 850	10.159	10.160	10.16	25253	311.51	298.86
	11					10.159	10.160	10.16	23643	291.65	
	12					10.160	10.161	10.16	23790	293.41	
10 % C	13	31/08/2018	28/09/2018	60 mins	750 - 850	10.161	10.159	10.16	11291	139.27	137.75
	14					10.158	10.161	10.16	11031	136.08	
	15					10.159	10.159	10.16	11177	137.89	
20 % C	16	31/08/2018	28/09/2018	60 mins	750 - 850	10.162	10.160	10.16	8893	109.67	113.09
	17					10.161	10.159	10.16	9356	115.40	
	18					10.166	10.160	10.16	9264	114.20	
30 % C	19	03/09/2018	01/10/2018	60 mins	750 - 850	10.162	10.160	10.16	6290	77.57	77.24
	20					10.159	10.159	10.16	6056	74.71	
	21					10.166	10.160	10.16	6444	79.44	

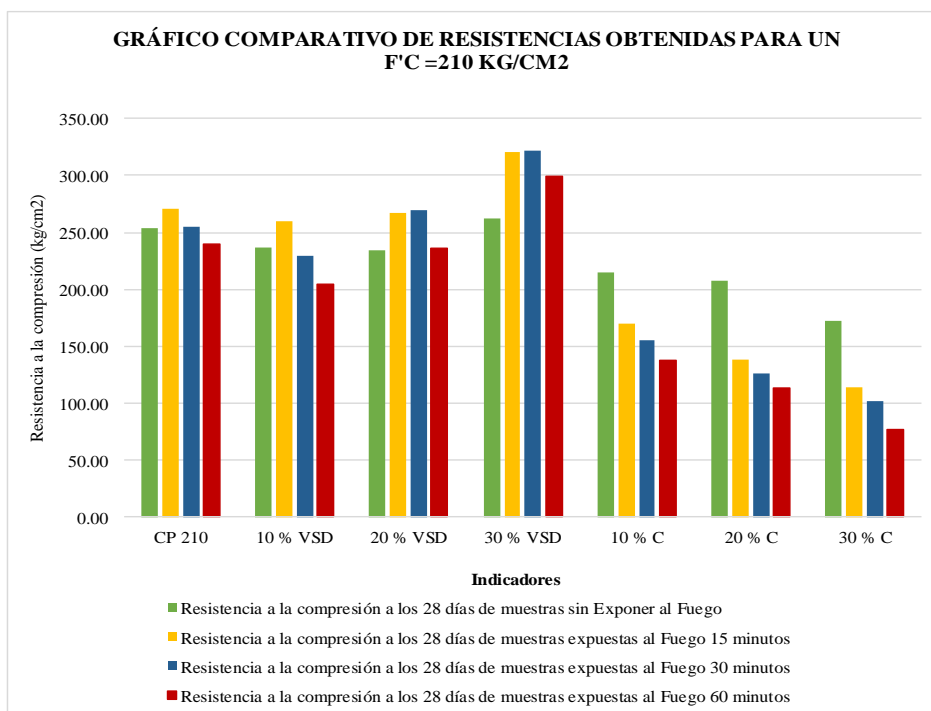
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Muestra-Indicador	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras sin Exponer al Fuego	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 15 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 30 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 60 minutos
CP 210	253.17	270.61	254.47	239.28
10 % VSD	236.87	260.00	229.97	204.54
20 % VSD	234.87	267.03	269.56	236.19
30 % VSD	262.88	321.00	321.44	298.86
10 % C	214.58	170.23	154.70	137.75
20 % C	207.46	138.26	125.56	113.09
30 % C	172.00	114.04	102.21	77.24



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Objetivo : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Investigadora : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar de Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Duración de Muestreo : 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 280	1					10.159	10.156	10.16	24892	307.18	
	2	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.161	10.160	10.16	25400	313.27	302.65
	3					10.160	10.161	10.16	23312	287.51	
0 % VSD	4					10.159	10.159	10.16	27194	335.49	
	5	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.158	10.158	10.16	27345	337.42	334.98
	6					10.158	10.157	10.16	26906	332.04	
0 % VSD	7					10.158	10.159	10.16	25563	315.40	
	8	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.162	10.166	10.16	25690	316.62	315.82
	9					10.158	10.161	10.16	25570	315.44	
0 % VSD	10					10.161	10.160	10.16	30646	377.97	
	11	23/08/2018	20/09/2018	15 mins	550 - 650	10.159	10.160	10.16	29652	365.78	370.21
	12					10.159	10.160	10.16	29741	366.88	
10 % C	13					10.161	10.160	10.16	13024	160.63	
	14	31/08/2018	28/09/2018	15 mins	550 - 650	10.162	10.161	10.16	13904	171.45	167.26
	15					10.160	10.162	10.16	13761	169.70	
20 % C	16					10.160	10.159	10.16	12123	149.55	
	17	31/08/2018	28/09/2018	15 mins	550 - 650	10.158	10.159	10.16	12285	151.57	151.22
	18					10.159	10.157	10.16	12363	152.55	
30 % C	19					10.161	10.159	10.16	9031	111.39	
	20	03/09/2018	01/10/2018	15 mins	550 - 650	10.160	10.158	10.16	9001	111.04	111.15
	21					10.159	10.159	10.16	8998	111.01	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Edad de Muestreo : 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 280	1					10.159	10.159	10.16	23153	285.64	
	2	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.159	10.160	10.16	23480	289.64	286.65
	3					10.158	10.158	10.16	23071	284.68	
10 % VSD	4					10.159	10.160	10.16	24716	304.89	
	5	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.162	10.16	24022	296.21	301.54
	6					10.158	10.156	10.16	24592	303.51	
20 % VSD	7					10.157	10.158	10.16	23616	291.44	
	8	23/08/2018	20/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.161	10.16	22822	281.44	284.93
	9					10.158	10.160	10.16	22850	281.90	
30 % VSD	10					10.160	10.161	10.16	27351	337.33	
	11	23/08/2018	21/09/2018	30 mins	650 - 750	10.161	10.162	10.16	26982	332.71	335.27
	12					10.158	10.159	10.16	27213	335.76	
10 % C	13					10.161	10.159	10.16	12302	151.74	
	14	31/08/2018	28/09/2018	30 mins	650 - 750	10.158	10.161	10.16	12786	157.72	156.21
	15					10.159	10.159	10.16	12902	159.17	
20 % C	16					10.157	10.158	10.16	10608	130.91	
	17	31/08/2018	28/09/2018	30 mins	650 - 750	10.157	10.161	10.16	10488	129.39	130.07
	18					10.159	10.160	10.16	10531	129.92	
30 % C	19					10.161	10.159	10.16	6765	83.44	
	20	03/09/2018	01/10/2018	30 mins	650 - 750	10.153	10.158	10.16	6005	74.13	79.60
	21					10.157	10.159	10.16	6581	81.21	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Objetivo : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Investigadora : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar de Ubicación : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBA YEQUE

Duración de Muestreo : 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DÍAS(kg/cm ²)											
Indicador	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Tiempo de exposición	T° alcanzada	D1 (cm)	D2 (cm)	Dprom (cm)	Carga	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
CP 280	1					10.160	10.161	10.16	16464	203.06	
	2	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.161	10.158	10.16	19259	237.57	223.11
	3					10.161	10.160	10.16	18543	228.70	
0 % VSD	4					10.160	10.160	10.16	18026	222.34	
	5	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.160	10.158	10.16	17726	218.68	219.87
	6					10.159	10.158	10.16	17715	218.57	
0 % VSD	7					10.157	10.160	10.16	18786	231.78	
	8	23/08/2018	20/09/2018	60 mins	750 - 850	10.156	10.160	10.16	17880	220.63	227.16
	9					10.159	10.157	10.16	18564	229.07	
0 % VSD	10					10.159	10.160	10.16	20995	258.99	
	11	23/08/2018	21/09/2018	60 mins	750 - 850	10.159	10.160	10.16	21532	265.61	262.60
	12					10.160	10.161	10.16	21341	263.21	
10 % C	13					10.161	10.159	10.16	9639	118.89	
	14	31/08/2018	28/09/2018	60 mins	750 - 850	10.158	10.161	10.16	9026	111.34	117.61
	15					10.159	10.159	10.16	9937	122.59	
20 % C	16					10.162	10.160	10.16	7962	98.19	
	17	31/08/2018	28/09/2018	60 mins	750 - 850	10.161	10.159	10.16	7941	97.95	98.19
	18					10.166	10.160	10.16	7985	98.43	
30 % C	19					10.162	10.160	10.16	4794	59.12	
	20	03/09/2018	01/10/2018	60 mins	750 - 850	10.159	10.159	10.16	4500	55.52	57.35
	21					10.166	10.160	10.16	4658	57.42	

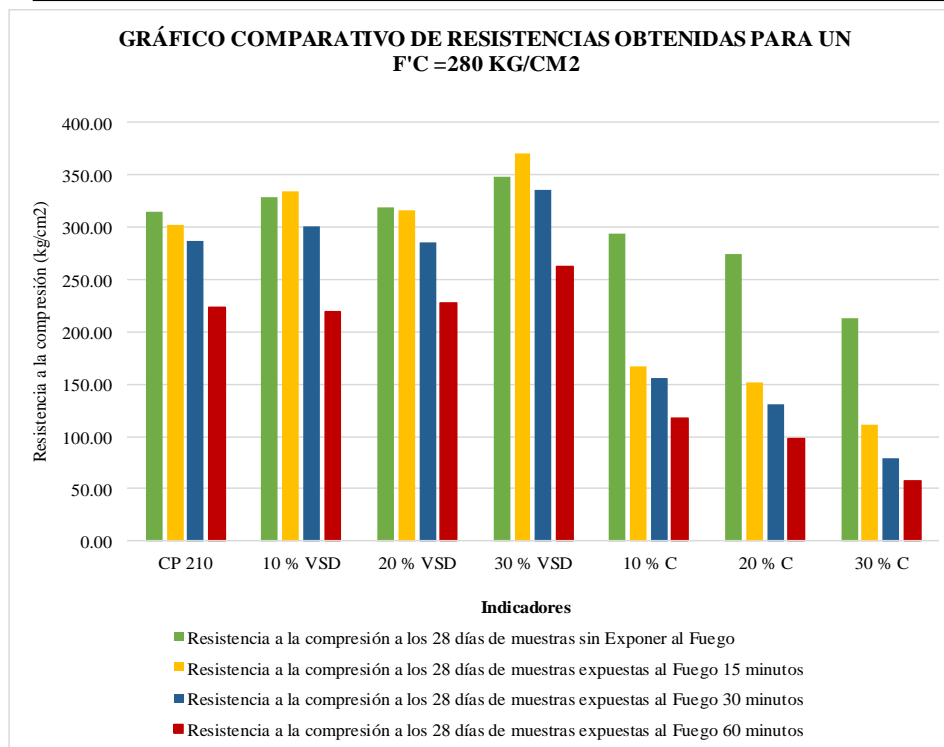
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.084**

Tesis : COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO

Resista : CASTRO MONTOYA, Diana Vanessa

Lugar de Ejecución : PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras sin Exponer al Fuego	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 15 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 30 minutos	Resistencia a la compresión a los 28 días de muestras expuestas al Fuego 60 minutos
CP 210	314.93	302.65	286.65	223.11
10 % VSD	328.81	334.98	301.54	219.87
20 % VSD	318.65	315.82	284.93	227.16
30 % VSD	348.68	370.21	335.27	262.60
10 % C	293.50	167.26	156.21	117.61
20 % C	274.97	151.22	130.07	98.19
30 % C	212.74	111.15	79.60	57.35



Anexo 3.4. Propuesta económica

Anexo 3.4.1. Propuesta económica diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Anexo 3.4.2. Propuesta económica diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Partida:		VIDRIO MOLIDO				
Unidad:	Kg	N°Horas			8	
Rendimiento:	960	kg/día	Costo unitario total		S/. 0.51	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 0.12
Operador de máquina de los angeles	h-h	1.00	0.01	S/. 14.85	S/. 0.12	
MATERIALES						S/. 0.33
Botellas	kg		1.00	S/. 0.33	S/. 0.33	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 0.06
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 0.12	S/. 0.00	
Máquina de los ángeles	hm	1.00	0.01	S/. 6.25	S/. 0.05	

COSTO DEL VIDRIO

COSTO DE VIDRIO			
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO	C.U
EMBASE	30	S/. 3.00	S/. 0.10

COSTO DE MATERIAL PARA UN 1 KG DE VIDRIO MOLIDO				
DESCRIPCION	PESO (g)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	C.U
EMBASE	300.00	1000.00	3.33	S/. 0.10
				S/. 0.33

Partida:		TAMIZADO DE CAUCHO				
Unidad:	Kg	N°Horas			8	
Rendimiento:	400	kg/día	Costo unitario total		S/. 0.61	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 0.30
Peón	h-h	1.00	0.02	S/. 14.85	S/. 0.30	
MATERIALES						S/. 0.30
Caucho	kg		1.00	S/. 0.30	S/. 0.30	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 0.01
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 0.30	S/. 0.01	

Partida:		Concreto patrón f'c = 210 kg/cm²				
Unidad:	m³	N° Horas:			8	
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 218.45	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 190.23
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.30	S/40.33	S/. 12.02	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:		Concreto Patrón 210 kg/cm² + 10 % caucho				
Unidad:	m³	Nº Horas:			8	
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 281.54	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 253.32
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.26	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.27	S/40.33	S/. 10.82	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Caucho	kg		75.64	S/. 0.61	S/. 45.83	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:		Concreto Patrón 210 kg/cm² + 20 % caucho				
Unidad:	m³	Nº Horas:			8	
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 326.19	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 297.97
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.24	S/40.33	S/. 9.62	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Caucho	kg		151.29	S/. 0.61	S/. 91.67	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 210 kg/cm² + 30 % caucho					
Unidad:	m³	Nº Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 370.82	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 342.60
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.21	S/40.33	S/. 8.41	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Caucho	kg		226.93	S/. 0.61	S/. 137.50	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 210 kg/cm² + 10 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	Nº Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 274.52	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 246.30
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.27	S/40.33	S/. 10.82	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Vidrio sódico cálcico	kg		75.64	S/. 0.51	S/. 38.80	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 210 kg/cm² + 20 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	N° Horas:	8			
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 312.12	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	ecio unita	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 283.89
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.24	S/40.33	S/. 9.62	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Vidrio sódico cálcico	kg		151.29	S/. 0.51	S/. 77.59	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 210 kg/cm² + 30 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	N° Horas:	8			
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 349.71	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	ecio unita	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 321.49
Cemento	bol		8.73	S/20.19	S/. 176.28	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.21	S/40.33	S/. 8.41	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Vidrio sódico cálcico	kg		226.93	S/. 0.51	S/. 116.39	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETOT.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:		Concreto Patrón 280 kg/cm² + 10 % caucho				
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 312.14	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 283.91
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.26	S/40.33	S/. 10.30	
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92	
Caucho	kg		72.05	S/. 0.61	S/. 43.65	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:		Concreto Patrón 280 kg/cm² + 20 % caucho				
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 354.65	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 326.42
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.23	S/40.33	S/. 9.16	
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92	
Caucho	kg		144.09	S/. 0.61	S/. 87.31	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 280 kg/cm² + 30 % caucho					
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 397.15	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 368.93
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.20	S/40.33	S/. 8.01	
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92	
Caucho	kg		216.14	S/. 0.61	S/. 130.96	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 280 kg/cm² + 10 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 305.43	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 277.21
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.26	S/40.33	S/. 10.30	
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92	
Vidrio sódico cálcico	kg		72.05	S/. 0.51	S/. 36.95	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	%Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 280 kg/cm² + 20 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 342.25	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 314.03
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.24	S/40.33	S/. 9.62	
Agregado grueso	m ³		0.37	S/50.08	S/. 18.47	
Vidrio sódico cálcico	kg		144.09	S/. 0.51	S/. 73.90	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Partida:	Concreto Patrón 280 kg/cm² + 30 % vidrio sódico cálcico					
Unidad:	m³	N° Horas:		8		
Rendimiento:	20	m³/día	Costo unitario total:		S/. 377.05	
DESCRIPCION DE INSUMO	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						S/. 15.13
Operario	hh	1.00	0.40	S/. 21.95	S/. 8.78	
Peón	hh	1.00	0.40	S/. 15.88	S/. 6.35	
MATERIALES						S/. 348.82
Cemento	bol		10.41	S/20.19	S/. 210.10	
Agua	l		0.22	S/8.60	S/. 1.93	
Agregado Fino	m ³		0.20	S/40.33	S/. 8.01	
Agregado grueso	m ³		0.36	S/50.08	S/. 17.92	
Vidrio sódico cálcico	kg		216.14	S/. 0.51	S/. 110.85	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						S/. 13.09
Herramientas manuales	% Mo		3%	S/. 15.13	S/. 0.45	
MEZCLADORA DE CONCRETO.TAMBOR 23HO 11-12P3	hm	1	0.40	S/. 26.21	S/. 10.48	
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 2.40 plg	hm	1	0.40	S/. 5.39	S/. 2.16	

Anexo 4. Panel fotográfico

Anexo 4.1. Construcción de horno artesanal



Proceso de construcción de horno artesanal, con ladrillo King Kong 18 huecos Tipo IV y artesanal.

Anexo 4.2. Elaboración de muestras de concreto



Vaciado de concreto en moldes de probetas de 4" de diámetro y 8" de altura.

Anexo 4.3. Proceso de exposición al fuego



Quemado de probetas de concreto patrón y concreto con vidrio sódico cálcico a 15, 30 y 60 minutos.



Quemado de probetas de concreto patrón y concreto con caucho a 15, 30 y 60 minutos.

Anexo 4.4. Muestras expuestas a los 15 minutos



Muestras extraídas después de haber sido sometidas al fuego durante 15 minutos.

Anexo 4.5. Muestras expuestas a los 30 minutos



Muestras extraídas después de haber sido sometidas al fuego durante 30 minutos.

Anexo 4.6. Muestras expuestas a los 60 minutos



Muestras extraídas después de haber sido sometidas al fuego durante 60 minutos.

Anexo 4.7. Resistencia a la compresión de muestras sin exponer al fuego



Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días de edad.

Anexo 4.8. Resistencia a la compresión de muestras expuestas al fuego



Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto después de haber sido sometidas al fuego a los 28 días de edad.

Anexo 4.9. Daños en las muestras de concreto producidos por la exposición al fuego



Descascaramiento, presencia de fisuras, calcinación y desprendimientos en muestras expuestas al fuego directo.

Anexo 4.10. Registro de temperaturas alcanzadas con la termocupla y el termostato.



T= 550 -650 ° C



T= 650 -750 ° C



T= 750 -850 ° C

Anexo 5. Costo de la elaboración del informe de investigación

COSTO DE LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Presupuesto		Und.	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
I.	PLANEAMIENTO				S/	398.50
01	Recursos humanos				S/	-
01.01	Autor del Proyecto de investigación		1		S/	-
01.02	Asesor metodológico		2		S/	-
01.03	Técnico de laboratorio		1		S/	-
02	Materiales				S/	21.50
02.01	Papel Bond	millar	1	20	S/	20.00
02.02	Cd	und	1	1.50	S/	1.50
03	Servicios				S/	377.00
03.01	Internet	mes	4	60.00	S/	240.00
03.02	Movilidad	días	50	2.40	S/	120.00
03.03	Impresiones	und	50	0.20	S/	10.00
03.04	Anillados	und	1	2.00	S/	2.00
03.05	Rotulados	und	1	5.00	S/	5.00
II.	EJECUCIÓN				S/	17,081.22
01	Ensayos de agregados				S/	640.00
01.01	Análisis Granulométrico	Glb	4	25.00	S/	100.00
01.02	Peso Unitario Suelto y Compactado				S/	280.00
01.02.01	Suelto	Glb	4	30.00	S/	120.00
01.02.02	Varillado	Glb	4	40.00	S/	160.00
01.03	Peso Específico y Absorción	Glb	4	30.00	S/	120.00
01.04	Contenido de Humedad	Glb	4	5.00	S/	20.00
01.05	Abrasión de los Ángeles	Glb	1	120	S/	120.00
01.06	Composición química				S/	100.00
01.06.01	Vidrio sódico cálcico	glb	1	100	S/	100.00
02	Diseño de mezcla de concreto				S/	4,620.00
02.01	Diseño de mezcla de concreto	Glb	2	210.00	S/	420.00
02.02	Diseño de mezcla de concreto con aditivo	Glb	12	350.00	S/	4,200.00
03	Moldes de Probetas	unid	24	7.50	S/	180.00
04	Especímenes				S/	1,506.52
04.01	Probetas de C° f'c=210 Kg/cm²				S/	1,506.52
04.01.01	Cemento	bolsas	7	27.50	S/	192.50
04.01.02	Arena	m ³	1	50.00	S/	50.00
04.01.03	Piedra	m ³	1	70.00	S/	70.00
04.01.04	Agua	lt	140	8.00	S/	1,121.52
04.01.05	Vidrio sódico cálcico	kg	50	0.50	S/	25.00
04.01.06	Caucho	kg	50	0.95	S/	47.50
05	Ensayos del concreto				S/	6,160.00
05.01	En estado fresco				S/	1,750.00
05.01.01	Asentamiento	und	14	20.00	S/	280.00
05.01.02	Peso Unitario	und	14	50.00	S/	700.00
05.01.03	Contenido de aire	und	14	50.00	S/	700.00
05.01.04	Temperatura	und	14	5.00	S/	70.00
05.02	En estado endurecido				S/	4,410.00
05.02.01	Resistencia a la compresión	unid	294	15.00	S/	4,410.00
06	Exposición al fuego				S/	2,150.20
06.01	Construcción del horno artesanal	unid	1	1600.00	S/	1,600.00
06.02	Combustible	lts	6	5.00	S/	30.00
06.03	Leña	und	10	6.00	S/	60.00
06.04	Fósforos	und	1	0.50	S/	0.50
06.05	Guantes	unid	1	16.90	S/	16.90
06.06	Mascarilla	unid	1	22.90	S/	22.90
06.07	Lentes	unid	1	9.90	S/	9.90
06.08	Tenazas	unid	1	20.00	S/	20.00
06.09	Equipo de termostato	unid	1	350.00	S/	350.00
06.10	Termocupla	unid	1	40.00	S/	40.00
07	Servicios				S/	1,724.50
07.01	Internet	mes	4	60.00	S/	240.00
07.01	Papel bond	millar	3	20.00	S/	60.00
07.02	Movilidad	días	108	3.00	S/	324.00
07.03	Impresiones	unid	1200	0.10	S/	120.00
07.04	Almuerzos	días	150	6.00	S/	900.00
07.05	Transporte de vidrio		3	8.00	S/	24.00
07.06	Envío de caucho		1	50	S/	50.00
07.07	CD	und	1	1.5	S/	1.50
07.08	Rotulados	und	1	5	S/	5.00
07.09	Biáticos	mes				
Total General						S/ 17,479.72

El proyecto fue un 65 % financiado por la Universidad Señor de Sipán, y un 35 % por la autora de la investigación.